



DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA CONTROLE REMOTO DE UM LIBS PORTÁTIL

K.S.G. Silva¹, A. Fragalli², M. Campos³, P.R. Villas-Boas³, M. Becker², S. Crestana³, D.M.B.P. Milori³

(1) Departamento de Física, DF/UFSCar, Rodovia Washington Luiz, km 235, 13565-905, São Carlos, SP, ninloth@gmail.com

(2) Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP, Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, 13566-590, São Carlos, SP, fragalli.andre@gmail.com, becker@sc.usp.br

(3) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, marcelobtu@gmail.com, paulino.villas-boas@embrapa.br, silvio.crestana@embrapa.br, debora.milori@embrapa.br

Resumo: A análise da composição química do solo é de fundamental importância para o estudo de problemas atuais tais como, o aquecimento global, cálculo de estoque de carbono, análise de nutrientes e contaminantes. A forma padrão de análise de solo é realizada através de coletas aleatórias de uma região, tomando amostras em diversas profundidades, e as enviando para um laboratório, para se determinar os elementos utilizando técnicas analíticas como, por exemplo, potenciometria, titulometria, calorimetria, ICP, CHN e absorção atômica. O problema é que essa caracterização demanda maior tempo devido ao preparo de amostras, bem como gera resíduo químico. A espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser (conhecida pelo acrônimo LIBS) é uma técnica que permite avaliar em tempo real a composição elementar de amostras de sólidos, líquidos e gases. Devido ao fato do LIBS ser uma espectroscopia óptica, possui a capacidade de portabilidade e assim efetuar medidas do solo *in situ*. Neste projeto foi desenvolvido um sistema para controle remoto de um LIBS portátil utilizando um minicomputador Raspberry Pi conectado à uma rede Wi-fi. Softwares foram desenvolvidos em C e Python para controle do laser e interface com os usuários. Em testes, o sistema conseguiu medir à distância uma placa de alumínio, obtendo um espectro pronto para análise. Com a melhoria do aparato óptico, espera-se fazer medidas de solo em campo.

Palavras-chave: LIBS, solo, espectroscopia, instrumentação, agronomia.

DEVELOPMENT OF A REMOTE CONTROL SYSTEM FOR PORTABLE LIBS

Abstract: Analysis of the soil chemical composition is of fundamental importance for the study of current issues such as calculation of carbon storage, nutrients and contaminants analysis. The standard method for soil analysis is made getting random samples from an area at different depths, and sending to a laboratory for elemental determination, using analytical techniques like potentiometry, titration, calorimetry, ICP, CHN and atomic absorption. The problem is that this characterization requires more time because sample preparation, and generates chemical residue. Laser induced breakdown spectroscopy (known by the acronym LIBS) is a technique which may estimate in real time the elemental composition of samples of solids, liquids and gases. Being LIBS an optics spectroscopy, it has the capability in making soil measurements *in situ*. In this project was developed a remote control system for portable LIBS using a minicomputer Raspberry Pi connected in a Wi-fi network. Software were developed in C and Python for laser control and user interface. In tests, the system was able to measure remotely an aluminum sample, obtaining a spectrum ready for analysis. As soon the optical arrange gets improved, we hope being able to do soil measures in situ.

Keywords: LIBS, soil, spectroscopy, instrumentation, agronomy.

1. Introdução

A análise da composição do solo é de fundamental importância para o estudo de problemas atuais como, por exemplo, cálculo de estoque de carbono, análise de nutrientes e contaminantes. Os níveis de carbono nos solos da floresta Amazônica e a avaliação de seu comportamento dinâmico sob diferentes usos do solo e cenários climáticos representa uma área de pesquisa em plena expansão (SCHMIDT et al., 2012).

No entanto, muitos dos equipamentos comumente utilizados nas técnicas de referência para análise elementar do solo, como por exemplo, ICP, CHN e absorção atômica, são grandes, feitos para uso em laboratório. Tais equipamentos necessitam de reagentes, geram resíduos químicos e demandam uma grande quantidade de tempo para fazerem tais medidas. Desse modo, os cientistas de solo demandam por instrumentação que viabilize medidas em larga escala, de modo prático e rápido, para confecção de mapas de acúmulo de carbono mais precisos, análise de macronutrientes (como nitrogênio, fósforo e potássio) e identificação de contaminantes.

A técnica LIBS (Espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser) é uma técnica que permite avaliar em tempo real a composição elementar do solo (LÓPEZ et al., 2011). Este método vem se tornando cada vez mais conhecido devido ao fato de possibilitar uma análise elementar de forma rápida e versátil, com pouca ou nenhuma preparação das amostras (HERNÁNDEZ, 2011). Um equipamento convencional LIBS de bancada é formado por laser, espectrômetro, lentes apropriadas, fibras óticas, e um sistema de aquisição de dados, controle e sincronização, como ilustra a Figura 1 abaixo.

