

CALIBRAÇÃO DA POTÊNCIA EMITIDA PELO SONIFICADOR PARA USO EM ANÁLISES DE SOLO

MARCOS AURÉLIO CAROLINO DE SÁ¹

GILBERTO LAGE²

JOSÉ MARIA DE LIMA³

1. INTRODUÇÃO

Os aparelhos de ultra-som têm sido utilizados na dispersão de amostras de solo para avaliação da textura, análises mineralógicas e, mais recentemente, estabilidade de agregados. Entretanto, a literatura tem deparado com dificuldades na comparação dos resultados de diferentes experimentos de sonificação. A calibração da potência liberada pela haste do aparelho é crucial para a validação de dados de pesquisa, uma vez que a potência indicada nos medidores dos aparelhos não equivale àquela realmente aplicada à suspensão sonificada (North, 1976; Gregorich, Kachanoski e Voroney, 1988; Christensen, 1992; Fuller e Goh, 1992; Raine e So, 1993; Carolino de Sá, 1998; Carolino de Sá, Lima e Lage, 2000). O desgaste da ponta do sonificador, por causa do uso contínuo, é outro motivo que torna indispensável a calibração da potência de saída, uma vez que com o desgaste há

-
1. Doutorando do Departamento de Ciências do Solo da UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS(UFLA) Caixa Postal 37, 37.200-000 – Lavras – MG
 2. Professor do Departamento de Ciências Exatas/UFLA

3. Professor do Departamento de Ciências do Solo /UFLA
aumento de diferença entre a potência registrada e aquela que foi realmente emitida (Hinds e Lowe 1980). Este trabalho apresenta uma metodologia simples e de baixo custo, para calibração da potência emitida pelo aparelho de ultra-som. Para maiores detalhes, consultar Carolino de Sá, (1998) e Carolino de Sá, Lima e Lage (2000).

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Sonificação, energia, ultra-som.

2. MATERIAL NECESSÁRIO

Sonificador de haste;

Termômetro digital, com termopar de cobre-constantan;

Garrafa térmica comum, de 750 mL;

Béquer de vidro de 500 mL;

Balança digital, com duas casas decimais;

Cronômetro ou relógio digital;

Ebulidor elétrico ou bico de bunsen;

Água destilada

O cálculo da potência é feito para cada intervalo de 30 (trinta) segundos, calculando-se a média para os cinco minutos totais, utilizando-se a Equação 1:

$$P_c = [(MA \times c_a + C_g) \times (\Delta T \div t_s)] + H \quad (1)$$

em que:

P_c é a potência obtida através da calibração, em watts;

MA é a massa de água utilizada para sonificação, em g;

c_a é o calor específico da água, $[4,186 \text{ J (g } ^\circ\text{C}^{-1})]$;

C_g é a Capacidade térmica da garrafa $\text{J } ^\circ\text{C}^{-1}$;

ΔT é a variação da temperatura para cada espaço de 30 s;

t_s é o tempo de sonificação (30 s);

H é a taxa de perda de energia, expressa em J s^{-1} .

3. PROCEDIMENTO

Para medição da potência do sonificador (P_c), é necessário, ao ligar o aparelho, aquecê-lo e sintonizá-lo de acordo com as instruções do fabricante e, em seguida, regular o botão no estágio desejado (normalmente, de 1 a 10). Sonificar 400g de água destilada em uma garrafa térmica comum, durante 5 (cinco) minutos, anotando as alterações de temperatura (ΔT) a cada 30 segundos, utilizando-se um termômetro digital com termopar de cobre-constantan (o termômetro de mercúrio não é indicado neste caso, devido à demora para se estabilizar).

O termopar é inserido dentro da garrafa, mergulhado na água, tendo-se o cuidado para que este não toque a ponta do sonificador em funcionamento.

4. CÁLCULO DA CAPACIDADE TÉRMICA (C_g)

DA GARRAFA

Para o cálculo da capacidade térmica da garrafa (C_g), é utilizado o método das misturas, que consiste em colocar na garrafa 200g de água (m_2) na temperatura ambiente - T_1 ; e, em seguida, adicionar 200g de água (m_1) com temperatura mais elevada - T_2 , (aproximadamente o dobro da temperatura ambiente, conforme Carolino de Sá, Lima e Lage, 2000). Sendo assim, a soma das duas massas de água deve ser a mesma daquela a ser sonificada para cálculo da potência, ou seja, 400g, conforme equação 1. A garrafa deve ser fechada imediatamente, e através de um pequeno orifício na tampa, (o qual deve ser bem vedado), deve ser inserido o fio do termopar, para monitoramento da temperatura. Após equilíbrio de temperatura das duas massas de água (o que ocorre normalmente após uns 10 minutos), medir a temperatura resultante T_3 e calcular a capacidade térmica utilizando a equação 2.

