



DETERMINAÇÃO DE FERRO EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO UTILIZANDO O APLICATIVO PHOTOMETRIX

Samuel S. Guerreiro¹, Clayane C. dos Santos², Igor J. G. da Silva¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Boa Viagem, Ceará, Brasil, 63870-000.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Mombaça, Ceará, Brasil, 63610-000.
guerreirosamuel3@gmail.com

Palavras-Chave: *Smartphones*, colorimetria digital, análise *in situ*.

Introdução

A química analítica dispõe de uma vasta gama de técnicas consolidadas pela alta precisão e confiabilidade, tais como a espectrofotometria UV-Vis, a espectroscopia de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e etc. Entretanto, apesar da confiabilidade desses métodos, a sua aplicação prática enfrenta barreiras significativas, como custo elevado de aquisição e manutenção dos equipamentos, a necessidade de infraestrutura laboratorial robusta e a exigência de operadores com treinamento especializado. Tais fatores frequentemente limitam a realização de análises rápidas ou em locais de difícil acesso.

Nos últimos anos, houve um crescente interesse pelo desenvolvimento de métodos analíticos que fossem, ao mesmo tempo, simples e de fácil uso e que pudessem ser usados em análises *in situ*. Neste cenário, o uso de *smartphones* emerge como uma alternativa promissora. Graças ao avanço nos sensores ópticos e na capacidade de processamento desses dispositivos, a Colorimetria de Imagens Digitais (DIC) tem se destacado como uma técnica viável, permitindo a quantificação de analitos por meio da análise de mudanças cromáticas resultantes de reações químicas específicas (Yenduri e Prashant, 2024).

Entre as ferramentas disponíveis para essa finalidade, destaca-se o software PhotoMetrix PRO®. Este aplicativo, acessível para sistemas Android e iOS, permite a captura de imagens e a sua subsequente decomposição nos canais de cor RGB (*Red, Green, Blue*). A versatilidade da ferramenta possibilita desde análises univariadas simples até modelos multivariados mais complexos, conferindo rigor científico a procedimentos realizados fora do ambiente laboratorial convencional (Böck et al, 2020).

A relevância deste estudo reside na necessidade de democratizar o acesso ao monitoramento da qualidade da água. A transposição de métodos analíticos complexos para plataformas móveis reduz drasticamente os custos e o tempo de resposta, permitindo uma vigilância sanitária mais ágil e participativa. A escolha do ferro como analito é estratégica, dado que sua presença em níveis inadequados na água de abastecimento pode afetar as propriedades organolépticas e indicar problemas nos sistemas de distribuição ou tratamento.

Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade do uso do aplicativo *PhotoMetrix PRO*® na determinação de ferro em água de abastecimento na cidade de Boa Viagem, Ceará.



Material e Métodos

A determinação dos teores de ferro em água de abastecimento seguiu o método da 1,10- fenantrolina, conforme as diretrizes da norma NBR 13934 (ABNT). As amostras foram coletadas utilizando frascos de polietileno de 500 mL previamente esterilizados, em três pontos distintos da rede de distribuição da cidade de Boa Viagem, Ceará. Para garantir a reprodutibilidade, todas as análises realizadas em triplicata.

Para o preparo, alíquotas de 100 mL de cada amostra foram transferidas para béqueres de 250 mL. Adicionou-se 2,5 mL de solução de cloridrato de hidroxilamina 10% e 4 mL de ácido clorídrico concentrado. As misturas foram submetidas à aquecimento em chapa até evaporação total, visando a concentração do analito e a digestão de possíveis interferentes. Após o resfriamento, o resíduo foi solubilizado com água destilada e transferido para balões volumétricos de 50 mL.

Para o desenvolvimento da cor, foram adicionados 4 mL de 1,10 fenantrolina 0,25% e 10 mL de solução tampão de acetato de sódio ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$), para manutenção do pH ideal à formação do complexo Fe-fenantrolina. Os balões foram completados com água destilada e permaneceram em repouso por 30 minutos antes das leituras.

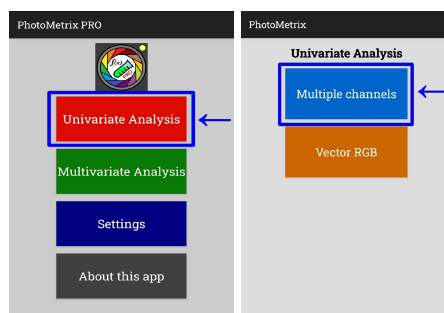
As amostras foram inicialmente analisadas via espectrofotometria de absorção molecular fundamentada na Lei de Beer-Lambert. Utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis (Metash, modelo V-5000), operando no comprimento de onda de 510 nm. A quantificação foi realizada por meio de uma curva de calibração externa na faixa de concentração de 0,02 à $0,42 \text{ mg L}^{-1}$, estabelecendo a regressão linear entre a concentração do ferro e a absorbância medida.

Para a análise alternativa, utilizou-se um *smartphone* Motorola Moto g52 (câmera de 50 MP) equipado com o aplicativo PhotoMetrix PRO® (versão 1.1.9). Empregou-se o modo de análise univariada com a opção de múltiplos canais e uma Região de Interesse (ROI) configurada em 16×16 pixels (Figura 1).

As imagens foram capturadas posicionando a câmera na abertura superior da mesma cubeta de quartzo utilizada no espectrofotômetro e utilizando iluminação natural durante a aquisição dos dados colorimétricos.

A fim de validar a precisão e a exatidão do método proposto em comparação ao método oficial, os dados foram submetidos ao teste t de Student. Foi adotado um intervalo de confiança de 95% para verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos pelas duas técnicas.

