

Uma contribuição para o uso do ultrassom na Ciência do Solo⁽¹⁾

Bruno Teixeira Ribeiro⁽²⁾, José Maria de Lima⁽³⁾, Pedro Luiz Terra Lima⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fapemig (Projeto 2722/06).

⁽²⁾ Professor; Universidade Federal de Uberlândia; Uberlândia, MG; btribeiro@iciag.ufu.br; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; ⁽⁴⁾ Estudante; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG;

RESUMO: O ultrassom constitui-se numa importante ferramenta em estudos na Ciência do Solo, como: na dispersão de solo para fins de análises granulométricas e obtenção da fração argila para análises mineralógicas, na análise de estabilidade de agregados, no fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica, na extração de elementos, entre outros. Uma das principais vantagens é a possibilidade de mensuração da energia aplicada. Assim, é importante uma criteriosa calibração da potência emitida pelos equipamentos. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da profundidade de inserção da haste ultrassônica na potência emitida. Uma massa de água (200 g) acondicionada em bêquer de forma baixa com capacidade para 250 mL foi sonificada em diferentes profundidades de inserção da haste ultrassônica (cm): 1,5; 2,0; 2,5; 3,5; 5,0 e 6,0. Para cada profundidade, baseado na variação de temperatura ao longo do tempo de sonificação determinou-se a potência emitida com base em técnicas calorimétricas. A profundidade de inserção da haste ultrassônica influencia a potência emitida, reforçando a necessidade da calibração da potência com base em técnicas calorimétricas para cada condição de uso do ultrassom.

Termos de indexação: potência, energia ultrassônica, sonificador

INTRODUÇÃO

A energia ultrassônica tem sido utilizada na Ciência do Solo, principalmente, na dispersão de amostras de solos para fins de análises granulométricas e mineralógicas (Vitorino et al., 2003), no fracionamento físico do solo para estudos da matéria orgânica (Roscoe et al., 2000), na análise de estabilidade de agregados (Raine & So, 1993, 1994; Sá et al., 2002; Ribeiro, et al., 2009) e na extração de elementos (Kazi et al., 2005; Rondano & Pasquali, 2008).

O ultrassom é caracterizado por ondas sonoras em geral na frequência de 16 KHz a 1MHz, não sendo portanto sensíveis ao ouvido humano, cuja faixa está entre 16 Hz a 16 KHz. O símbolo internacional do ultra-som é))) (Martines et al., 2000).

O princípio dessa técnica é o fenômeno da

cavitação provocado por ondas na frequência do ultrassom que se propagam no líquido de uma suspensão solo/água, pela formação de microbolhas de ar que entram em colapso (Martines et al., 2000).

A possibilidade da mensuração da energia aplicada é uma das grandes vantagens da utilização do ultrassom em análises de amostras de solo. Essa quantificação da energia possibilita a comparação entre diversos trabalhos envolvendo diferentes manejos em diferentes classes de solos (Raine & So, 1993, 1994; Sá et al., 2000).

Assim, um dos pontos cruciais para a utilização e padronização dos aparelhos de ultrassom é a calibração da potência emitida pelos mesmos, uma vez que a potência nominal nem sempre é aquela realmente aplicada (Roscoe et al., 2000).

North (1976) e Raine & So (1993, 1994) propuseram um procedimento de calibração baseado em técnicas calorimétricas. Esta técnica baseia-se na variação da temperatura quando uma massa conhecida de água, em um recipiente apropriado, é submetida à sonificação. No Brasil, Sá et al. (2000) propuseram um procedimento-padrão para calibração da potência emitida pelo ultrassom. Esses mesmo autores encontraram que a potência fornecida pelo fabricante chegou a ser 2,67 vezes maior que aquela realmente calculada por técnicas calorimétricas. Além disso, com o uso intensivo do aparelho ocorre um desgaste da haste emissora do ultrassom, devido à cavitação, levando a redução da potência emitida pelo mesmo. Foi assim que Genrich & Bremner (1972) observaram que o polimento de uma haste com 10 horas de uso feito em um torno mecânico proporcionou um desempenho equivalente a uma haste nova. Além disso, vários outros aspectos podem influenciar a quantidade de energia ultrassônica aplicada a uma amostra.

Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da profundidade de inserção da haste ultrassônica na potência emitida.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um sonificador da marca Misonix, modelo XL2020™, operando a 20 kHz, dotado de uma haste de 175 mm de comprimento, 19 mm de diâmetro. As sonificações foram realizadas em 200

g de água em um bquer de forma baixa com capacidade para 250 mL, com o equipamento no estágio 9. A haste do equipamento foi inserida nas seguintes profundidades (cm): 1,5; 2,0; 2,5; 3,5; 5,0 e 6,0. Para cada profundidade determinou-se a potência emitida pela haste baseada em técnicas calorimétricas (Sá et al., 2000). Para isso, em cada sonificação foi inserida na água um termopar para acompanhamento da temperatura durante 480 s, registrando-se a temperatura para cada intervalo de 10 s. A potência foi calculada pela equação:

$$P = \left[(m_a \cdot c_a) + c_g \right] \cdot \frac{\Delta t}{t} + H \quad (1)$$

Onde: P é a potência calculada baseada em técnicas calorimétricas (Watts); m_a é a massa de água utilizada (g); c_a é calor específico da água [$4,186 \text{ J } (g^\circ\text{C}^{-1})$]; c_g é a capacidade térmica do recipiente utilizado ($\text{J } ^\circ\text{C}^{-1}$); Δt é a variação de temperatura para o intervalo de tempo (t) considerado; H é a perda de energia do sistema (aqui considerada desprezível).

O recipiente utilizado para sonificação foi um bquer forma baixa com capacidade para 250 mL e massa 0,112 kg. A capacidade térmica do bquer pode ser calculada pela equação:

$$c_g = c_v \cdot m_b \quad (2)$$

Onde: c_g é a capacidade térmica do bquer ($\text{J } ^\circ\text{C}^{-1}$); c_v é a capacidade térmica do vidro ($840 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ kg}^{-1}$); m_b é a massa do bquer utilizado (kg).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior inserção da haste na massa de água proporcionou maior absorção da energia proveniente da vibração ultrassônica, ocasionando maiores valores de temperatura (**Figura 1**). Observa-se ainda que, independente da profundidade de inserção da haste, houve uma maior variação da temperatura nos primeiros 10 s, sugerindo a ocorrência de uma maior vibração ultrassônica por ocasião do início da sonificação. Após esse período inicial a variação da temperatura torna-se constante. A maior variação da temperatura inicial foi mais pronunciada quando a haste esteve inserida mais em profundidade. Tem sido observado que os trabalhos com ultrassom além de usarem diferentes tipos de hastes e recipientes para sonificação, a profundidade de inserção da haste também varia (Sá et al., 2000; Roscoe & Machado, 2002; Ribeiro et al., 2009).

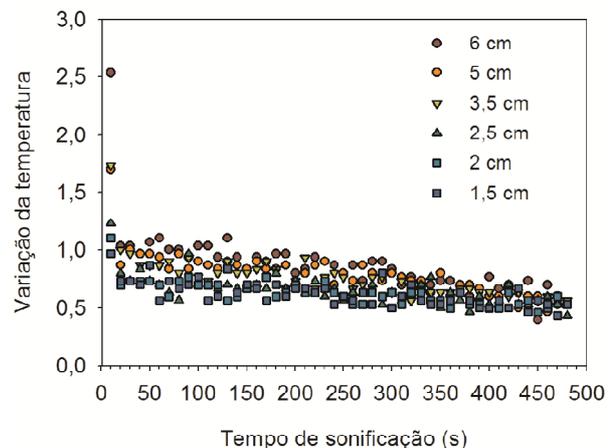


Figura 1 – Variação da temperatura ($\Delta t = 10\text{s}$) em função do tempo de sonificação e da profundidade de inserção da haste.

