



DISPOSITIVO MINIATURIZADO APLICADO NA AVALIAÇÃO DE FÓSFORO E CARBONO LÁBIL EM SOLOS UTILIZANDO IMAGENS DIGITAIS

João Carlos Ferreira Mendonça¹, Edmar Isaias de Melo², Luis Fernando Vieira da Silva³ Rodrigo Amorim Bezerra da Silva²

¹ Instituto de Ciências Agrárias, Monte Carmelo, Minas Gerais (joaomendoncaagro1805@ufu.br); ² Instituto de Química, Uberlândia, Minas Gerais; ³ Departamento de Ciência do Solo, Universidade de São Paulo, São Paulo

RESUMO: *Spot tests* são dispositivos que permitem verificar a presença e/ou a quantidade de determinado composto pela ocorrência de um precipitado ou alteração da cor. O objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de *spot tests* com detecção por análise de imagens obtidas de câmeras de celulares para determinação colorimétrica de atributos do solo. Neste experimento foi determinado em dois diferentes solos o Fósforo disponível (P) e o Carbono Lábil (CL) por dois diferentes métodos, sendo estes o método de referência com utilização de espectrofotômetro (UV Vis) e o método proposto com microplaca utilizando câmera de celulares para captura das imagens digitais (MP-DIB). Os resultados permitem afirmar que o método proposto com câmera de captura de imagens pode ser aplicada para a determinação de alguns atributos do solo, permitindo que se reduza tempo, custos, amostras e reagentes para a determinação dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de solo, química verde, *spot test*

INTRODUÇÃO

Os atributos de qualidade do solo apresentam comportamentos diferentes entre si ou quando considerados em uma variabilidade espacial (DELBARI, M. et al, 2019). Nesse sentido é relevante o desenvolvimento de métodos de análises que forneçam resultados rápidos para uma grande quantidade de amostras.

O uso de sistemas miniaturizados apresenta-se como opção ao aperfeiçoamento de metodologias já existentes, no sentido de diminuir a quantidade de amostra, reagentes, tempo de análise e principalmente o custo de instrumentação (KEÇILI, BÜYÜKTIRYAKI, HUSSAIN,2020). O desenvolvimento tecnológico nos últimos anos de sensores ou até mesmo de telefones celulares são aliados no desenvolvimento de novos testes químicos, contribuindo principalmente para a portabilidade dos mesmos.



Os *spot tests* são dispositivos onde uma pequena quantidade de amostra na qual deseja-se verificar a presença e/ou a quantidade de determinado composto, seja ele orgânico ou inorgânico, são misturados com gotas de reagentes específicos para tais analitos, a fim de verificar a ocorrência de reação química, que pode ser percebida pela formação de um precipitado ou pela alteração da cor (DE OLIVEIRA, 2020). A detecção colorimétrica pode ser realizada por análise de imagens obtidas de câmeras de telefones celulares, o que favorece ainda mais a característica de portabilidade dos dispositivos (AYDINDOGAN, CEYLAN, TIMUR, 2020). O trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de *spot tests* com detecção por análise de imagens obtidas de câmeras de celulares para determinação colorimétrica de fósforo e carbono lábil em dois diferentes solos.

MATERIAL E MÉTODOS

A câmera com iluminação interna foi construída com material reciclável para acomodar uma microplaca transparente e capturar as imagens digitais, com base no dispositivo proposto por Christodouleas et al. 2015, como demonstrado na figura 1. Uma microplaca com 96 zonas de toner foi impressa a partir da tecnologia de impressão direta em uma folha de transparência usando uma impressora a laser com resolução de 1200 ppp (pontos por polegadas) e as zonas impressas foram delimitadas por barreiras hidrofóbicas de toner na superfície da transparência (OLIVEIRA et al., 2013).

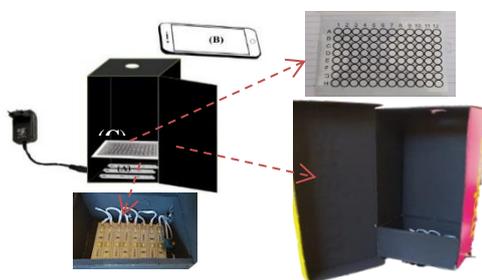


Figura 1. Câmera de captura de imagens digitais construída com caixa de papelão. (A) Circuito eletrônico com LEDs em série; Smartphone (B); Microplaca impressa (C).

