

FRIABILIDADE NA SÉRIE GUAMIUM (*)

Francisco de Assis Maia Lima **
Edmar José Kiehl ***

Segundo Cameron *apud* Delmar *et al* (6), muitas maneiras têm sido sugeridas para se medir a friabilidade de solos. Pesquisadores do United States Bureau of Chemistry and Soils tentaram a medida pela resistência oferecida pelo solo à penetração de uma ferramenta aguçada. Pesquisadores ingleses, segundo Haines *apud* Christensen (5), investigaram o problema da determinação da friabilidade, através do estudo da coesão e da plasticidade de solos.

No Nono Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Kiehl & Cesar (9) descreveram um método de determinação do teor de umidade do solo para a mais acentuada formação de agregados, quando manipulados, e observaram, ainda, que este teor de água, tentativamente denominado por eles de umidade ótima de agregação, ocorrida dentro do intervalo de friabilidade do solo. Conforme quadro apresentado no mesmo trabalho, a friabilidade determinada coincidia com o conhecido "estado de sação".

Um solo é considerado úmido quando apresenta um conteúdo de umidade equivalente a, aproximadamente, a média entre seco ao ar e a capacidade de campo, de acordo com o *Soil Survey Manual* (14). Segundo Camargo (4), a consistência do solo, quando úmido, é caracterizada pela friabilidade, devendo ser determinada num estado de umidade intermediário entre o seco ao ar e a capacidade de campo.

Conforme Bayer (1), o teor de umidade no qual os solos são friáveis é também o teor no qual as condições são ótimas para se os trabalhar. Os solos estão, comumente, em boas condições para serem trabalhados, quando são friáveis e os grânulos individuais estão macios.

Os diversos autores Bayer (1), Christensen (5), Delmar (6), Kiehl & Cesar (9), Camargo (4), Keen (8), Hénin (7) e Scot-Blair (13) consultados, encontraram maneiras diferentes de definir friabilidade e dizer quando eram ótimas as condições para se trabalhar um solo. Porém, a metodologia usada por cada um não lhes permitiu determinar em números os limites inferior e superior da faixa de friabilidade, na qual as condições são ótimas para se trabalhar um solo.

O presente estudo tem como objetivo, usando-se a técnica de Kiehl & Cesar (9), melhorada pelos autores, determinar a equação para a curva de

* Parte da Tese Para Obtenção do Grau de M. S., aprovada na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" — em Piracicaba — São Paulo, Brasil.

** Professor da Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, Brasil.

*** Professor Livre Docente da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" — Piracicaba, São Paulo, Brasil.

friabilidade de um dado solo, bem como os pontos limites da faixa em que este deverá ser trabalhado, sem que haja prejuízo para suas boas propriedades.

MATERIAL E MÉTODO

A amostra de solo utilizada neste trabalho é proveniente do horizonte superficial Ap, da unidade taxonômica designada por Ranzanni *et al* (11) como Série Guamium, pertence ao Grande Grupo dos Latossolos, e cobre 6,2% da área do Município de Piracicaba — SP. O relevo é do tipo normal, suave ondulado, com declive B, forma convexa, extensão muito longa e uniforme. O horizonte estudado tem as seguintes características:

Ap 0-10 cm: cor pardo avermelhado (5YR 4/3;3/4 úmido); textura argila; estrutura em blocos subangulares, muito pequeno e muito fraco; macio, consistência friável, plástico e pegajoso; deposição de grande quantidade de sementes de favorita; raízes muito finas, abundantes; pH 5,6; limite suave, difuso.

O método utilizado foi o proposto por Kiehl & Cesar (9), com alguns melhoramentos introduzidos por Lima & Kiehl (10), como a seguir se descreve:

- a. Para a obtenção dos dados necessários à construção de um gráfico que represente a faixa de friabilidade da amostra de solo, retira-se uma pequena porção de terra a cada momento em que se terminou de acrescentar 0,5 ou 1,0% de água e determina-se, em estufa, o teor de sua umidade. Ter-se-á assim não só a umidade ótima de agregação, ou seja, o máximo de friabilidade, mas também o mínimo e os pontos intermediários da friabilidade.
- b. Ao se girar o tambor, dever-se-á ir batendo no mesmo com

um martelo de borracha. Esta operação é indispensável porque, à medida que o teor de água vai aumentando, o solo tende a aderir às paredes do tambor. De uma certa forma, esta aderência do solo às paredes do tambor é justificada, pois sabemos que, antes de terminar a faixa de consistência friável, no estado úmido, parte da amostra de solo apresenta algumas características de plasticidade e pegajosidade, típicas do estado molhado. Batendo-se da maneira indicada provoca-se uma melhor homogeneização da amostra, evitando-se que certas porções de solo fiquem mais úmidas que outras e que haja aderência às paredes do tambor.

