

# EMPREGO DO APLICATIVO PHOTOMETRIX PARA DETERMINAÇÃO DE FERRO EM AMOSTRAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Vanuza Polo Quissanga Malungo<sup>1</sup>

Lívia Paulia Dias Ribeiro<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar a potencialidade do uso do aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> em quantificação analítica do teor de ferro em amostras de água de abastecimento da cidade de Redenção/Ce. Foram coletadas amostras de águas em três pontos diferentes da cidade. As amostras foram inicialmente estudadas pelo método padrão espectroscópico, a qual foi obtida a melhor curva de calibração  $Y = 0,055.X + 0,001$ ,  $R^2 = 0,9927$  e as seguintes concentrações de ferro foram quantificadas: 0,26 ( $\pm 0,02$ ), 0,24 ( $\pm 0,03$ ) e 0,26 ( $\pm 0,04$ ) mg L<sup>-1</sup>. Em seguida, as mesmas amostras foram submetidas à análise de imagem pelo aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup>, e com a melhor curva de calibração multivariada pelo modelo de PLS  $Y = 0,995.X + 0,0004$ ,  $R^2 = 0,9954$ , usando 3 componentes principais, as concentrações de ferro quantificadas foram: 0,35 ( $\pm 0,06$ ), 0,36 ( $\pm 0,12$ ) e 0,31 ( $\pm 0,14$ ) mg L<sup>-1</sup>. Foi verificado que o método de análise de imagem é mais suscetível à influência dos erros aleatórios durante a etapa de aquisição das imagens, afetando a exatidão e precisão do método. Com nível de confiança de 95% pode-se afirmar a similaridade entre os dois métodos estudados para determinação de ferro em água de abastecimento.

**Palavras-chaves:** Análise digital de imagem; Análise de ferro; PhotoMetrix PRO<sup>®</sup>

## ABSTRACT

The present study aims to verify the potentiality of the use of the Photometrix PRO<sup>®</sup> application in analytical quantification of iron content in water supply samples from the Redenção/Ce city. Water samples were collected in three different points and it were initially studied using the spectroscopic standard method. The best calibration spectroscopy curve  $Y = 0.055.X + 0.001$ ,  $R^2 = 0.9927$  was used for iron determination concentrations iron: 0.26 ( $\pm 0.02$ ), 0.24 ( $\pm 0.03$ ) and 0.26 ( $\pm 0.04$ ) mg L<sup>-1</sup>. Then, the same samples were submitted to image analysis by smartphone and by the best multivariate calibration curve by the PLS  $Y$  model =  $0.995.X + 0.0004$ ,  $R^2 = 0.9954$  and using 3 main components, the concentrations were 0.35 ( $\pm 0.06$ ), 0.36 ( $\pm 0.12$ ) and 0.31 ( $\pm 0.14$ ) mg L<sup>-1</sup>. It was verified that the method of

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Licenciatura em Química do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza – ICEN, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB. E-mail: [camiamalungo@gmail.com](mailto:camiamalungo@gmail.com)

<sup>2</sup> Orientadora. Professora do curso de Licenciatura em Química do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza-ICEN, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB. E-mail: [liviapaulia@unilab.edu.br](mailto:liviapaulia@unilab.edu.br)

Artigo apresentado como requisito para a obtenção de título de Licenciada em Química, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB).

Aprovado em, 03/02/2022.

Local, data e horário: Sala virtual: <https://meet.google.com/wak-zhzh-ktf> ou: (US) +1 516-274-8317 PIN: 455463644, 03/02/2022 (Quinta-feira), das 16h:15min às 17h:25min.

image analysis is more likely to influence random errors during the image acquisition step, affecting the accuracy and accuracy of the method. With a 95% confidence level, there is similarity between the two methods studied for determination of iron in water.

**Key-words:** Digital image analysis; Iron analysis; PhotoMetrix PRO®.

## INTRODUÇÃO

A tecnologia nas últimas décadas teve um avanço considerável, aproximando-se cada vez mais, em diferentes áreas do conhecimento. Assim, as inovações tecnológicas têm apresentado a sociedade diversos produtos, com destaque os aplicativos usados como ferramentas de tratamento de dados, smartphones, sistemas operativos e outros (SOUZA; KLEIN, 2019).