O solo utilizado no ensaio foi coletado na profundidade de 0-20 cm, sendo um coletado na mata nativa (A), outro sob uma área com cultivo de café (B), ambos sendo



classificado como LATOSSOLOS VERMELHOS distróficos. O fósforo disponível (P) e o carbono lábil (CL) foram mensurados, conforme metodologia descrita pelo Manual de Métodos de Análises de Solo da Embrapa (TEIXEIRA, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 está representado os resultados da concentração de fósforo (P) e carbono lábil (CL), determinada em solo de mata nativa (A) e solo sob cultivo de cafeeiro (B).

Tabela 1. Comparação dos resultados da concentração de fósforo (P) e carbono lábil (CL) determinada em solo de mata nativa (A) e solo cafeeiro (B) por ambos os métodos.

Amostra de solo	[P] (mg/L)		
	MP-DIB ^a	UV-Vis ^a	E (%) ^b
A	29,3 (± 3,04)	30.0 (±0.01)	-2.3
B	44,3 (± 3,21)	44,2 (±0.04)	+0.2
	[CL] (mg/kg)		
A	676.2 (± 20.6)	641,8 (±0.58)	-5.36
B	680.8 (± 59.4)	680.8 (± 59.4)	-7,60

Para Fósforo – $E (\%) = (MP\ DIB - UV_{vis} / UV_{vis}) \times 100$; $F_{calc} (S_{MPDIB}^2 / S_{UVvis}^2) = 2,9926$, $F_{Crítico} = 2,236$ (nível de confiança de 95%; n = 12); $T_{Crítico} = 1,796$, $T_{calc} = 0,0086$ (nível de confiança de 95%; n = 12). Para Carbono Lábil – $E (\%) = (MP\ DIB - UV_{vis} / UV_{vis}) \times 100$; $F_{calc} (S_{MPDIB}^2 / S_{UVvis}^2) = 0,679$, $F_{Crítico} = 2,548$ (nível de confiança de 95%; n = 19); $T_{Crítico} = 1,860$, $T_{calc} = 0,523$ (nível de confiança de 95%; n = 9)

Os resultados foram comparados utilizando software R onde foi realizado o teste F para verificar se existia diferenças significativas das variâncias e o teste t para comparação de médias entre os métodos. Para fósforo o valor obtido entre a razão da variância do método proposto e o método de referência foi $F_{calc}=2,9926$ evidenciando que as variâncias se diferenciaram entre os métodos, pois $F_{calc} > F_{tab}$, ao nível de significância de 95%. Também com nível de confiança a 95%, o valor de $T_{calc}=0,0086$ comparado com o valor crítico $T_{crit}=1,796$ demonstrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os métodos. Para a concentração de carbono lábil o valor obtido de $F=0,679$ evidencia que as variâncias não se diferenciaram entre os métodos, pois F_{calc} foi menor que o valor crítico tabelado de 2,548 ao nível de significância de 95%. O teste T emparelhado também



demonstrou que as médias entre os métodos não se diferenciaram entre si, sendo o valor de $T_{cal}=0,523$ menor que o valor crítico tabelado de 1,860. O erro relativo foi variável entre as amostras de solo quando se compara o método proposto com o método de referência, onde este erro foi relativamente baixo.

CONCLUSÕES

Podemos concluir com estes resultados que o método proposto se mostrou bastante eficaz para a determinação dos atributos fósforo disponível e carbono lábil no solo em comparação com o método de referência, com vantagens na redução de custos, reagentes e amostras utilizadas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a todos os integrantes do grupo RENAGRI, em especial aos autores que auxiliaram neste projeto e ao CNPq pelo auxílio com a bolsa.

REFERÊNCIAS

AYDINDOGAN, E. *et al.* Based colorimetric spot test utilizing smartphone sensing for detection of biomarkers. **Talanta**, v. 208, 2020.

CHRISTODOULEAS, D.C. *et al.* Broadly available imaging devices enable high-quality low-cost photometry. **Analytical Chemistry**, v.87, n. 18, p. 9170–9178, 2015.

DELBARI, M. *et al.* Spatial variability analysis and mapping of soil physical and chemical attributes in a salt-affected soil. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 12, n.3, p. 1-18, 2019.

DE OLIVEIRA, L. M. *et al.* An environment-friendly spot test method with digital imaging for the micro-titration of citric fruits. **Talanta**, v. 206, 2020.

KEÇILI, R. *et al.* Micro total analysis systems with nanomaterials. In: **Handbook of Nanomaterials in Analytical Chemistry**. Elsevier, 2020.

OLIVEIRA, K. A. *et al.* Laser-printing of toner-based 96-microzone plates for immunoassays. **The Analyst**, v. 138, n. 4, p. 1114-1121, 2013.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.