

ENSAIO DE CONE DE QUEDA LIVRE (*FALL CONE TEST*) NA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA NÃO DRENADA DE SOLOS ARTIFICIAIS ADENSADOS

Matheus Rossi Viegas

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
matheus.rviegas@gmail.com

Stella Harkins Guedes de Jesus

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
stellagharkins@gmail.com

Cezar Augusto Burkert Bastos, Dr.

Professor/Pesquisador da Escola de Engenharia - FURG
cezarbastos@furg.br

Antonio Marcos de Lima Alves, DSc.

Professor/Pesquisador da Escola de Engenharia - FURG
antonioalves@furg.br

Resumo. *O trabalho apresenta estudo realizado com o objetivo de avaliar o uso do ensaio de cone de queda livre de laboratório na estimativa da resistência não drenada (S_u) de solos finos. Para tal buscou-se correlacionar resultados de ensaios de cone e de palheta de laboratório conduzidos em amostras adensadas de solos artificiais, produzidos a partir de misturas de caulim, bentonita, areia fina e água destilada em quatro traços diferentes. Os resultados validam o emprego do cone de queda livre de laboratório na estimativa da resistência não drenada e a aplicação do modelo proposto por Hansbo (1957) com este objetivo. Logo se confirma o ensaio como valorosa ferramenta expedita na estimativa de S_u , seja a partir de amostras indeformadas ou amolgadas.*

Palavras-chave: *Ensaio de cone de queda livre, Resistência não drenada, Solos finos artificiais.*

1. INTRODUÇÃO

Uma das propriedades de solos finos de maior interesse na prática geotécnica é a resistência não drenada, entendida como a resistência ao cisalhamento oferecida pelo solo quando solicitado rapidamente, sem condição de drenagem da água intersticial. Esta situação costuma ser crítica, pois são comuns condições onde a aplicação de cargas ocorre em tempo menor à possibilidade de drenagem do material. Logo, a maioria dos projetos geotécnicos emprega este parâmetro nas fases de concepção de soluções, dimensionamento e avaliação de segurança.

O cone de queda livre de laboratório, ou *fall cone test*, teve como idealizador John Olsson, que em 1915 desenvolveu um novo dispositivo para obtenção do limite de liquidez denominado, originalmente, de “Cone Sueco” (Figura 1).

O ensaio inicia-se com o posicionamento do cone sobre uma amostra de solo. O cone é libertado, penetrando na superfície da amostra por ação do seu próprio peso. Através deste ensaio é possível obter a coesão não drenada em amostras de solo, função da profundidade de penetração. O ensaio é não drenado porque a penetração do cone no solo é muito rápida. A interpretação

dos resultados, para estimar a resistência não drenada, depende de correlações empíricas a partir de outros ensaios ou através de análises teóricas da penetração do cone.

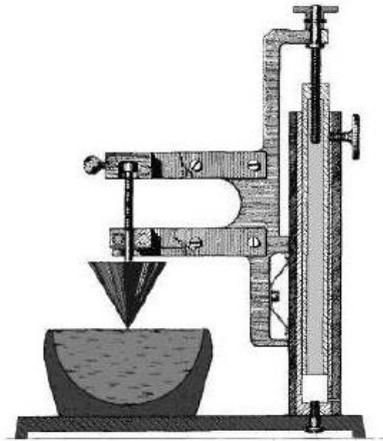


Figura 1. "Cone Sueco" desenvolvido no 1º quartel do século XX pela Junta Real dos Caminhos de Ferro Suecos (Hazell, 2005)

O trabalho apresenta resultados do estudo experimental com vistas a avaliar o potencial do ensaio de cone na estimativa da resistência não drenada a partir de solos artificiais adensados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de solos artificiais foram produzidas a partir de misturas fluidas de caulim, bentonita, areia e água preparadas em betoneira de pequeno porte (Figura 2). Tais misturas foram caracterizadas por meio de análise granulométrica e limites de Atterberg. De cada mistura foram preparados corpos de prova em moldes CBR (Figura 3), adensados pela sobreposição de pesos nas tensões de 12,5 kPa e 25 kPa (Figura 4). Em cada corpo de prova, no mesmo plano horizontal, foram executados ensaios de cone de queda livre e ensaios de palheta (Figura 5).



Figura 2. Preparação da mistura de solo artificial



Figura 3. Preparação da mistura de solo artificial



Figura 4. Amostras em adensamento

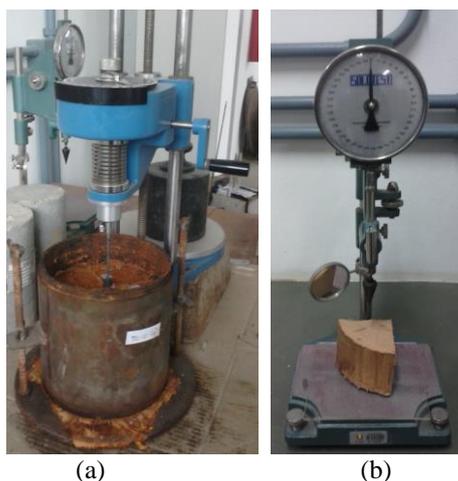


Figura 5. Ensaio de palheta (a) e cone (b)

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

As tabelas 1a e 1b apresentam os resultados na caracterização geotécnica das misturas.

