

CABINE DE PADRONIZAÇÃO DE CAPTURAS DE IMAGENS DIGITAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS

RHAISSA CRISLEYNE DE FREITAS¹; CAMILY VITÓRIA WERNER THUROW²
EDUARDO DA SILVA E SILVA³; MATHEUS SILVA MENEZES⁴; LUÍSA
RODRIGUES FÉLIX DALLA VECCHIA⁵; CLARISSA MARQUES MOREIRA DOS
SANTOS⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – rhaissa.crisleyne@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – vitoriawerner13@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas, GEGRADI – duardsv@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas, GEGRADI – msmenezes@inf.ufpel.edu.br

⁵ Universidade Federal de Pelotas, GEGRADI – luisaflexd@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – clafarm_mm@yahoo.com.br

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

As análises colorimétricas têm ampla aplicação em diversas áreas, como monitoramento ambiental, na avaliação da poluição das águas (VON MÜHLEN *et al.*, 2022); agronomia, no estudo de fertilizantes (BURG *et al.*, 2024); controle de qualidade alimentar, na detecção de adulterações em produtos lácteos (AMELIN; SHOGAH; TRETYAKOV, 2024) e de nitritos em salsichas (ALMEIDA *et al.*, 2022); setor farmacológico (AMELIN *et al.*, 2024) e ensino de Química em escolas e universidades (DE PAULA *et al.*, 2021).

Na área forense, tecnologias de análises químicas *in situ* têm sido desenvolvidas para reduzir o tempo de obtenção de resultados e agilizar a elucidação de casos judiciais (KLOOSTERMAN *et al.*, 2015). Nesse contexto, testes colorimétricos são amplamente empregados na detecção de drogas ilícitas, resíduos de disparos e explosivos, promovendo alterações de cor que indicam a presença de substâncias ou classes de substâncias (COSTA; BRITO, 2020; MOTA; DI VITTA, 2014). Apesar de úteis como métodos preliminares, esses testes devem ser complementados por técnicas instrumentais para confirmação e quantificação das amostras (MOTA; DI VITTA, 2014).

A popularização de smartphones despertou interesse na realização de análises químicas de baixo custo, quando comparadas a técnicas convencionais, como espectrofotometria de absorção molecular, espectrometria de absorção atômica e fluorescência de raios X. Além disso, permitem a miniaturização das análises, menor consumo de reagentes, redução de resíduos e oferecem metodologia portátil, rápida e de fácil aplicação (BÖCK *et al.*, 2022; HELFER *et al.*, 2017).

O projeto “Desenvolvimento de Metodologias com Aplicação de Dispositivos Móveis para Estudos em Química Forense” objetiva criar métodos acessíveis, utilizando smartphones aliados ao aplicativo *Photometrix®*, para superar limitações das análises *in situ* e incertezas dos testes colorimétricos. Essa abordagem correlaciona a captura de imagens com a presença e/ou concentração de analitos, contribuindo para análises rápidas, portáteis, redução de custos, minimização de resíduos e suporte a investigações periciais.

No entanto, análises *in loco* apresentam desafios, como padronização do ambiente, variações entre operadores e diferenças entre dispositivos, fatores que podem comprometer a precisão. Iluminação, distância da amostra e coloração do ambiente influenciam diretamente na intensidade da cor registrada. Conforme a

ANVISA (2017), a precisão refere-se à proximidade entre resultados de uma mesma amostra, enquanto a reprodutibilidade indica a consistência dos resultados sob diferentes condições, operadores e instrumentos (PEDOTT; FOGLIATTO, 2013).

Para tornar o método mais preciso e reprodutível, foi necessária a padronização do ambiente de captura. Com base em parâmetros da literatura, desenvolveu-se, em parceria com o Grupo de Estudos e Ensino/Aprendizagem de Representação Gráfica e Digital (GEGRADI), um protótipo portátil de fácil manuseio, permitindo sua aplicação eficiente em análises *in loco*.