O dinamismo das tecnologias tem sido cada vez mais acentuado, sendo diretamente correlacionado com o tempo, espaço, custo e venda, pois não é apenas fabricada no recinto dos laboratórios e usinas, mas recriada pela maneira como for aplicada e metodologicamente organizada (SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Dos avanços tecnológicos, pode-se verificar que os aparelhos telefônicos são os dispositivos que mais ganham destaque e importância na vida cotidiana. Por conta do sistema operacional, o uso de programas (aplicativos) permitem que os aparelhos telefônicos incorporem funções cada vez mais sofisticadas, incluindo aquisição e edição de imagens, reprodução de vídeos, acesso a internet, comunicação via texto e outros, resultando em aparelhos telefônicos inteligentes (conhecido como *smartphone*).

Os *smartphones* permitem oferecer acesso ao conhecimento a uma quantidade de pessoas que até então estavam à margem do processo educacional, e seu uso permite, que a massificação aconteça de uma forma unificada e individualizada (RUYBAL, 2016).

Para Costa *et al.* (2021) , os smartphones têm ganhado interesse como dispositivos analíticos porque estão totalmente disponíveis a um custo razoável e permitem a aquisição, armazenamento e processamento de dados no mesmo dispositivo. Além disso, eles permitem comunicação sem fio em tempo real (por exemplo, através de Wi-Fi, comunicação de campo próximo). Várias operações analíticas podem ser realizadas usando *smartphones*, isso os torna uma ferramenta adequada para análise, quando explorada a função de aquisição de imagem.

A Colorimetria é de longe a metodologia de análise mais amplamente empregada na química, sendo possível uso de smartphone com aplicações em análise de cerveja, água natural e potável (COSTA *et al.*, 2021).

O PhotoMetrix® é um aplicativo criado em 2015, gratuito e executável nos sistemas operacionais IOS, Android e Windows, que foi desenvolvido para análise univariada e multivariada por meio de aquisição de imagens, para diversas aplicações analíticas de interesse ambiental, agrícola, farmacêutico e educacional (BÖCK *et al.*, 2020).

Uma imagem digital é composta de pixels e pode ser definido por uma função bidimensional da intensidade da luz refletido ou emitido por uma cena, definido como uma luminosa distribuição de energia, na qual parte dessa energia é absorvida, parte transmitida e parte refletida, e essas duas últimas partes podem ser capturadas por um dispositivo (HELFER *et al.*, 2016)

A quantidade pixels das imagens, associadas aos canais de cores podem ser utilizadas para uma infinidade de aplicações analíticas empregando técnicas de correlação linear simples para análises univariadas, ou ainda multivariadas para investigar relações de agrupamento ou até mesmo calibrações com um grande número de variáveis (HELFER *et al.*, 2017).

A decomposição da imagem pode acontecer de duas maneiras: a) modelo RGB, que elabora o histograma baseado na composição (adição) das cores primárias vermelha (R), verde (G) e azul (B); b) Decomposição independente de canais RGB e modelos de cores derivados de RGB, como matiz, saturação e luminosidade (modelo HSV); matiz, saturação e brilho (HSL); e matiz, saturação e intensidade (HSI). A matiz quer dizer o comprimento de onda da cor identificada e dela é determinada a luminosidade, brilho e intensidade (BÖCK *et al.*, 2020).

Uma vez que as tecnologias dos smartphones têm crescido de forma exponencial ampliando suas atividades operacionais assim como a qualidade na aquisição de imagens via câmera. O uso desse tipo aparelho está abrindo possibilidades diversas, desde inserção no ensino de química até mesmo uso processo de controle de qualidade de frutos.

Assim, uma vez que a indústria de tecnologia do smartphones tem crescido bastante ao ponto de facilitar a inserção de metodologias analíticas de baixo custo e menor complexidade se tornando fundamental e inovadora, pois é evidente o quão dispendioso são os métodos envolvendo técnicas espectroscópicas.