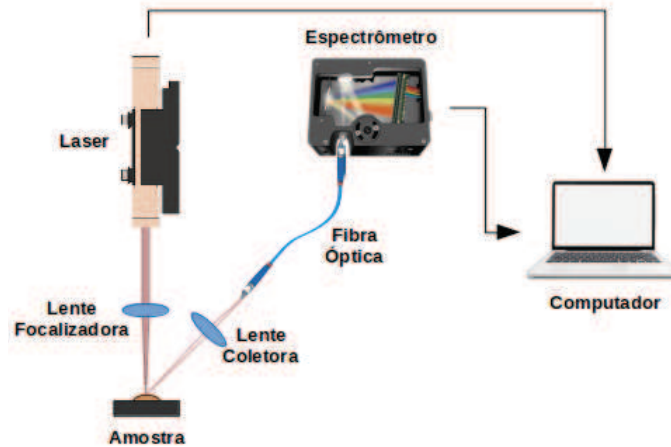


Figura 1. Esquema de um sistema LIBS de bancada convencional.

Entretanto, apesar do LIBS possuir vantagens por ser mais rápido e precisar de pouco ou nenhum preparo de amostra, um LIBS convencional continua sendo inviável para campo, dado seu tamanho e necessidades energéticas. Assim, existe a necessidade da criação de um equipamento que una todas as vantagens do LIBS com a possibilidade de se levar a técnica a campo.

2. Materiais e Métodos

2.1. Sistema LIBS

O Sistema LIBS utilizado neste projeto foi o Porta LIBS 2000 StellarNet. Ele é constituído de um laser Nd:YAG pulsado Kigre MK 367, um espectrômetro EPP2000-LR StellarNet Inc. com faixa espectral de detecção de 190 nm à 400 nm e resolução óptica em torno de 0.2 nm, um módulo de disparo, um conjunto de fibras óticas e uma bateria para sustentar o sistema. Seu controle pelo computador bem como transferência de dados é feito através de uma porta USB 2.0.

2.2. Minicomputador

Diferentemente do LIBS de bancada, o sistema portátil deve possuir uma maior eficiência energética, devido ao fato de estar distante de uma fonte constante de energia. Isso gera uma demanda por equipamentos com menor consumo de energia, tanto os lasers e espectrômetros, quanto o computador que controla o sistema inteiro. Para este projeto, foi utilizado um minicomputador Raspberry Pi por questões energéticas e pela quantidade de portas digitais para controle de dispositivos. O Raspberry Pi é um minicomputador de custo baixo (entre 25 a 35 dólares) com a capacidade de rodar um sistema operacional Linux, com dimensões de 85 mm de comprimento e 56 mm de largura, consumo de aproximadamente 1 W (watt) e alimentação de 5 V (volts).

2.3. Controle remoto

No sistema LIBS de bancada as medições são feitas diretamente pelo operador. Entretanto, no sistema portátil isso não é possível devido a não utilização de dispositivos de interface humana (monitor, teclado, mouse etc.). Uma proposta de montagem do sistema é apresentada abaixo:

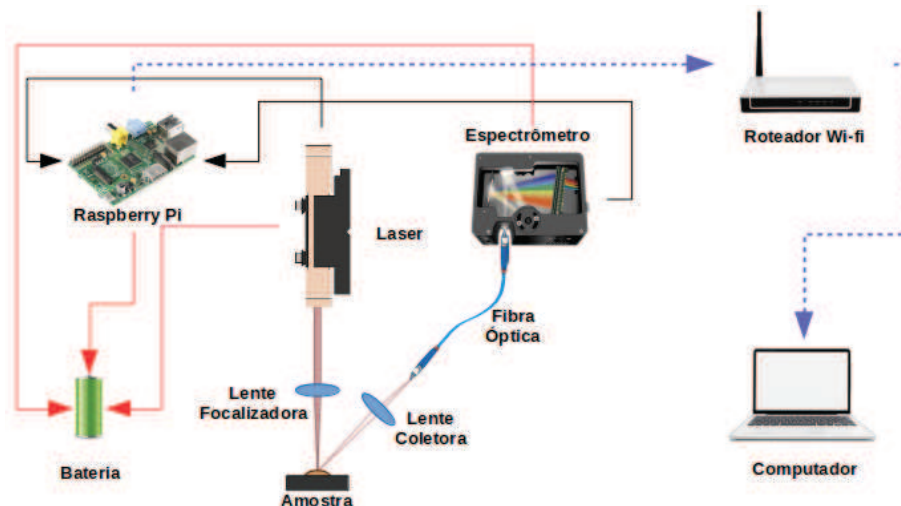


Figura 2. Diagrama simplificado de um sistema LIBS portátil.

Utilizando um adaptador de rede Wi-fi é possível fazer o Raspberry Pi se conectar na mesma rede que um computador de análise. Desse modo, o operador apenas envia um sinal para o sistema remoto que realiza todo o processo de medição e retorna os resultados. Nesse arranjo, o laser, espectrômetro e Raspberry Pi são alimentados por meio de baterias.