2. ANÁLISE DE MERCADO

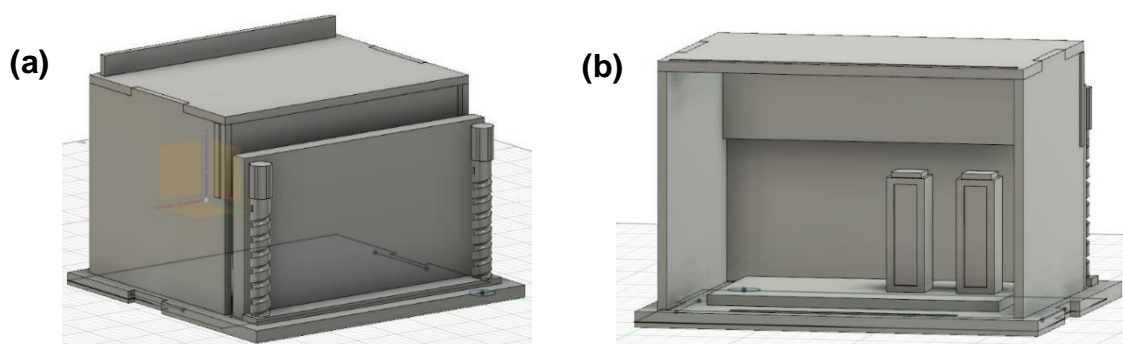
A cabine de padronização de capturas de imagens digitais destina-se a instituições que exigem precisão e reprodutibilidade em análises químicas de baixo custo, como laboratórios de perícia forense, Institutos Gerais de Perícias, setores e núcleos técnico-científicos das Polícias Federal e Civil, centros de pesquisa e desenvolvimento, setores de controle de qualidade e instituições de ensino superior com ênfase em Química Analítica.

Com cerca de 272 milhões de smartphones em uso no Brasil em 2025 (FGV, 2025), há amplo potencial para análises baseadas em imagens digitais. No entanto, a expansão dessa abordagem demanda soluções que garantam padronização e confiabilidade dos dados. Nesse contexto, a cabine se apresenta como alternativa viável, padronizando iluminação, distância e ângulo de captura, permitindo análises rápidas, com menor erro, custos reduzidos e maior reprodutibilidade dos resultados.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

A cabine de captura está em fase de aperfeiçoamento, o modelo já elaborado (Figuras 1) está sendo submetido a testes e ajustes quanto a padronização, iluminação, posição e modo de captura, tal como a portabilidade. Os protótipos estão sendo confeccionados em parceria com o GEGRADI.

Figura 1 – (a) Suporte para o celular na parte frontal do protótipo; (b) Suporte para cubetas de amostra, parte interna do protótipo



Fonte: Elaborado pelo Grupo de Estudos e Ensino/Aprendizagem de Representação Gráfica e Digital – GEGRADI da UFPel.

Após os ajustes necessários, será realizado o depósito de patente da inovação. A receita será proveniente de *royalties*, mediante contrato de licenciamento firmado entre a empresa interessada em produzir e comercializar a cabine de padronização de capturas de imagens digitais para análises químicas e o titular da

patente. Esse contrato deverá contemplar cláusulas relativas ao cálculo da porcentagem de *royalties* sobre a receita líquida do produto, à periodicidade dos pagamentos e o prazo de duração do acordo. Em contrapartida, o licenciado terá a garantia contratual de que não será acionado judicialmente pelo uso e comercialização da inovação.

A definição do valor do produto final será responsabilidade da empresa licenciada e deverá considerar aspectos como a miniaturização das análises (redução do volume de amostras e menor consumo de reagentes), portabilidade, facilidade de operação e diminuição do tempo de análise. Além disso, deverá ser levado em conta, os custos médios das análises por métodos químicos vigentes e os custos de confecção da cabine. O propósito é otimizar a rentabilidade, maximizar o retorno financeiro e consolidar uma posição competitiva no campo de análises químicas, considerando o cenário de concorrências no segmento.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

O desenvolvimento de uma cabine de padronização representa um avanço significativo no processo de inovação em Química Analítica. A padronização de parâmetros como iluminação e distância focal possibilita a obtenção de resultados imediatos e de alta confiabilidade a partir da análise de imagens, implicando em redução de custos e maior impacto econômico.

Ademais, a inovação está alinhada aos princípios da Química Verde, uma vez que a viabilidade de análises químicas baseadas em imagens reduz o consumo de reagentes e a geração de resíduos. A cabine favorece a miniaturização e a automação dos processos analíticos, premissas centrais deste trabalho.