Os métodos analíticos clássicos para análise de metais em água são baseados em técnicas espectroscópicas de absorção molecular e absorção atômica. Por empregarem equipamentos ainda de elevado custo, estes métodos tornam-se dispendiosos, um reflexo disso é verificado pelo baixo uso em aulas experimentais nas instituições de ensino superior e mais ainda baixo no ensino básico.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo verificar a potencialidade do uso

do aplicativo PhotoMetrix® em quantificação analítica em nível de microelementos. Será avaliado a metodologia de quantificação do teor de ferro em amostras de água de abastecimento da cidade de Redenção, considerando que a concentração máxima permitida pela Resolução CONAMA (03/04/2008) é  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ .

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais, vidrarias e reagentes usados para realizar o trabalho na quantificação de ferro em amostra de água estão descritos no Quadro 1.

**Quadro 1** – Materiais, vidrarias e reagentes usados nas metodologias de determinação de ferro.

<b>Materiais</b>	<b>Reagentes e preparo de soluções</b>
Balões volumétricos de 50 ml	Solução de indicador ortofenantrolina
Pipetas graduada e volumétrica de diferentes volumes	Solução tampão acetato de amônia
Béquers de 100 ml	Ácido clorídrico (HCl) PA; PM: 36,46.
Chapa de aquecedora	Solução de cloridrato de hidroxilamina 10 % ( $\text{m v}^{-1}$ )
Pedaços de papelão	Solução padrão de ferro (Fe $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) $10 \text{ mg L}^{-1}$
Folha A4	Água destilada
Lâmpada LED	Amostra de água da torneira
Cabo de alimentação 220V	Ácido ( $\text{HNO}_3$ ) 10% ( $\text{v v}^{-1}$ ).
Garrafas PET 500 mL	

Fonte: Autoras (2021).

### Coleta das Amostras e análise de ferro

As amostras de 3 pontos de coleta da água de abastecimento na cidade de Redenção/Ceará, foram analisadas no laboratório de Química analítica no campo das Auroras da Unilab. A coleta foi realizada com garrafa PET de 500 mL, anteriormente descontaminadas com ácido  $\text{HNO}_3$  10% ( $\text{v v}^{-1}$ ). Para cada ponto de coleta foram obtidos 3 amostras de água em 3 dias diferentes (15, 16 e 17 de dezembro de 2021).

A metodologia de determinação de ferro empregada foi o método 1,10 Ortofenantrolina, sob a norma NBR 13934 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). De acordo com Sandell (1944 apud Pyenson; Tracy 1945, p. 404), -para a determinação mais precisa de quantidades mínimas de ferro, o uso de 1,10-fenantrolina é recomendado.

### Curva de calibração

Para a construção da curva de calibração retirou-se da solução padrão de ferro ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )  $10 \text{ mg L}^{-1}$  alíquotas de 1,25 mL; 2,5 mL; 5,0 mL; 7,5 mL e 10 mL,

para preparo das seguintes concentrações 0,25; 0,50; 1,0; 1,50 e 2,00 mg L<sup>-1</sup> de ferro. As alíquotas foram transferidas para béqueres de 100 mL e adicionou-se 2 mL de ácido clorídrico concentrado e 1 mL de cloridrato de hidroxilamina. A solução foi aquecida até ebulição, depois resfriada e transferida para um balão volumétrico de 50 mL. Em seguida adicionou-se 10 mL de solução de acetato de amônio e 5 mL de ortofenantrolina e o balão foi aferido com água destilada. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso por 15 minutos.

As medidas analíticas foram realizadas contra um -branco dos reagentes que foi feito da mesma maneira que os padrões sem a presença do ferro e usando água destilada como analito.

### **Validação por medidas espectrofotométricas**

Em todos os estudos com o método de análise de imagem foi realizada a validação pelo método espectroscópico de absorção molecular, baseado na Lei de Beer, empregando o espectrofotômetro UV-VIS – 190 A 1100NM Novainstruments, utilizando-se o comprimento de onda 510 nm para obtenção dos valores de absorbância. A concentração de ferro foi determinada pelo método de regressão linear da correlação entre a concentração do analito e valor da absorbância.