3. Resultados e Discussão

Com o sistema montado conforme ilustrado na Figura 2, configuramos o sistema de modo a fazer medições remotamente. Utilizando o driver do espectrômetro para Linux (REHM, 2013), desenvolvemos um programa na linguagem C para aquisição das medidas.

Para o controle do laser, utilizamos uma das GPIO (General Purpose Input Output) disponíveis no Raspberry Pi para acionar um relê e fazer o disparo. Por meio da biblioteca WiringPi implementamos essa funcionalidade no nosso software, obtendo um sistema que tanto aquisiciona o sinal quanto controla o laser, tal qual um sistema LIBS de bancada.

Por último, foi desenvolvido um programa em Python para ser executado tanto no computador remoto (chamado de *módulo cliente*) quanto no Raspberry Pi (chamado de *módulo servidor*). O módulo cliente pergunta ao usuário algumas informações como nome da amostra, número de tiros e intervalo de tempo entre tiros; tais dados são enviados por Wi-fi para o módulo servidor, que faz as medidas de acordo com os parâmetros passados e por fim retorna os espectros. Esses espectros recebidos são abertos pelo módulo cliente que exibe a medida na tela para o usuário. Uma medição em uma placa de alumínio com cinco tiros pode ser visualizada na Figura 3.

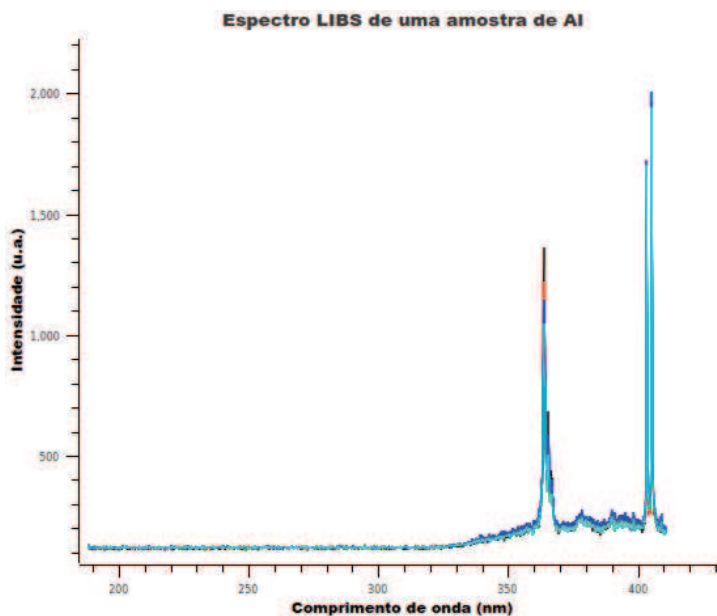


Figura 3. Medição efetuada com o sistema LIBS portátil.

4. Conclusões

Neste trabalho, foi desenvolvida uma metodologia para auxiliar na portabilidade da técnica LIBS, fazendo todo o controle de medição remotamente. Tal sistema foi desenvolvido utilizando um minicomputador Raspberry Pi executando Linux e softwares desenvolvidos em C e Python, de tal modo que todo o sistema de controle utiliza apenas ferramentas gratuitas. Com o sistema aqui desenvolvido, foi possível fazer medições à distância, obtendo automaticamente os espectros LIBS para análise de uma amostra de alumínio. Havendo uma maior robustez do aparato mecânico e óptico, espera-se poder fazer medidas em solo com precisão, de tal modo que essa técnica possa ser incorporada em um robô capaz de efetuar medições em grandes regiões.

Essa instrumentação é um importante passo no sentido de se fazer caracterizações precisas acerca de um terreno específico, de forma rápida, a baixo custo e ecologicamente favorável, para cálculo de estoque de carbono, identificação e quantificação de nutrientes, contaminantes e/ou fertilizantes, além de outras aplicações a serem desenvolvidas.

Agradecimentos

Ao CNPq (projetos nºs 403405/2013 e 479994/2013-7), à FAPESP (CEPOF – projeto nº 2013/07276-1) e à Embrapa (projetos 03.11.09.013.00.00 e 04.11.10.004.00.06.02) pelo fomento.

Referências

- HERNÁNDEZ, R. C. Aplicaciones de la técnica LIBS (Laser induced breakdown spectroscopy) a la caracterización de materiales, Encuentro Internacional de Investigadores en Material y tecnología do Plasma, Bucaramanga, Colombia, 2011, p. 22.
- LÓPEZ, S; MEJÍA, J.; PAREJA, J.; MOLINA, A. Bioprocessos y Flujos Reactivos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia, 2011, p. 6.
- REHM, B. Estrella device driver for the StellarNet EPP2000 series of spectrometers, 2013. Disponível em: <<https://github.com/shugaa/estrella>>. Acesso em: 26 ago. 2014.
- SCHMIDT, S. M.; SORAUF, K. J.; MILLER, K. E. Spark-Induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis applied to the measurement of total carbon in soil, Massachusetts, Estados Unidos, 2012, p. 7.