

## **PHOTOMETRIX®: ANÁLISE DE IMAGENS COLORIMÉTRICAS USANDO SMARTPHONES EM ESTUDOS FORENSES**

ANDERSON CRIZEL PINHEIRO HOLZ<sup>1</sup>; CLARISSA MARQUES MOREIRA DOS SANTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – anderson\_holz@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – clafarm\_mm@yahoo.com.br

### **1. INTRODUÇÃO**

A busca por métodos analíticos simples, de baixo custo, utilizando quantidades reduzidas de amostra e reagente, baixa geração de resíduos químicos e aplicação de aquisição de dados baseada em imagens digitais tem se destacado nos últimos anos. As imagens digitais podem ser capturadas de diversas maneiras, como por câmeras digitais, scanners, webcams ou smartphones, oferecendo portabilidade, rapidez e análise *in loco* (FERNANDES *et al.*, 2020).

Os avanços constantes da tecnologia empregada em *smartphones*, aliados à alta disponibilidade e facilidade de acesso a esses dispositivos, aumentaram o interesse em aplicá-la para fins analíticos. Diferentes estratégias analíticas usando *smartphones* têm sido propostas para identificar ou determinar diferentes analitos em uma ampla gama de matrizes. Alguns deles usam o smartphone para capturar as imagens, processá-las e fornecer os resultados analíticos, já outros utilizam este dispositivo apenas para aquisição de imagens (BÖCK *et al.*, 2020).

Recentemente, um grupo de pesquisa brasileiro desenvolveu e avaliou um aplicativo para determinações colorimétricas baseadas em imagens digitais obtidas por dispositivos móveis que permite a realização de análises quantitativas ou qualitativas a partir de uma interface amigável e intuitiva. O aplicativo está disponível para baixar nos sistemas operacionais *Android*, *IOS* e *Windows*, e os autores disponibilizam também tutoriais na *web* que auxiliam em sua utilização. Além disso, o aplicativo *Photometrix PRO*® permite capturar imagens e proceder com análise de componentes principais (*Principal Component Analysis* – PCA), análise hierárquica de agrupamentos (*Hierarchical Clusters Analysis* – HCA) e de mínimos quadrados parciais (*Partial Least Squares* - PLS) (BÖCK *et al.*, 2020; BRUNI *et al.*, 2019; HELFER *et al.*, 2017).

A análise multivariada de dados, por meio do uso de ferramentas quimiométricas, como a PCA, a HCA e a PLS, permite a compilação de dados de metodologias analíticas e, conseqüentemente, da extração de informações de matrizes complexas (FERREIRA, 2015). Além disso, as ferramentas quimiométricas vêm sendo utilizadas em estudos de Ciências forenses para triagem em amostras de apreensão ou análise de diversos tipos de amostras. A exemplo, tem-se o trabalho de Gorziza *et al.* (2020), que realizou a análise multivariada de diferenciação de tintas de canetas utilizando imagens digitais com o aplicativo para *smartphones* de uso livre, o *PhotoMetrix PRO*®, com intuito de desenvolver a ferramenta nas perícias de documentos (GORZIZA *et al.*, 2020).

Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade do aplicativo *PhotoMetrix*®, trazendo os seus avanços e alguns trabalhos já publicados que utilizaram este aplicativo em *smartphones* para aquisição de imagens para fins analíticos, em análises forenses.

## 2. METODOLOGIA

Para a elaboração de revisão de literatura deste estudo, foram utilizados livros impressos e artigos científicos encontrados nas seguintes bases de dados: *PubMed*, *Google Acadêmico* e *Science Direct* publicados no período de 2015 a 2022. As buscas foram realizadas nos idiomas português e inglês utilizando as palavras-chave: *PhotoMetrix*, *PhotoMetrix* em análises forenses e *PhotoMetrix in forensic analysis*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo *PhotoMetrix*® foi desenvolvido em 2015 com o objetivo de oferecer uma ferramenta de análise química a partir da decomposição de imagens digitais adquiridas por câmeras de *smartphones* e processadas dentro do mesmo dispositivo, permitindo seu uso para análises *in loco*. A Figura 1 mostra a evolução do aplicativo desde o seu desenvolvimento, quando em sua primeira versão permitia apenas análise univariada (calibração) e análise multivariada (análise de componentes principais) (HELPER *et al.*, 2017). Na segunda versão desenvolvida, denominada *PhotoMetrix PRO*®, duas ferramentas foram incluídas no modo multivariado, HCA e PLS. A terceira versão, *PhotoMetrix UVC*®, foi adaptado para uso de câmera externa, possibilitando a aquisição de imagens padrão, independente da qualidade da câmera do *smartphone*, o que pode tornar o método mais robusto. A primeira versão foi descontinuada, e as outras duas versões ainda estão disponíveis e de livre acesso (BÖCK *et al.*, 2020).