O teste estatístico de hipótese de diferença entre as médias foi realizado para verificação da similaridade entre os dois métodos com nível de confiança de 95%. É considerado similar estatisticamente se o teste da hipótese nula for verdadeira ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ), quando o valor do t calculado for menor que o valor do t crítico. O cálculo do valor de t foi realizado seguindo a seguinte equação (SKOOG, 2002):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{comb} \cdot \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2}}}$$

Onde  $\bar{X}$ são os valores das médias dos dois pontos, n o número de réplicas de cada medida e  $S_{comb}$  é o desvio padrão combinado, o qual é calculado pela média ponderada dos dois desvios padrões dos dois pontos.

Todos os cálculos estatísticos das análises espectroscópicas e o teste de hipóteses foram realizados usando o pacote office Excel®.

### Determinação colorimétrica de imagem por PhotoMetrix PRO®

O smartphone Samsung, modelo J6, foi usado como dispositivo para receber o pacote de análise de imagem digital PhotoMetrix Pro®.

O aplicativo PhotoMetrix Pro® (versão 1.1.23), tela inicial na Figura 1, foi adquirido pela plataforma Play Store sem custo em janeiro de 2021.

**Figura 1-** Tela inicial do aplicativo de análise e tratamento de dados do tipo imagem: PhotoMetrix®, versão atual PRO



Fonte: Autoras (2021).

As imagens foram obtidas diretamente nas amostras em tubos de ensaios de 10 mL, inseridos em uma caixa com iluminação interna controlada, como representado na Figura 2. A caixa foi construída usando pedaços de papelão, revestida internamente com folhas sufito A4. A iluminação interna foi feita usando lâmpada LED e cabo de alimentação 220V.

**Figura 2-** Fotografia da caixa foram montadas para obtenção das imagens usando o aplicativo PhotoMetrix Pro®



Fonte: Autoras (2021).

A Análise multivariada foi selecionada no PhotoMetrix Pro<sup>®</sup> pelos excelentes resultados em trabalhos anteriores divulgados na literatura. A análise multivariada de imagem (MIA) compreende um conjunto de ferramentas que podem ser aplicados na caracterização de muitas amostras diferentes, como PCA (Análise de componentes especiais), PLS (Regressão quadrados parciais) e HCA (Análise hierárquico de classes), considerando seu potencial de reconhecimento de padrões (GORZIZA et al., 2020).

A Figura 3 apresenta a sequência das telas do aplicativo na seleção do algoritmo multivariado de análises e construção da curva de calibração usando a ferramenta PLS.

**Figura 3-** Interface do aplicativo PhotoMetrix Pro<sup>®</sup> para o modelo de calibração PLS



Fonte: Autoras (2022).

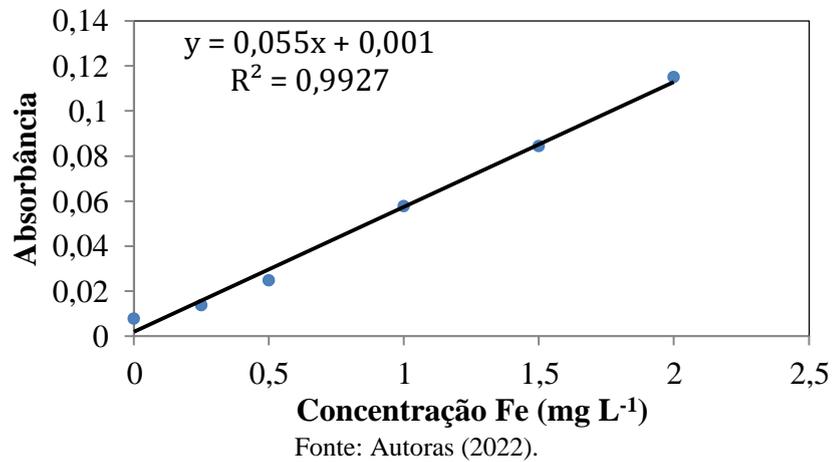
A metodologia de determinação de ferro usando o aplicativo PhotoMetrix Pro<sup>®</sup> foi avaliada usando os parâmetros de correlação e linearidade da curva de calibração gerados a partir dos modelos multivariados de regressão PLS construídos pelas amostras da curva de calibração.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Determinação espectrofotométrica de ferro

A determinação do teor de ferro nas amostras de água foi realizada usando a equação da reta construída pela curva de calibração (Figura 2), onde foi obtida a melhor curva  $Y = 0,055.X + 0,001$ ,  $R^2 = 0,9927$ , sendo Y é retirar o valor da absorbância e X o valor da concentração do analito.