$$C_g = [m_1 \times 4,186 \times (T_2 - T_3) \div (T_3 - T_1)] - (m_2 \times c_a) \quad (2)$$

em que:

C_g é a capacidade térmica da garrafa ($J\ ^\circ C^{-1}$);

T_1 é a temperatura ambiente da água adicionada inicialmente à garrafa ($^\circ C$);

T_2 é a temperatura da água aquecida adicionada à garrafa ($^\circ C$);

T_3 é a temperatura de equilíbrio da mistura ($^\circ C$);

m_1 é a massa de água aquecida adicionada à garrafa (g);

m_2 é a massa de água na temperatura ambiente, inicialmente na garrafa (g);

c_a é o calor específico da água, [$4,186\ J\ (g\ ^\circ C)^{-1}$].

5. OBSERVAÇÕES

Uma vez calculada a capacidade térmica, esta será válida apenas para a garrafa em questão, e não será necessária sua determinação todas as vezes em que se for calibrar o aparelho. Para se obter um valor preciso, são necessários rigorosa padronização durante as medições e um número grande de repetições (pelo menos 10). Outro detalhe importante para se aumentar a precisão é fazer a pesagem da água em béquer seco e com tara conhecida, e após despejar a água na garrafa, pesar o béquer molhado e descontar o peso da água aderida nas paredes do béquer. Entre uma pesagem e outra, secar o béquer, e entre uma repetição e outra, secar a garrafa. A Tabela 1 exemplifica os dados para realização dos cálculos:

TABELA 1 - Exemplo do cálculo da capacidade térmica da garrafa

Repetição	T_2 ^{1/}	T_1 ^{2/}	T_3 ^{3/}	m_1 ^{4/}	m_2 ^{5/}	C_g ^{6/}	
	-----°C-----		-----g-----		-----J°C ⁻¹ -----		
1	61,2	25,1	42,3	185,95	186,48	74,71	
2	58,7	25,7	41,2	187,32	194,17	72,50	
3	50,0	26,0	37,3	184,31	189,22	75,03	
4	55,2	25,5	39,5	185,85	190,08	76,76	
5	53,5	25,9	39,1	186,65	185,72	74,92	
6	59,2	25,6	41,9	191,07	185,90	70,71	
7	61,3	24,9	42,1	193,55	196,48	81,94	
8	63,1	25,7	43,6	188,00	188,16	69,67	
9	59,2	25,6	41,8	189,07	184,90	76,08	
10	55,2	25,7	39,6	186,20	189,19	82,81	
<i>Média</i>							75,51
<i>Erro padrão da média</i>							1,35
1/ - T_2 temperatura da água adicionada à garrafa							
2/ - T_1 temperatura da água inicialmente na garrafa							
3/ - T_3 temperatura de equilíbrio							
4/ - m_1 massa de água adicionada à garrafa							
5/ - m_2 massa de água inicialmente na garrafa							
6/ - C_g capacidade térmica da garrafa							

6. DETERMINAÇÃO DA TAXA DE PERDA DE

ENERGIA (H)

A taxa de perda de energia é calculada através do resfriamento da água na garrafa em função do tempo. Essa taxa será utilizada para a elaboração da curva de perda de energia, conforme demonstrado adiante. Colocar na garrafa térmica 400 g de água destilada, previamente aquecida a 50°C, e inserir a ponta da haste do sonificador (que, neste caso, deve permanecer desligado) e a ponta do termopar, a fim de se monitorar a diminuição da temperatura em função do tempo, com auxílio de um cronômetro. A princípio, a diminuição da temperatura é rápida, tornando-se tão mais lenta quanto mais próxima da temperatura ambiente. Iniciar o armazenamento dos dados com intervalo de 30 s e aumentar gradativamente, conforme a diminuição da temperatura, até intervalos de 5 minutos. Calcular o valor de H para cada faixa de queda da temperatura de 1 grau (ex. entre 49,6 e 48,6°C, entre 48,6 e 47,6°C e assim, sucessivamente, até atingir a temperatura ambiente), utilizando-se a Equação 3:

$$H = [(m_a \times c_a) \Delta T \div t_d] \quad (3)$$

em que:

H é a taxa de perda de energia (J s⁻¹);

m_a é a massa de água (400 g);

c_a é o calor específico da água [$4,186 \text{ J (g } ^\circ\text{C)}^{-1}$];

ΔT é a variação da temperatura, que corresponde a $1 \text{ } ^\circ\text{C}$;

t_d é o tempo, em segundos, necessário para diminuição na temperatura em 1°C .