No futuro, a cabine poderá ser aplicada e integrada a sistemas automatizados de análises de imagens, que poderão identificar, quantificar e classificar substâncias com base em banco de dados, ampliando seu potencial de uso em contextos forenses, alimentícios, farmacêuticos, ambientais e outros setores, nos quais análises rápidas e confiáveis são cruciais para a saúde pública.

5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa, aborda as limitações de precisão e reprodutibilidade nas análises químicas *in situ*, desafio recorrente em áreas analíticas. O protótipo em desenvolvimento, em colaboração com o GEGRADI, configura-se como uma solução inovadora para a padronização de parâmetros críticos que comprometem a confiabilidade dos testes colorimétricos realizados com dispositivos móveis.

A portabilidade e o baixo custo do equipamento, aliados com a ampla popularização dos smartphones, condicionam a diversas possibilidades de aplicações incluindo a perícia forense, o controle de qualidade e a pesquisa acadêmica.

Adicionalmente, a cabine de padronização representa um avanço significativo na implementação de análises químicas mais eficientes, acessíveis e sustentáveis. As próximas etapas do projeto incluem o aperfeiçoamento do protótipo e o depósito de patente da inovação, visando sua futura comercialização. A integração dessa tecnologia com ferramentas de processamento de imagens e bancos de dados deverá ampliar ainda mais o seu potencial, consolidando o uso de análises por imagens como um pilar fundamental da Química Analítica moderna.

6. AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) da UFPel e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa, que viabilizou a realização desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. A. *et al.* Na alternative and fast method of nitrite determination in meat sausages using the ProtoMetrix® smartphone applicative for digitized image processing. **Open Access Library Journal**, Wuhan, v.9, n.5, p.325-333, 2024.
- AMELIN, V. G. *et al.* Non-Destructive Analysis of Tetracycline Drugs by the Digital Colormetric Method Using a Smartphone and the Photometrix Pro® Software. **Moscow University Chemistry Bulletin**, Moscou, v.79, n.5, p.325-333, 2024.
- AMELIN, V. G.; SHOGAN, Z. C.; TRETYAKOV, A. V. Analyzing dairy products: measuring milk fat mass fraction and detecting adulteration using the PhotoMetrix Pro® smartphone app. **Journal of Analytical Chemistry**, Moscou, v.79, n.1, p.50-56, 2024.
- BÖCK, F. C. *et al.* Low cost method for copper determination in sugarcane spirits using Photometrix UVC® embedded in smartphone. **Food Chemistry**, Londres, v.367, p.130669, 2022.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 166, de 24 de julho de 2017**. Dispõe sobre a validação de métodos analíticos e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 141, p. 55-58, 26 jul. 2017.
- BURG, A. F. *et al.* Chromium speciation in organic fertilizers by spectrophotometry. **Química Nova**, São Paulo, v.48, n.3, p.e-20250043, 2024
- COSTA, M. A. F.; BRITO, N. M. Requisições de rotina e testes colorimétricos empregados em Química Forense: do preparo das soluções à descrição dos fenômenos químicos. **Revista Brasileira de Criminalística**, Brasília, v.9, n.2, p.105-112, 2020.
- DE PAULA, V. G. *et al.* Determinação do teor de ferro utilizando o aplicativo PhotoMetrix PRO®: a tecnologia a favor do ensino de Química. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v.13, n.1, 2021
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Brasil tem mais dispositivos digitais em uso do que habitantes, revela pesquisa da FGV**. Rio de Janeiro, 30 jun. 2025. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/brasil-tem-mais-dispositivos-digitais-em-uso-do-que-habitantes-revela-pesquisa-da-fgv>. Acesso em: 08 ago. 2025.
- 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**, São Paulo, v.28, n.2, p.328-335, 2017.
- MOTA, L.; DI VITTA, P. B. Química forense: utilizando métodos analíticos em favor do poder judiciário. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, São Paulo-SP, v.1, p.1-11, 2014
- PEDOTT, A. H.; FOGLIATTO, F. S. Repeatability and reproducibility studies of functional data. **Production**, São José dos Campos – SP, v.23, p.548-560, 2013.
- VON MÜHLEN, L. *et al.* Miniaturized method for chemical oxygen demand determination using the PhotoMetrix PRO application. **Molecules**, Basileia, v.27, n.15, p.4721, 2022.