**Figura 4-** Modelo de regressão linear da correção entre as concentrações de solução padrão de ferro 0,25; 0,50; 1,0; 1,50 e 2,00 mg L<sup>-1</sup> de ferro e valores de absorvância



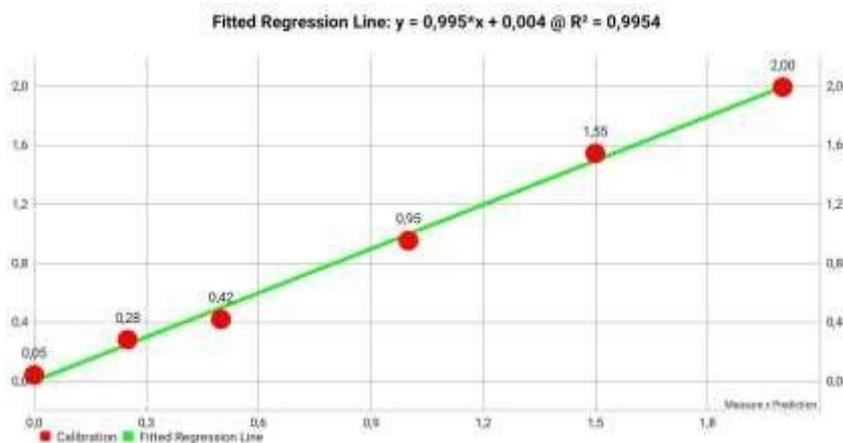
Pela equação da reta foi possível quantificar o teor de ferro nas amostras de água de abastecimento na cidade de Redenção. A Tabela 1 apresenta os valores da concentração de ferro, expresso em mg L<sup>-1</sup>, determinados em triplicadas em três pontos diferentes no Bairro Centro da cidade.

#### Determinação de ferro pelo aplicativo PhotoMetrix Pro®

Foram obtidas imagens das mesmas soluções padrões e as soluções das amostras coletadas na cidade empregando o pacote PhotMetrix Pro® com ferramenta de calibração multivariada de análise para construção de modelo PLS.

A melhor curva de calibração foi obtida pela equação (Figura 3) foi obtida pela equação  $Y = 0,995.X + 0,004$ ,  $R^2 = 0,9954$ .

**Figura 5-** Modelo de regressão multivariado PLS entre as concentrações de solução padrão de ferro 0,25; 0,50; 1,0; 1,50 e 2,00 mg L<sup>-1</sup> de ferro e valores de absorvância



Usando o melhor modelo de calibração multivariado pelo algoritmo PLS, com 3 componentes principais, a concentração de ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) foi determinada nas mesmas amostras coletadas nos três pontos da cidade de Redenção/Ce. As medidas foram realizadas no mesmo dia que o método espectrofotométrico foi realizado. Os resultados do teor de ferro nas amostras coletadas estão organizados Tabela 1.

### Resultados do teor de ferro

Os resultados das determinações dos teores de ferro pelos os dois métodos de análise estão dispostos na Tabela 1. Pela tabela é possível fazer comparação entre as duas metodologias empregadas.

**Tabela 1** - Concentração de ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos 3 pontos de coleta na cidade de Redenção/Ce determinados pelo método espectroscópico de análise e pelo método multivariado PLS usando aplicativo PhotoMetrix PRO®

Coleta	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Espectrosc.	PhotoMetrix	Espectrosc.	PhotoMetrix	Espectrosc.	PhotoMetrix
Dia 1	0,26 ( $\pm 0,04$ )	0,29 ( $\pm 0,01$ )	0,21 ( $\pm 0,01$ )	0,23 ( $\pm 0,03$ )	0,22 ( $\pm 0,00$ )	0,22 ( $\pm 0,06$ )
Dia 2	0,27 ( $\pm 0,00$ )	0,33 ( $\pm 0,04$ )	0,27 ( $\pm 0,00$ )	0,46 ( $\pm 0,23$ )	0,30 ( $\pm 0,01$ )	0,47 ( $\pm 0,21$ )
Dia 3	0,24 ( $\pm 0,00$ )	0,42 ( $\pm 0,07$ )	0,24 ( $\pm 0,00$ )	0,40 ( $\pm 0,15$ )	0,26 ( $\pm 0,01$ )	0,23 ( $\pm 0,04$ )
<b>Média</b>	<b>0,26 (<math>\pm 0,02</math>)</b>	<b>0,35 (<math>\pm 0,06</math>)</b>	<b>0,24 (<math>\pm 0,03</math>)</b>	<b>0,36 (<math>\pm 0,12</math>)</b>	<b>0,26 (<math>\pm 0,04</math>)</b>	<b>0,31 (<math>\pm 0,14</math>)</b>