**Figura 1** – Evolução do aplicativo *PhotoMetrix*®. Adaptado (BÖCK *et al.*, 2020).

O aplicativo avalia os *pixels* de cada imagem baseado na intensidade das cores vermelho, verde e azul (*red, green, blue* - RGB), e em modelos derivados do RGB, incluindo combinações como: matiz, que diferencia vermelho do amarelo; saturação, que diferencia vermelho do rosa; e luminosidade, intensidade ou valor, que diferencia cores claras e escuras (BÖCK *et al.*, 2020; HELPER *et al.*, 2017). A tela inicial do *PhotoMetrix*® inclui as opções de análise univariada, análise multivariada, configurações e sobre o aplicativo. Na interface de configurações, o usuário pode definir parâmetros como número de amostras, tamanho da região de interesse, se deve usar flash do *smartphone*, configurações de edição de gráficos e opções para salvar dados (BÖCK *et al.*, 2020; REIS; ROMÃO, 2022).

Na Tabela 1 são mostrados trabalhos publicados que utilizaram o *PhotoMetrix*<sup>®</sup> em análises na área forense, demonstrando os principais objetivos, as amostras e as ferramentas de análise utilizadas em cada estudo.

**Tabela 1 – Estudos que utilizaram o *PhotoMetrix*<sup>®</sup> para aplicações forenses**

Principais Objetivos	Amostras	Método Analítico	Análise	Programa	Referências
Analisar a autenticidade de cédulas de reais (R\$10, 20, 50 e 100)	16 cédulas autênticas, 48 simulações e 11 falsificadas	MIA <sup>1</sup> / <i>Smartphone</i>	PCA	<i>PhotoMetrix PRO</i> <sup>®</sup>	Vittorazzi <i>et al.</i> (2020)
Diferenciar tintas de canetas esferográficas	12 canetas de 9 marcas	MIA <sup>1</sup> / <i>Smartphone</i>	PCA, HCA e PLS	<i>PhotoMetrix PRO</i> <sup>®</sup>	Gorziza <i>et al.</i> (2020)
Avaliar extratos de <i>Cannabis</i> de acordo com suas cores	52 amostras de <i>Cannabis sativa L.</i>	GC-FID <sup>2</sup> e MIA <sup>1</sup> / <i>Smartphone</i>	PCA e HCA	<i>ChemoStat</i> <sup>®</sup> e <i>PhotoMetrix PRO</i> <sup>®</sup>	Duarte <i>et al.</i> (2020)
Otimizar sistemas $\mu$ PAD para detecção e quantificação de cocaína	60 amostras, sendo 30 de cocaína e 30 de crack	MIA <sup>1</sup> / <i>Smartphone</i>	PLS e PCA	<i>PhotoMetrix PRO</i> <sup>®</sup>	Reis e Romão (2022)
Identificar 4 adulterantes (cloreto, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <sup>3</sup> , NaClO <sup>4</sup> , amido) em amostras de leite	Leite de 5 vacas	MIA <sup>1</sup> / <i>Smartphone</i> / câmera ( <i>SmartCam</i> )	PLS	<i>PhotoMetrix UVC</i> <sup>®</sup>	Costa <i>et al.</i> (2021)

<sup>1</sup>MIA:análise multivariada de imagem; <sup>2</sup>GC-FID:cromatografia a gás com detector por ionização de chama; <sup>3</sup>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:peróxido de hidrogênio; <sup>4</sup>NaClO:hipoclorito de sódio.

