

## COMUNICAÇÃO

# UTILIZAÇÃO DO PENETRÔMETRO DE CONE NA DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ EM LATOSSOLOS<sup>1</sup>

Milson Lopes de Oliveira<sup>2</sup>  
Alexandre Gedanken  
Hugo Alberto Ruiz

*Resumo:* O objetivo deste trabalho foi determinar o limite de liquidez em quatro latossolos de Minas Gerais, utilizando-se um penetrômetro de cone e comparar este método com o método-padrão de Casagrande. As amostras analisadas com o penetrômetro de cone foram preparadas por via úmida e submetidas ao teste após prévia calibração do aparelho. Apesar de os métodos não apresentarem diferença significativa em solos com menor teor de argila, a pesquisa comprovou comprovar que o uso do penetrômetro de cone apresenta algumas vantagens sobre o aparelho de Casagrande em solos mais argilosos: é mais rápido, menos sujeito às influências do analista e de grande praticidade a determinação.

Palavras-chaves: física do solo, solos argilosos, aparelho de Casagrande.

## ABSTRACT

### UTILIZATION OF THE CONE PENETROMETER FOR LIQUID LIMIT DETERMINATION IN LATOSOLS

The objective of this work was to determine the liquid limit in four Latosols of Minas Gerais, using the cone penetrometer and to compare this method with the standard method by Casagrande. The sample analyzed with the cone penetrometer was prepared via moisture and the test taken after the calibration of the apparatus. The results obtained by both methods did not present any significant difference in soils with low clay content,

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 07.11.2000. Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, 29660-000 Santa Teresa, ES. E-mail: mailson@escelsa.com.br

<sup>2</sup> Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: hruiz@mail.ufv.br

moisture and the test taken after the calibration of the apparatus. The results obtained by both methods did not present any significant difference in soils with low clay content, however, they showed that the use of the cone penetrometer has several advantages over the Casagrande apparatus in clayey soils: it's a faster method, less analyst dependent and extremely practical.

Key words: soil physics, clayey soils, Casagrande apparatus.

A consistência é uma das características mais importantes para as ciências da Engenharia, visto que determina o comportamento do solo quanto aos aspectos de tensão e deformação; no entanto, trata-se de uma propriedade difícil de ser medida. Ela manifesta-se como consequência da intensidade e natureza das forças de coesão e adesão presentes entre os agregados ou dentro deles, ou entre as partículas do solo (6). Entretanto, em solos cuja textura possui uma porção expressiva de fração fina não basta a granulometria para caracterizá-los, pois suas propriedades plásticas dependem da umidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica (1).

As pressões aplicadas ao solo podem causar fluxo, fratura ou compressão. A natureza e a extensão da deformação dependem da classe do solo, de sua condição física, do conteúdo de água e da magnitude e forma de aplicação da força (4). A capacidade do solo de ser moldado ou deformado contínua e permanentemente constitui-se em uma classe de consistência deste, denominada plasticidade (2).

A plasticidade compreende limites específicos, definidos como limite de liquidez e limite de plasticidade (limites de Atterberg), que se constituem em determinações rotineiras nos laboratórios de física e mecânica dos solos. O limite de liquidez, ou limite superior de plasticidade (LL), é definido como a umidade em que o solo começa a se comportar como se fosse um fluido; já o limite de plasticidade, ou limite inferior de plasticidade (LP), é a umidade mínima em que o solo é deformado sem rupturas, sob um tratamento padrão.

A determinação do limite de liquidez geralmente é feita utilizando-se o aparelho de Casagrande; entretanto, em épocas mais recentes, em alguns países, especialmente na Inglaterra, a determinação tem sido feita utilizando-se o penetrômetro de cone (5). O objetivo deste trabalho foi determinar o limite de liquidez em quatro latossolos de Minas Gerais, utilizando um penetrômetro de cone e comparar este método com o método-padrão de Casagrande.

*Material e métodos.* O experimento foi realizado nos laboratórios de Física do Solo e Geotecnia, respectivamente dos departamentos de Solos e de Engenharia Civil, pertencentes à Universidade Federal de Viçosa.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro Latossolos do Estado de Minas Gerais, e cinco repetições por solo. A composição granulométrica dos Latossolos utilizados no trabalho é apresentada no Quadro 1.