Fonte: Autoras (2022).

É possível verificar diferença entre os dois métodos de análise, o método de análise de imagem apresentou valores de concentração de ferro com média maior que o método espectrofotométrico como também maior variação nas medidas, demonstrando menor precisão.

Todos os resultados de determinação de ferro estão dentro do limite máximo, porque têm amostra com o valor de 0,30 permitido pela legislação vigente (máximo de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ), o que corresponde dizer que o sistema de fornecimento da água da cidade de Redenção está dentro do padrão de qualidade esperado para o ferro.

O limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) foram calculados empregando o desvio padrão de dez medidas de absorbâncias do branco da amostra com objetivo de validação do método de análise pela metodologia espectroscópica e aplicativo PhotoMetrix PRO®. O LD foi quantificado por três vezes o valor do desvio padrão e o LQ foi quantificado por 10 vezes o valor do desvio padrão.

O desvio padrão médio das dez medidas de absorvância do branco pelo método espectroscópico foi de  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$  e do método PhotoMetrix PRO<sup>®</sup>  $0,033 \text{ mg L}^{-1}$ . Assim, a menor quantidade de ferro ser possível de detectar (LD) pelo método espectroscópico foi de  $0,003 \text{ mg L}^{-1}$  e pelo método de análise de imagem foi de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ . E a menor quantidade de ferro possível de quantificar com precisão e exatidão (LQ) foi de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  para o método espectroscópico e  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$  para método de análise de imagem, o que demonstra eficiência analítica para determinação do teor de ferro na amostra em ambos os métodos empregados.

As determinações analíticas por imagem, empregando o aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup>, devem levar em consideração algumas variáveis que podem influenciar no resultado final da qualidade da imagem e, conseqüentemente, nos parâmetros avaliados. O ângulo da câmera em relação à amostra, a iluminação, o contraste com o fundo da imagem e a distância entre a câmera e a amostra foram ajustados através da utilização de ambiente controlado para a captura de imagens no aplicativo (LOURENÇO *et al.*, 2021).

Observando os resultados da metodologia aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> das concentrações de ferro no mesmo ponto de coleta é possível verificar a influencia dos erros aleatórios no desvio padrão dos resultados, chegando aos coeficientes de variação 18% no ponto 1, 33% no ponto 2 e 47% de variação no ponto 3.

Para determinações do teor de ferro em água usando o aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> com maior exatidão e precisão, é necessário mais controle das fontes dos erros aleatórios pelo aumento de controle das variáveis que influenciam a aquisição das imagens.

A atenuação dos erros aleatórios durante a aquisição das imagens permitirá uso do aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> em estudos de microelementos com metodologias de baixo custo, acessíveis e com precisão analítica similar ao método padrão de análise.

### **Teste t para comparação entre as médias**

Com objetivo de verificar a pontencialidade do método de determinação do teor de ferro empregando o aplicativo PhotoMetrix Pro<sup>®</sup> o teste de hipótese para comparação das médias foi realizado nos mesmos pontos de coletas das amostras.

Os valores do t calculado estão organizados na Tabela 2, para verificação da hipótese nula verdadeira, considerando o valor do t crítico de 2,78 (grau de liberdade 4:  $n_1-1 + n_2-1$ ; 95% de nível de confiança).

**Tabela 2** - Teste de hipótese para verificação da diferença estatística entre as médias das concentrações de ferro nos respectivos pontos de coleta das amostras, considerando t crítico de 2,78 (grau de liberdade 4:  $n_1 - 1 + n_2 - 1$ ; 95% de nível de confiança)

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Tcalculado	2,35	1,69	0,55
H <sub>0</sub> : $\mu_1 = \mu_2$	verdadeira	verdadeira	verdadeira

Fonte: Autoras (2022).