De acordo com os trabalhos mostrados na tabela 1, o *PhotoMetrix*<sup>®</sup> foi empregado em estudos de: i) autenticidade de cédulas brasileiras, ii) diferenciação de tintas de canetas esferográficas, iii) Avaliação de extratos de *Cannabis sativa L.*, iv) otimização de sistemas  $\mu$ PAD para detecção e quantificação de cocaína e v) identificação de adulterantes em leite de vaca, enfatizando a grande versatilidade deste *software*. O aplicativo permitiu realizar análises diretas em amostras sólidas e líquidas, com o uso de suportes para armazenar as amostras ou até mesmo sem acessórios de controle de iluminação, além de permitir que a amostra seja condicionada em papel para capturar as imagens. Deste modo, o *PhotoMetrix*<sup>®</sup> representa uma excelente ferramenta para as análises forenses, proporcionando resultados satisfatórios em todos os estudos mostrados na tabela 1.

A aplicação do *PhotoMetrix*<sup>®</sup> tem sido inovador, versátil e eficiente, e como há poucos relatos na literatura científica com o emprego na área forense, torna-se possível o desenvolvimento de diversas metodologias empregando diferentes tipos de amostras no âmbito das ciências forenses. Desta forma, este estudo de revisão de literatura mostra a aplicabilidade de uso do *PhotoMetrix*<sup>®</sup> em diferentes áreas forenses com metodologias que podem ser exploradas em pesquisas futuras.

#### 4. CONCLUSÕES

Conforme os estudos apresentados nesta revisão de literatura, pode-se concluir que o *PhotoMetrix*<sup>®</sup> é uma ferramenta analítica rápida, barata, confiável e

portátil, que permite análises *in loco*, sem preparação de amostras e pode ser aplicada em análises forenses de rotina. E como as ciências forenses abrangem uma variedade de áreas de atuações, são muitas as possibilidades a serem ainda exploradas com este aplicativo. Destaca-se também a possibilidade de inseri-lo em salas de aulas, oferecendo uma alternativa às escolas e universidades que não possuem condições de infraestrutura para equipamentos laboratoriais de maior custo, possibilitando a inserção de novas metodologias de ensino.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÖCK, F. C. *et al.* *PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones. Journal of Chemometrics*. v. 34, n. 12, p. 1-19, 2020;

BRUNI, A. T. *et al.* **Fundamentos de química forense: uma análise prática da química que soluciona crimes**. 2. ed. Campinas, SP: Millennium Editora, 2019;

COSTA, A. B. *et al.* *PhotoMetrix UVC: A New Smartphone-Based Device for Digital Image Colorimetric Analysis Using PLS Regression. Journal of the Brazilian Chemical Society*. v. 32, n. 3, p. 675-683, 2021;

DUARTE, J. A. *et al.* *Application of Multivariate Analysis on Digital Images of Cannabis sativa L. Extracts. Revista Brasileira de Ciências Policiais*. v. 11, n. 3, p. 25-48, 2020;

FERNANDES, G. M. *et al.* Novel approaches for colorimetric measurements in analytical chemistry e A review. **Analytica Chimica Acta**. v. 1135, p. 187-203, 2020;

FERREIRA, M. M. C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015;

GORZIZA, R. P. *et al.* *Blue Ballpoint Pen Inks Differentiation using Multivariate Image Analysis of Digital Images Captured with PhotoMetrix PRO®. Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*. v. 9, n. 3, p. 331-355, 2020;

HELPER, G. A. *et al.* *PhotoMetrix: An Application for Univariate Calibration and Principal Components Analysis Using Colorimetry on Mobile Devices. Journal of the Brazilian Chemical Society*. v. 28, n. 2, p. 328-335, 2017;

REIS, J. Z.; ROMÃO, W. *Use of Paper Microdevices in the Identification and Quantification of Cocaine in Seized Street Samples. Brazilian Journal of Analytical Chemistry*. v. 9, n. 34, p. 118-137, 2022;

VITTORAZZIA, B. V. *et al.* Classificando Cédulas Brasileiras (R\$) usando Análise de Imagem por Smartphone. **Química Nova**. v. 43, n. 4, p. 447-454, 2020.