<b>QUADRO 1 - Caracterização física dos Latossolos empregados na análise com o aparelho de Casagrande e penetrômetro de cone</b>					
Solos	Origem	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
		%			
Latossolo Vermelho Escuro	Sete Lagoas	9	6	9	76
Latossolo Roxo	São Sebastião do Paraíso	6	29	6	59
Latossolo Vermelho-Amarelo	Lassance	4	30	8	58
Latossolo variação Una	Viçosa	15	8	7	70

Na análise, foram utilizados o aparelho de Casagrande com seus acessórios, o penetrômetro de cone e os utensílios empregados na preparação da amostra, envolvendo: cápsula de porcelana, placa de vidro, espátulas e piseta com água destilada, além daqueles empregados na determinação da umidade base gravimétrica (3).

As amostras analisadas com o penetrômetro de cone foram preparadas por via úmida, após peneiramento, em peneira de 425  $\mu\text{m}$ , da lama originada da mistura de uma quantidade conhecida de solo com água destilada. Após secagem parcial, as amostras foram trabalhadas em placa de vidro e submetidas ao teste com o aparelho devidamente calibrado. De cada repetição foram obtidos quatro valores de penetração do cone na amostra na faixa entre 15 e 25 mm, com a determinação da umidade correspondente a cada leitura. Os resultados obtidos foram lançados num gráfico com escalas iguais, com a leitura da penetração na ordenada e a umidade na abscissa. Posteriormente foi traçada uma curva de melhor ajuste dos pontos e o valor de umidade obtido correspondente a 20 mm de penetração foi considerado como limite de liquidez (5).

No teste de Casagrande o solo foi peneirado em peneira de 425 mm, umedecido e maturado em cápsula de porcelana por 24 horas. Posteriormente foi trabalhado em placa de vidro para homogeneização da amostra e submetido ao teste-padrão com o aparelho de Casagrande devidamente calibrado. Em cada repetição foram obtidos cinco resultados diferentes, na faixa de 10 a 40 golpes, sendo determinada a umidade em cada ponto. Tais valores foram plotados em um gráfico, com os valores de umidade na ordenada (escala linear) e o número de golpes na abscissa

(escala logarítmica). Após traçar a curva de melhor ajuste dos pontos, o cada solo encontram-se no Quadro 2. Observa-se que houve diferença significativa a 1% de probabilidade entre os solos estudados, considerando a média entre as duas metodologias estudadas, com maiores valores no caso dos solos com maior teor de argila. Este mesmo comportamento foi verificado em cada método, porém não foram constatadas diferenças significativas entre os solos quando se utilizou o aparelho de Casagrande nem entre os solos com teores de argila assemelhados ao serem testados com o penetrômetro de cone.

Entre os métodos foi verificada diferença significativa apenas entre solos mais argilosos. Os resultados com o aparelho de Casagrande sempre foram inferiores aos obtidos com o penetrômetro de cone, com valores mais distintos à medida que houve aumento no teor de argila do solo analisado.

Isso provavelmente ocorre porque, quanto maior a porcentagem de argila na amostra, maior a influência do analista sobre os resultados com a adoção do método de Casagrande, tendendo a superestimar os valores do limite de liquidez. Os dois métodos apresentaram coeficientes de variação baixos: 1,80% e 1,90%, respectivamente, indicando uniformidade nos resultados obtidos.

**QUADRO 2 - Análise de médias do limite de liquidez obtidos com o aparelho de Casagrande e penetrômetro de cone**

Solo	Casagrande	Penetrômetro de Cone	Média
	g.kg <sup>-1</sup>		
Latossolo Vermelho Escuro	514 a	471 b	492 A
Latossolo Roxo	344 a	340 a	342 D
Latossolo Vermelho-Amarelo	394 a	40 a	399 C
Latossolo variação Una	438 a	424 b	431 B

Letras maiúsculas iguais na coluna, ou letras minúsculas iguais, na linha, indicam que as médias não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A pesquisa demonstrou que os métodos apresentam diferença significativa apenas quando os solos são muito argilosos, portanto pode-se usar indistintamente qualquer um dos métodos em boa parte dos latossolos existentes no Estado de Minas Gerais. O uso do penetrômetro de cone apresenta algumas vantagens sobre o aparelho de Casagrande, quais sejam:

é mais rápido, menos sujeito às influências do analista e de grande praticidade na sua determinação.

### REFERÊNCIAS

1. CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ª ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1988. Vol. 1, 237p.
2. CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A.C. & FONTES, L.E.F. Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1993. 90p.
3. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
4. FORSYTHE, W. Física de suelos. Manual de Laboratorio. San José, Costa Rica, IICA, 1975. 212p.
5. HEAD, K. H. Manual of soil laboratory testing, 2ª ed. New York J. Wiley, 1992. Vol. 1, 388p.
6. KIEHL, E. J. Manual de Edafologia - relações solo-planta. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979. 262p.