Segundo o teste de hipótese, com nível de confiança de 95%, é possível afirmar a similaridade dos dois métodos de análise do teor de ferro em água, pois os valores de t calculado são menores que o valor do t crítico.

## CONCLUSÕES

Foram usadas duas metodologias analíticas eficientes para determinação do teor de ferro em amostras de água de abastecimento, os limites de detecção e quantificação apresentaram segurança analítica para quantificação do analito na amostra. Quanto aos métodos, na metodologia espectroscópica, as amostras de água da cidade de Redenção/Ce apresentaram valores de concentração de ferro dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira, e o método do aplicativo embora ter apresentado valores alto em dias diferente, alguns valores encontram-se também dentro do limite estabelecido pela legislação.

A metodologia de quantificação do teor de ferro pelo aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> mostrou-se similar à metodologia espectroscópica, com 95% de confiança. Porém, quantificação do teor de ferro por análise de imagem pelo aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> apresentou menor precisão em relação a metodologia espectroscópica devido a influência dos erros aleatórios inseridos na etapa de obtenção das imagens.

É importante reforçar a necessidade de controle rigoroso do ambiente ao qual serão obtidas as imagens para que a metodologia empregando o aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> possa se empregada com obtenção de maior precisão, como também uso em metodologias de analitos em escala micro.

A potencialidade o uso do aplicativo PhotoMetrix PRO<sup>®</sup> na quantificação do teor de ferro em amostras de água foi demonstrada, o que permite uso da metodologia em estudos de qualidade de água com baixo custo e acessível, com destaque em aplicações nas instituições de ensino médio e superior.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas (INCTAA, CNPq processo n° 465768/2014-8).

## REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 13934. **Água Determinação de ferro método colorimétrico de ortofenantrolina**. Rio de Janeiro RJ, 1997. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Resolução RE n° 899, de 29 maio 2003.

BÖCK, F. C. *et al.* PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones. In **Journal of Chemometrics**, v. 34, n. 12, John Wiley and Sons Ltd, 2020. <https://doi.org/10.1002/cem.3251>

CONAMA. Resolução n° 396, de 03 de abril de 2008.

LOURENÇO, E. de C. *et al.* Determination of Iron Content Using the PhotoMetrix PRO® Application: Technology in Favor of Teaching Chemistry. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 1, p. 192–206, 2021. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200137>

COSTA, A. B. da *et al.* PhotoMetrix UVC: **um novo dispositivo baseado em smartphone para imagem digital análise colorimétrica usando regressão PLS**. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 32, No. 3, p.675, 2021. Disponível em: < [file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/download%20\(1\).en.pt.pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/download%20(1).en.pt.pdf) >. Acesso em 15 set. 2021.

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. [https://doi.org/10.17063/bjfs9\(3\)y2020331](https://doi.org/10.17063/bjfs9(3)y2020331)

Helfer, 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**, 2016. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20160182>

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, p., 2017. ISSN 0103-5053. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010350532017000200328&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010350532017000200328&nrm=iso). Acesso em: 24 dez. 2021.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. Ciência, Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009.

Pyenson, H.; Tracy, P. H. A 1,10—Phenanthroline Method for the Determination of Iron in

Powdered Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 28, n. 5, p. 401-412, 1945.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(45\)95191-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(45)95191-5)

RUYBAL. C. V. A. **A utilização da tecnologia digital: smartphone no ensino da arte.**  
Curitiba: PDE, 2016. Disponível em:  
<[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2016/2016\\_pdp\\_arte\\_unespar-curitibai\\_catarinavieiraalvesruiybal.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_arte_unespar-curitibai_catarinavieiraalvesruiybal.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2021.

SOUZA, D. M. *et al.* Uso do aplicativo photometrix ® para determinação de fosfato em fertilizantes: um recurso didático para o ensino de química analítica. In: **XXIV Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade: ensino híbrido.** Taquara, Rio Grande do Sul. 2019. **Anais...** Rio Grande do Sul: Faculdades Integradas de Taquara. v. 2, p. 13, nov. 2019.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental.** 5ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.