Figura 1 - Interface do aplicativo com o modelo de Análise Univariada



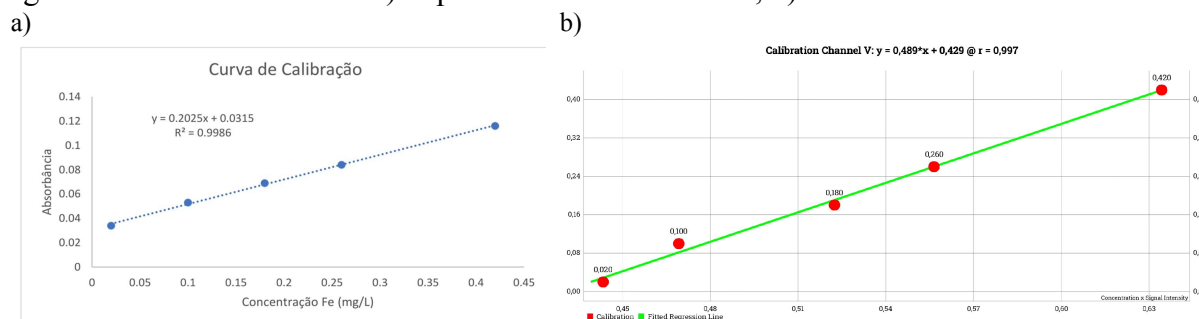
Fonte: Autor (2026)

Resultados e Discussão

A quantificação do ferro foi realizada mediante a construção de curvas analíticas para ambos os métodos, utilizando o mesmo conjunto de soluções padrão. Para o método de referência (Espectrofotometria UV-Vis), obteve-se a equação da reta: $Y = 0,2025x + 0,0315$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9986, sendo Y o valor de absorvância e X a concentração de ferro (Figura 2a). Esse valor, próximo à unidade, indica uma excelente linearidade na faixa de trabalho e confirma a robustez do método baseado na Lei de Beer-Lambert para o complexo de 1,10-fenantrolina.

Simultaneamente, os dados obtidos via PhotoMetrix PRO®, por meio da análise univariada com múltiplos canais, geraram a seguinte curva analítica (Figura 2b): $Y = 0,489x + 0,429$ com um R^2 de 0,9970 (Figura 2b). Embora ligeiramente inferior ao do espectrofotômetro, o coeficiente obtido pelo *smartphone* é superior a 0,99, o que atende aos critérios de validação analítica para métodos alternativos, demonstrando que a intensidade cromática capturada pelo sensor do *smartphone* utilizado possui uma correlação linear confiável com a concentração de ferro.

Figura 2 – Curvas analíticas: a) Espectrofotometria UV-Vis; b) PhotoMetrix PRO®



As concentrações de ferro determinadas nas águas de abastecimento dos três pontos de coleta em Boa Viagem/CE, comparando o método de referência e o método alternativo, estão apresentadas na Tabela 1.



Tabela 1 - Concentração de ferro (mg L^{-1}) obtida por Espectrofotometria UV-Vis e pelo aplicativo PhotoMetrix PRO®.

Pontos de Coleta	Espectrofotometria (mg L^{-1})	Photometrix (mg L^{-1})
Ponto 1	$0,1551 \pm 0,084$	$0,1425 \pm 0,059$
Ponto 2	$0,0925 \pm 0,032$	$0,0850 \pm 0,045$
Ponto 3	$0,0769 \pm 0,017$	$0,0648 \pm 0,014$

Os resultados obtidos com o *smartphone* demonstraram uma excelente concordância com os valores da espectrofotometria de bancada. Do ponto de vista de saúde pública, todas as amostras analisadas apresentaram teores de ferro inferiores a $0,3 \text{ mg/L}$, estando, portanto, em plena conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

A viabilidade do método alternativo foi confirmada através do teste t de Student com um nível de confiança de 95%. A análise estatística revelou que não houve diferença significativa entre os resultados obtidos pelo espectrofotômetro e pelo PhotoMetrix PRO®, uma vez que o valor de t calculado foi inferior ao t crítico em todos os casos.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o uso do aplicativo PhotoMetrix PRO® é uma alternativa viável e eficiente para a determinação de ferro em águas de abastecimento. A proximidade entre as concentrações encontradas pelo método digital e as obtidas via espectrofotometria convencional demonstra a confiabilidade da técnica de colorimetria por imagem.

A validação estatística, realizada por meio do teste t de Student (95% de confiança), ratificou a inexistência de diferenças significativas entre os dois métodos, uma vez que os valores de t calculado situaram-se abaixo do t crítico. Isso prova que, mesmo sendo uma ferramenta de baixo custo e alta portabilidade, o *smartphone* mantém o rigor analítico necessário para este tipo de monitoramento.

Ademais, o método destaca-se pela sua praticidade e acessibilidade, permitindo a realização de análises *in situ* e democratizando o monitoramento da qualidade da água. Contudo, ressalta-se que o sucesso da análise depende do controle rigoroso de variáveis externas, como a estabilidade da iluminação e o foco da câmera no momento da aquisição das imagens. Portanto, a padronização dessas etapas é fundamental para garantir a reprodutibilidade dos resultados em futuras aplicações.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Boa Viagem, pelo apoio financeiro concedido à pesquisa.



Referências

Yenduri, S., Prashant, K. N. Determinação de isoniazida por colorimetria de imagem digital: uma integração de química verde e tecnologia de smartphone, [S. l], v. 10, n. 128, 19 set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43094-024-00703-4> Disponível em: <https://fjps.springeropen.com/articles/10.1186/s43094-024-00703-4> Acesso em: 25 out. 2025.

Böck, F. C., et. al. PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones. Journal of Chemometrics, [S. l], v. 34, n. 12, 19 jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/cem.3251> Disponível em: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cem.3251>.