Baseado na variação da temperatura em função do tempo, na capacidade térmica da água e do bquer, foi calculada a variação da potência em função do tempo de sonificação (**Figura 2**). A maior variação de temperatura alcançada quando da maior inserção da haste levou a uma maior potência emitida. A potência nominal fornecida pelo fabricante é de 192,50 Watts. Sá et al. (2000) calibrando com base em técnicas calorimétricas essa mesma haste encontraram um valor de 105,89 Watts. Com a maior profundidade de inserção da haste foi encontrado aqui neste trabalho uma potência de aproximadamente 80 Watts. Isso pode estar relacionado com o desgaste natural da ponta da haste (Genrich & Bremner, 1972).

Na **figura 3** são apresentadas curvas de aquecimento em função do tempo de sonificação e da profundidade de inserção da haste. Essa informação é interessante pois, a partir de 40°C , tem-se uma redução da cavitação na amostra (Christensen, 1992; Roscoe & Machado, 2002). Partindo-se da mesma temperatura inicial atinge-se mais rapidamente 40°C com o aumento da profundidade de inserção da haste. A temperatura é uma média do aquecimento da compressão e do resfriamento da expansão das cavidades de vapor produzidas (cavitação). Estima-se que a temperatura no interior das cavidades atinja 5.500°C e pressão de 500 atm (Martines et al., 2000).

A variação da potência com a profundidade de inserção da haste, nas condições deste trabalho, teve um comportamento linear ($y = y_0 + ax$) (**Figura 4**). A variação em 1 cm na profundidade de inserção da haste resultou na variação em 5 Watts na potência emitida pela haste ultrassônica.

Em estudos na Ciência do Solo utilizando-se o ultrassom é recomendável uma rigorosa padronização e descrição de todas as condições experimentais para uma fiel comparação dos resultados, em qualquer área que o ultrassom possa ser aplicado. Aspectos como, potência, energia, tempo de exposição à irradiação ultrassônica, relação solo:solução utilizada, volume de solução utilizado, o tipo de haste, profundidade de inserção na suspensão, tamanho e forma do recipiente utilizado devem ser levados em consideração (Raine & So, 1993, 1994).

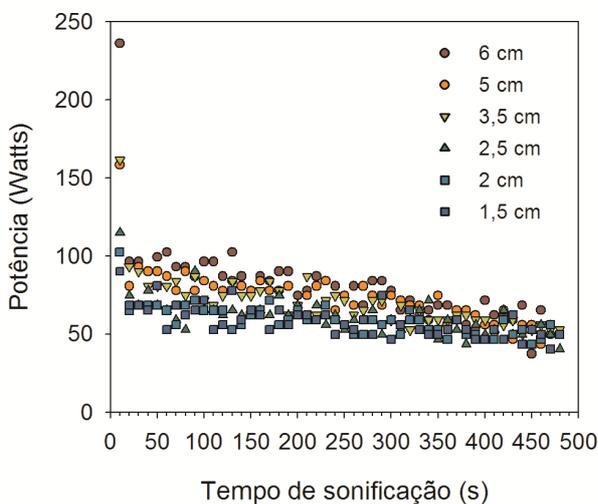


Figura 2 – Variação da potência ($\Delta t = 10s$) em função do tempo de sonificação e da profundidade de inserção da haste.

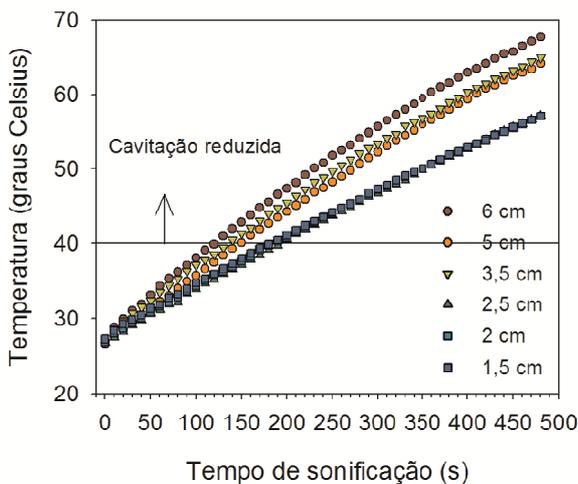


Figura 3 – Curva de aquecimento em função do tempo de sonificação e da profundidade de inserção da haste.