A Tabela 2 exemplifica os dados para realização dos cálculos de H, que serão utilizados para obtenção da curva de perda de energia, conforme descrito a seguir.

7. CURVA DE PERDA DE ENERGIA

Com base nos dados da Tabela 2, obtém-se a figura 1. No eixo X são plotados os valores de temperatura do ponto médio ($^\circ\text{C}$) e no eixo Y os valores de H, calculados através da equação 3. Ajusta-se uma linha de tendência, de modelo exponencial, pois segundo Carolino de Sá (1998), é o que explica melhor o fenômeno de perda de energia. A finalidade dessa equação é obter um valor de H para cada temperatura da água durante a medição da potência, uma vez que a equação 3 permite o cálculo de H apenas através dos dados de resfriamento da água na garrafa térmica. A curva de perda de energia pode ser observada na Figura 1, e, neste caso, obteve-se a equação de regressão:

$$H = 0,0078 e^{0,1131T}.$$

TABELA 2 - Faixas de temperatura e tempo de queda, temperatura do ponto médio e H calculado:

Faixas de temperatura		Tempo de queda	Temperatura no ponto médio	H calculado (Equação 3)
-----°C-----		-----s-----	-----°C-----	-----J s ⁻¹ -----
49,6	a	870	49,1	1,925
48,6	a	870	48,1	1,925
47,6	a	1050	47,1	1,595
46,6	a	1140	46,1	1,469
45,6	a	1440	45,1	1,163
44,6	a	1320	44,1	1,268
43,6	a	1710	43,1	0,979
42,6	a	1530	42,1	1,094
41,6	a	1890	41,1	0,886
40,6	a	2250	40,1	0,744
39,6	a	2640	39,1	0,634
38,6	a	2940	38,1	0,570
37,6	a	2310	37,1	0,725
36,6	a	4230	36,1	0,396
35,6	a	4800	35,1	0,349
34,6	a	4800	34,1	0,349
33,6	a	5400	33,1	0,310
32,6	a	5400	32,1	0,310
31,6	a	6000	31,1	0,279
30,6	a	6900	30,1	0,243
29,6	a	7500	29,1	0,223
28,6	a	8700	28,1	0,192

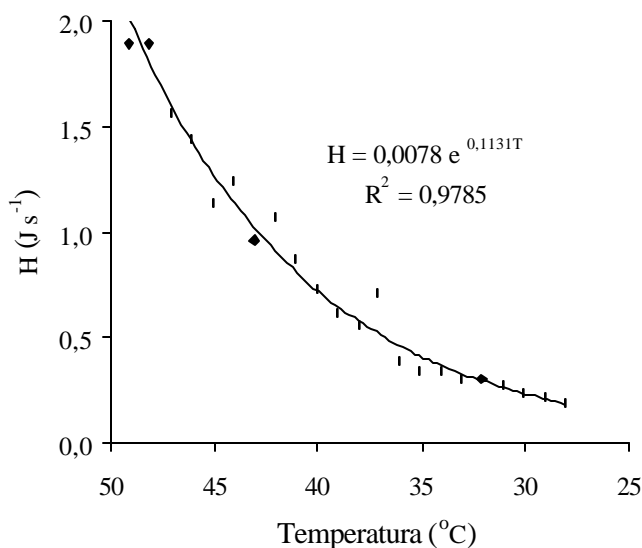


FIGURA 1 - Exemplo de curva de perda de energia.

Para o cálculo da potência (equação 1), o valor de H será obtido através da equação ajustada (Figura 1), para a temperatura média de cada intervalo de 30 segundos, durante a sonificação da água. É importante lembrar que essa curva de perda de energia é válida apenas para as condições de temperatura ambiente do laboratório onde foi determinada. Como sugestão, para tornar mais fácil e rápido o cálculo, pode-se fazer uma planilha em computador, utilizando-se aplicativos como 4-PRO, LOTUS ou EXCEL, conforme exemplo seguinte mostrado na Tabela 3, onde são apresentados os resultados obtidos para um aparelho marca MISONIX, modelo XL 2020TM, no estágio 9 de funcionamento:

TABELA 3 - Exemplo de planilha para cálculo da potência emitida pelo sonificador.

