

Quantificação de carbono em solos utilizando a técnica LIBS: Avaliação da acurácia e precisão do OPC-LIBS

Luís Carlos Leva Borduchi¹, Paulino Villas-Boas², Débora M. B. P. Milori², Ladislau Martin Neto²

¹Aluno de graduação em Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. Bolsista PIBIC/CNPq, Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP; luislewa@usp.br.

²Pesquisador da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP.

No setor agroambiental, a quantificação de elementos é essencial, especialmente para o monitoramento de carbono (C) em solos, com foco em estudos de sequestro de carbono, incorporação de matéria orgânica e mudanças climáticas. A agricultura de precisão, que visa corrigir a heterogeneidade dos solos e das lavouras, requer monitoramento em larga escala de C e outros nutrientes. Contudo, a quantificação elementar em larga escala enfrenta desafios devido ao custo elevado, resíduos gerados e tempo demandado pelas técnicas tradicionais, como o analisador elementar CHN. Entre as alternativas, a espectroscopia de plasma induzido por laser (LIBS) se destaca pelo baixo custo, rapidez e capacidade de quantificação simultânea de múltiplos elementos. No entanto, a técnica sofre com efeitos de matriz, onde o sinal depende da composição da amostra. Para mitigar isso, modelos como o *one-point calibration* (OPC-LIBS) foram desenvolvidos, utilizando propriedades do plasma e ajustes empíricos, para determinar a concentração dos elementos. Neste trabalho, propomos o uso das técnicas OPC-LIBS para a quantificação de C em solos, avaliando rigorosamente a acurácia e precisão em comparação ao analisador elementar CHNS, conforme padrões metrológicos do INMETRO, como acurácia, recuperação, repetibilidade e reprodutibilidade. Utilizamos um sistema LIBS de bancada com um laser Nd Q-switched (Quantel, Ultra) operando a 1064 nm, 50 mJ de energia de pulso, 8 ns de duração de pulso e fluência de 510 Jcm⁻². O sistema inclui um espectrômetro 400-Butterfly Aryelle com duas faixas espectrais e uma câmera iCCD. Para cada amostra, 100 espectros foram coletados em ar atmosférico. A validação dos resultados LIBS foi feita comparando-se com a quantificação de C via CHN em 30 amostras de solo coletadas em fazendas no Mato Grosso. Os resultados mostraram que o OPC-LIBS apresentaram precisão de repetibilidade e reprodutibilidade com acurácia de 90,6% e 87,3%, e recuperação de 100% e 97%, respectivamente. Erros de quantificação foram inferiores a 5%, comparáveis às técnicas de referência. Isso demonstra que a metodologia OPC-LIBS é robusta, precisa e exata, mesmo com variações de condições de medidas, operadores e equipamentos. Dessa forma os dados obtidos sugerem que o OPC-LIBS é uma abordagem promissora para a quantificação de carbono em solos, oferecendo uma metodologia eficiente, rápida e de baixo custo.

Apoio financeiro: Embrapa

Área: Ciências Exatas e da Terra

Palavras-chave: LIBS, one-point calibration, carbono em solo.

Número Cadastro SisGen (se aplicável): Não aplicável

Comitê de Ética (se aplicável): Não aplicável

N. do Processo PIBIC/PIBIT (se aplicável): 106023/2024-1