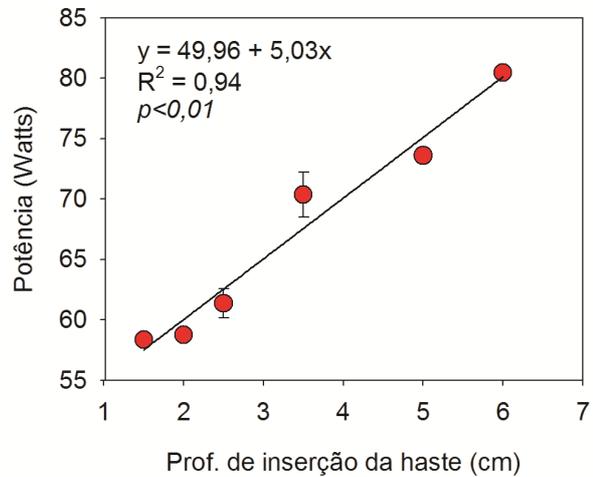


Figura 4 – Relação entre potência calculada e profundidade de inserção da haste (175 mm de comprimento e 19 mm de diâmetro) em um volume de água de 200 mL acondicionado em béquer forma baixa com capacidade para 250 mL. Barras de erro indicam o desvio padrão da média ($n=3$).

CONCLUSÕES

A profundidade de inserção da haste ultrassônica influencia a potência emitida, reforçando a necessidade da calibração da potência com base em técnicas calorimétricas para cada condição de uso do ultrassom.

REFERÊNCIAS

- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science*, 20:1-90, 1992.
- GENRICH, D. A. & BREMNER, J. M. Effect of probe condition on ultrasonic dispersion of soils by probe-type ultrasonic vibrators. *Soil Science Society of America Proceedings*, 36:975-976, 1972.
- KAZI, T. G.; JAMALI, M. K.; SIDDIQUI, A.; KAZI, G. H.; ARAIN, M. B. & AFRIDI, H.I. An ultrasonic assisted extraction method to release heavy metals from untreated sewage sludge samples. *Chemosphere*, 63:411-420, 2005.
- MARTINES, M.A.U.; DAVOLOS, M.R.; JAFELICCI JÚNIOR, M. O efeito do ultrassom em reações químicas. *Química Nova*, 23:251-256, 2000.



NORTH, P.F. Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound. *Journal of Soil Science*, p. 27:451-459, 1976.

RAINE, S. R. & SO, H. B. An energy based parameter for the assessment of aggregate bond energy. *Journal of Soil Science*, 44:249-259, 1993.

RAINE, S. R. & SO, H. B. Ultrasonic dispersion of soil in water: the effect of suspension properties on energy dissipation and soil dispersion. *Australian Journal of Soil Research*, 32:1157-1174, 1994.

RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.; MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; OLIVEIRA, G.C. Relationship between raindrops and ultrasonic energy on the disruption of a Haplic Cambisol. *Ciência & Agrotecnologia*, 33:814-823, 2009.

RONDANO, K. & PASQUALI, C. E. L. Ultrasound method for extraction of phosphorus in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, 39:2421-2430, 2008.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J. Disruption of soil aggregates by varied amounts of ultrasonic energy in fractionation of organic matter of a clay Latosol: carbon, nitrogen, and $\delta^{13}\text{C}$ distribution in particle-size fractions. *European Journal of Soil Science*, 51:445-454, 2000.

ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; LAGE, G. Procedimento-padrão para medida da potência liberada pelo aparelho de ultrassom. *Ciência e Agrotecnologia*, 24:300-306, 2000.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; MELLO, C. R. Nível de energia ultrassônica para estudo da estabilidade de agregados de um Latossolo sob diferentes usos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1649-1655, 2002.

VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; MOTTA, P. E. F. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho silte de solos da região sudeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:133-141, 2003.