- c. A construção da curva de friabilidade não pode ser feita levando-se em conta o teor de água total acumulado que se adiciona ao solo.

A evaporação da água ou mesmo as perdas por gotejamento do pulverizador, fora do tambor, ocasionam falhas que não podem ser computadas. Isto acarreta um falso teor de umidade a cada momento na amostra de solo. Portanto, se quisermos construir a curva da friabilidade, deveremos tomar diversas subamostras em cada momento da operação e determinarmos, em estufa, o teor de umidade em cada uma delas para termos a umidade real com relação a diferentes pontos da curva.

RESULTADOS

Dado o material e método utilizados, estritamente em condições de laboratório, obtivemos os seguintes resultados: a friabilidade, representada pelos valores obtidos a partir do método da determinação da umidade ótima de agregação de Kiehl & Cesar (9); os parâmetros constantes lineares, quadráticos e cúbicos, conseguidos através da análise de regressão polinomial; através destes parâmetros, a equação do 3.º grau; a partir desta e

por derivação, a do 2.º grau, a qual resolvida forneceu duas raízes que, tentativamente, correspondem às friabilidades máxima e mínima; a partir da equação do 2.º grau, os valores para construção da curva calculada da friabilidade; por diferença entre a friabilidade máxima (FMax) e friabilidade mínima (FMin), o índice de friabilidade para a Série Guanium.

Para a construção da curva observada de friabilidade desta série, obtivemos os dados da Tabela I (coluna A).

De posse desta Tabela, construímos a curva observada no gráfico I, que representa a friabilidade observada.

Mediante os dados da Tabela I (coluna A), obtivemos a seguinte equação: $y = 0,4478x^3 - 19,72x^2 + 233,4852x + 334,4925$ (I) a qual nos satisfaz com duas casas decimais:

$$y = 0,45x^3 - 19,72x^2 + 233,49x + 334,49 \text{ (II)}$$

com uma variação explicada de $(r^2) = 99,31\%$.

Derivando esta equação, encontramos:

$$y = 1,35x^2 - 39,44x + 233,49 \text{ (III)}$$

a qual, resolvida, nos fornece as seguintes raízes:

$$x_1 = 20,94 = \text{FMax}$$

$$x_2 = 8,26 = \text{FMin}$$

O índice de friabilidade é:

$$x_1 - x_2 = 20,94 - 8,26 = 12,68$$

Substituindo-se na equação (I) os valores de x de 1 a 24 obtemos os valores da Tabela I (coluna B), que permitem construir a curva calculada para a friabilidade.

Podemos ainda visualizar a curva calculada pela Figura 1, que representa a friabilidade esperada.

TABELA I

Valores Observados para a Série Guanium (Coluna A); Valores Calculados Através da Equação I (Coluna B); Valores Calculados Através da Equação I para os Dados Observados (Coluna C). Piracicaba, São Paulo, Brasil. 1970.

Coluna A		Coluna B		Coluna C	
Umidade em %	Densidade Aparente	Umidade em %	Densidade Aparente	Umidade em %	Densidade Aparente
4,8	1,07	1	0,55	4,8	1,05
5,3	1,10	2	0,73	5,3	1,09
6,0	1,11	3	0,87	6,0	1,12
6,3	1,12	4	0,97	6,3	1,14
6,8	1,14	5	1,07	6,8	1,15
7,4	1,15	6	1,12	7,4	1,17
8,3	1,15	7	1,16	8,3	1,17
9,3	1,15	8	1,17	9,3	1,16
11,2	1,14	9	1,17	11,2	1,11
12,7	1,09	10	1,15	12,7	1,04
13,8	0,97	11	1,12	13,8	0,99
16,1	0,84	12	1,08	16,1	0,86
17,4	0,78	13	1,03	17,4	0,80
18,8	0,72	14	0,97	18,8	0,75
19,6	0,70	15	0,92	19,6	0,73
21,7	0,71	16	0,87	21,7	0,72
—	—	17	0,82	—	—
—	—	18	0,78	—	—
—	—	19	0,74	—	—
—	—	20	0,72	—	—
—	—	21	0,71	—	—
—	—	22	0,72	—	—
—	—	23	0,75	—	—
—	—	24	0,81	—	—
—	—	—	—	—	—