MA	C _g	Tempo	T	T média no intervalo	H	P
(g)	(J °C ⁻¹)	(s)	------(°C)-----	(J s ⁻¹)	(W)	
400	75,51	0	27,7			
400	75,51	30	29,4	28,5	0,197	97,77
400	75,51	60	31,5	30,4	0,243	122,57
400	75,51	90	32,9	32,2	0,298	84,76
400	75,51	120	34,7	33,8	0,357	103,75
400	75,51	150	36,3	35,5	0,432	93,63
400	75,51	180	37,9	37,1	0,518	93,72
400	75,51	210	39,7	38,8	0,628	105,48
400	75,51	240	41,2	40,4	0,755	86,67
400	75,51	270	42,9	42,0	0,905	101,39
		300	44,3	43,6	1,080	82,63
Potência média						97,24

Sendo assim, 97,24 W corresponde à potência que este aparelho realmente aplica a uma suspensão no estágio 9, e como pode ser observado em Carolino de Sá, Lima e Lage (2000), esse valor é menor do que o valor indicado no mostrador do aparelho (192,5W), o que concorda também com outros autores (Gregorich, Kachanoski e Voroney, 1988; Christensen, 1992; Fuller e Goh 1992). Recomenda-se calibrar o aparelho com frequência, uma vez que o desgaste da ponta, devido ao uso, provoca redução da potência emitida pela ponta da haste do aparelho (Hinds e Lowe, 1980). Tal procedimento também é imprescindível para a comparação entre resultados obtidos no sonificador.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAROLINO DE SÁ, M.A. **Quantificação da energia para dispersão dos agregados de Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada**. Lavras: UFLA, 1998. 92p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CAROLINO de Sá, M.A.; LIMA, J.M.; LAGE, G. Procedimento padrão para medida da potência liberada pelo aparelho de ultra-som. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.300-306, jan./mar. 2000.
- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, New York, v.20, p.2-76, 1992.
- FULLER, L.G.; GOH, T.G. Stability-energy relationships and their application to aggregation studies. **Canadian Journal of Soil Science**, Ontario, v.72, n.4, p.453-466, Nov. 1992.
-

GREGORICH, E.G.; KACHANOSKI, R.G.; VORONEY, R.P. Ultrasonic dispersion of aggregates: distribution of organic matter in size fractions. **Canadian Journal of Soil Science**, Ontario, v.68, n.2, p.395-403, May 1988.

HINDS, A.A.; LOWE, L.E. The use of Ultrasonic probe in soil dispersion and the bulk isolation of organo-mineral complexes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ontario, v.60, n.2, p.389-392, May 1980.

NORTH, P.F. Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.27, n.4, p.451-459, Dec. 1976

RAINE, S.R.; SO, B. An energy based parameter for the assessment of aggregate bond energy. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.44, n.2, p.249-259, June 1993.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL NECESSÁRIO	6
3. PROCEDIMENTO	7
4. CÁLCULO DA CAPACIDADE TÉRMICA (C_p) DA GARRAFA	8
5. OBSERVAÇÕES	9
6. DETERMINAÇÃO DA TAXA DE PERDA DE ENERGIA.....	11
7. CURVA DE PERDA DE ENERGIA	12
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

**BOLETIM AGROPECUÁRIO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**CALIBRAÇÃO DA POTÊNCIA EMITIDA PELO SONIFI-
CADOR PARA USO EM ANÁLISE DE SOLO**

GOVERNO DO BRASIL

Boletim Agropecuário	Lavras/MG	Nº 41	p.1-17	Abril/2001
----------------------	-----------	-------	--------	------------

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS – UFLA**

Ministro: Paulo Renato Souza

Reitor: Fabiano Ribeiro do Vale

Vice-Reitor: Antônio Nazareno G. Mendes

EDITORA UFLA

Diretoria Executiva

Marco Antônio Rezende Alvarenga (Diretor)

Antônio Soares Teixeira

Nilton Nagib Jorge Chalfun

Conselho Editorial

Marco Antônio R. Alvarenga (Presidente)

Antônio Soares Teixeira

Heloísa Rosa Carvalho Takaki

José Donizeti Alves

Maria Laene Moreira de Carvalho

Mozar José de Brito

Nilton Nagib Jorge Chalfun

REVISÃO

Português

Paulo Roberto Ribeiro

Bibliográfica

Narro Botelho Santos

SECRETARIA

Celeste Aída Maciel

Cláudia Alves Pereira

Editoração

Celeida Mara Tubertini Maciel

MARKETING E COMERCIALIZAÇÃO

Hilton Soares Machado

O “Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras” tem o propósito de publicar informes técnicos de interesse agropecuário.

Endereço para correspondência

Editora UFLA - Caixa Postal 37

37.200-000 - Lavras - MG

E-mail: editora@ufla.br

Home Page: www.Editora@ufla.br

6

--	--