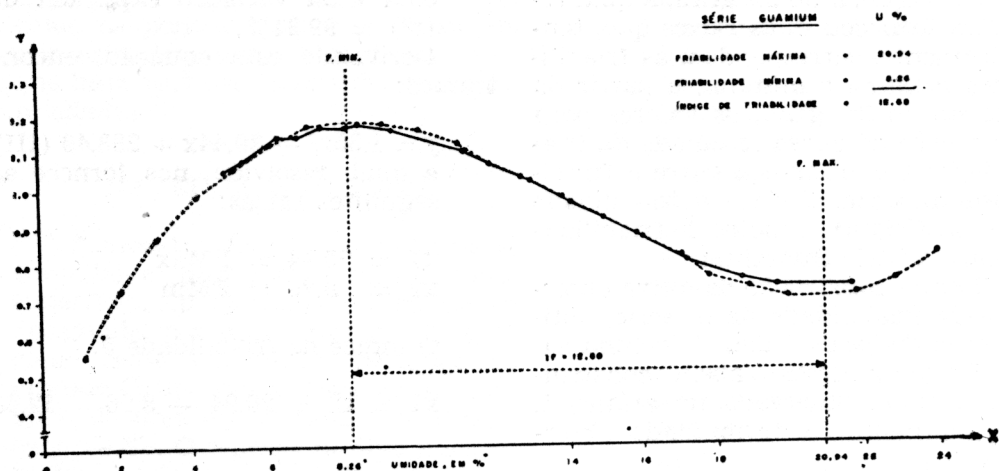


FIGURA 1 - CURVA OBSERVADA DE FRIABILIDADE DA SÉME GUAMIUM, Piracicaba-São Paulo-Brasil
 2 - CURVA CALCULADA DE FRIABILIDADE DA SÉRIE GUAMIUM Piracicaba-São Paulo-Brasil

LEGENDA

- CURVA DOS VALORES CALCULADOS
 ——— CURVA DOS VALORES OBSERVADOS

DISCUSSÃO

Vershinin e Konstantinova Russel (12) mostraram que a densidade aparente do solo tinha seu máximo valor no ponto onde a porosidade total devia ser mínima. Encontramos, nesse trabalho, que a densidade aparente, na série estudada, tinha seu valor máximo no ponto onde a umidade correspondia à friabilidade mínima, no caso 8,26%.

Veyhneyer e Hendrickson (15) observaram que não houve penetração de raízes em solos de classe textural argila quando a densidade aparente atingiu valores de 1,6 a 1,7; pode-se inferir que, na Série Guanium, por ser da mesma classe textural, não haveria problemas de penetração de raízes, visto que as densidades maiores, encontradas nas análises, jamais atingiram aqueles valores (Tabela I).

Conforme Beacher & Strickling (2) a agregação é o oposto do empastamento. Logo se percebe que, se houver produção de agregados pelo preparo do solo, haverá maior dificuldade para ocorrer o empastamento. A afirmativa dos autores retro-citados fica confirmada com as palavras de Bodman & Rubin (3) quando asseveraram: "o decréscimo na densidade apa-

rente pode ser usado como medida do grau de empastamento".

Em nossas determinações verificamos que os mínimos das densidades aparentes ocorrem quando os solos da Série Guanium se encontram na friabilidade máxima 20,94%; equação I e Figura 1. São nestes pontos, de acordo com Kiehl & Cesar (9), que ocorrem as mais acentuadas formações de agregados para o solo estudado. Presumiram Bodman & Rubin (3) que o grau de empastamento tendia para um nível de umidade próximo da saturação.

Day e Holgren, *apud* Beacher & Strickling (2), disseram que o empastamento acarreta um progressivo aumento na densidade aparente do solo. Os resultados de nossas determinações de agregados artificiais para o solo estudado estão coerentes com estes autores, conforme se pode perceber na coluna B da Tabela I e na Figura 1 da curva de friabilidade calculada.

Atterberg, *apud* Baver (1), sugeriu quatro formas essenciais de consistência do solo, entre as quais figura a consistência macia, caracterizada pela friabilidade. Baver (1) confirma que a consistência friável representa a faixa de umidade do solo na qual as condições de aração estão num grau ótimo. Partindo-se da sugestão de Atterberg e

da confirmação de Bayer, tentamos estimar os valores que nos indicassem os limites da faixa de umidade friável do solo, no caso a FMin e FMax.

Nos trabalhos de pesquisa consultados, constatamos que os autores tecem considerações a respeito da friabilidade do solo, sem, contudo, apresentarem valores numéricos precisos — *Soil Survey Manual* (15), Kiehl & Cesar (9), Camargo (4). Outros pesquisadores sugeriram diferentes maneiras para se estimar a friabilidade — Cameron *apud* Delmar *et al* (6), Christensen (5), Keen (8), Hénin (7), Scott-Blair (14) e Kiehl & Cesar (9).

A construção da curva calculada de friabilidade para a série foi feita a partir dos dados da Tabela I (Coluna B). O mínimo de friabilidade nesta Tabela apresenta a umidade 8,26%. Este ponto foi determinado através de uma das raízes da equação III, derivada da equação II. De maneira idêntica, foi determinado o máximo de friabilidade para a série, igual a 20,94%.

A diferença entre a FMax e a FMin corresponde à faixa de umidade na qual o solo pode ser trabalhado, e é de 12,60% (Figura 1).

CONCLUSÕES

- 1.^a A equação da curva calculada de friabilidade é:

$$y = 0,45x^3 - 19,72x^2 + 233,49x + 334,49$$
 com uma variação explicada de: $r^2 = 99,31\%$.
- 2.^a A diferença entre a FMax (20,94%) e a FMin (8,26%), dá para o índice de Friabilidade o valor igual a 12,68%.

SUMMARY

The present study deals with the friability of the Guamium series from Piracicaba, Country São Paulo, Brazil.

The Authors propose to improve the analytical method for the determination of optimum soil moisture content for aggregate formation and substitute this term for Friability Maximum (FMax). It is suggested that the term

Friability Minimum (FMin) could be used to express the initiation of friability of the minimum moisture content that a soil should have when cultivated. This subtraction may be substituted for the Index of Friability (I.F) for defining the term friability or the range of friability.

The equation of the curve of friability of the surface horizon of the Guamium series was determined.

BIBLIOGRAFIA

1. BAVER, L. D. — 1966 — *Soil Physics*. Third Edition. John Wiley and Sons, Inc. N. Y.; Chappman e Hall Limited London, 390 pags.
2. REACHER, B. F. e EDWARD STRICKLING. 1955 — "Effect of Puddling on Water Stability and Bulk Density of Aggregates of Certain Maryland Soils". *Soil Sci.* 80: 363-373.
3. BODMAN, G. B. e J. RUBIN 1949 — "Soil Puddling". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 13: 27-36.
4. CAMARGO, M. N. 1966 — *Treinamento para Levantamentos de Solos. Consistência de Solos*. 506 pags.
5. CHRISTENSEN, O. 1930 — "An Index of Friability of Soils". *Soil Sci.* 29: (2), 119-136.
6. DELMAR, H. WEBB; D. S. JENNINGS & J. DARREL PETERSON. 1936 — "The Effect of Replaceable Bases of the Physical Properties of Soils with Special Reference to the Effect of Replaceable Calcium and Sodium on Index of Friability". *Soil Sci.* 41: (1), 12-24.
7. HENIN, S. 1936 — "Quelques Résultats obtenus dans l'Étude des sols à l'Aide de la Sonde Dynamométrique de Demolon — Hénin". *Soil Research* 5: (1).
8. KEEN, B. A. 1933 — "Experimental Methods for the Study of Soil Cultivation". *Empire J. Exp. Agr.* 1:97-102.
9. KIEHL, D. J. e C. M. CESAR. 1963 — Determinação da Umidade Ótima de Agregação e da Friabilidade Máxima. Nota prévia apresentada ao Nono Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Fortaleza, Ceará.
10. LIMA, F. A. M. e E. J. KIEHL — 1970 — Consistência do Solo. Friabilidade em três séries de solos do Município de Piracicaba. Tese de M. S. defendida na ESALQ/USP. Piracicaba. Estado de São Paulo. 77 pags.
11. RANZANNI, G.; O. FREIRE & T. KINGJO. 1966 — *Carta de Solos do Município de Piracicaba*. Centro de Estudos de Solos da ESA "Luiz de

Queiroz" — USP Piracicaba, Estado de São Paulo, 85 pags.

1937. Também *Journ. Agr. Sci.* 28: 367-378.

12. RUSSEL, E. W. — 1938 — *Soil Structure*. Imperial Bureau of Soil Science. Rothansted Experimental Station 371. 40 pags.

14. SOIL SURVEY MANUAL — 1951 — U.S. Depts. Agriculture Handbook n.º 18 Soil Survey Staff. Bureau of Plant Industry Soils and Agricultura Enginnering. 403 pags.

13. SCOTT-BLAIR, G. W. 1938 — "A new Laboratory Method for Measuring the Effects of Land Amelioration Process". Trans. 6th Comm. Intern. *Soil Sci.* (Zurich). Vol B, 417-422,

15. VEIHMEYER, J. J. e A. H. HEN-DRICKSON — 1948 — "Soil Density and Root Penetration". *Soil Sci.* 65: (6), 487-493.