Tabela 1a. Caracterização T0-0 e T30-0

Propriedades físicas	T0-0	T30-0
γ_s (kN/m ³)	25,74	24,97
% areia média	8	6
% de areia fina	15 (silte)	10 (argila)
% de silte	46 (argiloso)	34 (siltosa)
% de argila	31	50
LL (%)	42	166
IP (%)	15 (med.plást)	121 (alt.plást)
Ia(ativ.coloidal)	0,4 (inativo)	2,4 (ativo)
	8	2
Classif. SUCS	ML	CH
Classif. HRB	A-7-6 (10)	A-7-5 (20)

Tabela 1b. Caracterização T0-30 e T20-20

Propriedades físicas	T0-30	T20-20
γ_s (kN/m ³)	25,34	25,72
% areia média	18	12
% de areia fina	16 (silte)	20 (argila)
% de silte	34 (arenoso)	28 (arenosa)
% de argila	32	40
LL (%)	33	110
IP (%)	14 (med.plást)	83 (alt.plást)
Ia(ativ.coloidal)	0,4 (inativo)	2,1 (ativo)
	7	8
Classif. SUCS	CL	CH
Classif. HRB	A-6 (8)	A-7-6 (18)

T0-0:C100%; T30-0:C70%/B30%; T0-30:C70%/A30%;
T20-20:C60%/B20%/A20%
C:caulim;B:bentonita;A:areia

As curvas granulométricas são apresentadas na Figura 6.

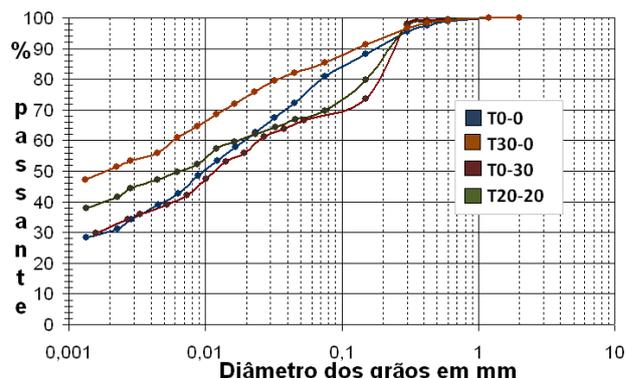


Figura 6. Curvas granulométricas das misturas

Os ensaios caracterizam a mistura T0-0 como um silte argiloso de mediana plasticidade inativo, a mistura T30-0 como uma argila siltosa de elevada plasticidade ativa, a mistura T0-30 como silte arenoso (ou areia siltosa) de mediana plasticidade inativo e por fim a mistura T20-20 como uma argila areno-siltosa de alta plasticidade e ativa. Destaca-se o efeito da bentonita nas misturas T30-0 e T20-20, conferindo elevada plasticidade ao solo artificial.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de cone e de palheta.

Tabela 2. Resultados médios dos ensaios de cone e de palheta

Mistura	Corpo de prova	Tensão de adensamento (kPa)	Su (kPa) (palheta)	Penetraçã o (mm) (cone)
T0-0	CP 1	12,5	6,1	9,9
	CP 2	25	17,6	6,0
	CP 3	25*	33,5	4,2
0-0	CP 1	12,5	1,32	32,6
	CP 2	25	1,54	29,6
T0-30	CP 1	12,5	3,8	22,4
	CP 2	25,0	8,0	11,5
T20-20	CP 1	12,5	4,7	12,3
	CP 2	25,0	7,2	8,5

* corpo de prova submetido ao um maior tempo de adensamento e pequena dessaturação (S = 91%)

A Figura 7 apresenta os resultados plotados em comparação com o modelo de Hansbo (1957), para o fator de cone K = 0,8, sugerido por Karlsson (1977). Observa-se que os dados experimentais se ajustam ao

modelo de proporcionalidade da resistência não drenada com o inverso do quadrado da penetração do cone, conforme proposto por Hansbo (1957). Na figura também é apresentada uma curva ajustando o coeficiente K aos dados experimentais pelo método dos mínimos quadrados. O melhor ajuste foi obtido adotando-se um valor de K igual a 0,89.

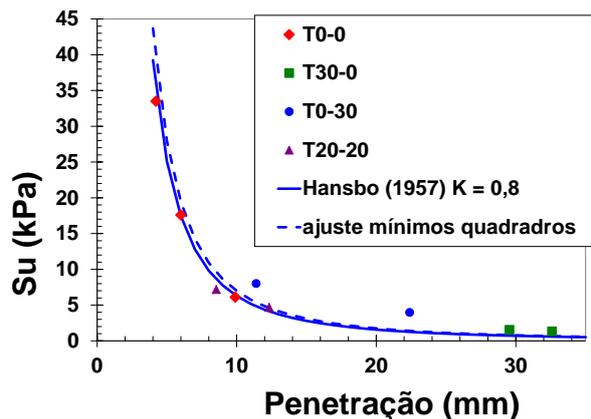


Figura 7. Penetração x resistência não drenada

Outra observação a partir da Figura 7 é que os pontos situados mais acima das curvas do modelo de Hansbo (1957) referem-se à mistura T0-30, solo arenoso, cuja resistência não drenada deixa de ser adequadamente avaliada pelos ensaios de palheta. Cabe também salientar que o modelo proposto pelo autor destina-se originalmente a argilas.

4. CONCLUSÕES

O estudo apresentado ratifica o potencial de emprego do cone de queda livre de laboratório na estimativa da resistência não drenada de solos finos, apontado há muito tempo, por diversos autores.

O ensaio constitui uma ferramenta expedita que permite rapidamente estimar a resistência não drenada a partir de amostras indeformadas ou amolgadas de pequena espessura. Esta estimativa expedita tem se mostrado muito importante na fase de estudos preliminares, avaliação de

alternativas de projeto ou mesmo concepção de anteprojetos de obras geotécnicas.

O modelo proposto por Hansbo (1957) mostrou ajustar razoavelmente bem os dados experimentais obtidos com solos artificiais na comparação com ensaios de palheta de laboratório, validando seu emprego.

REFERÊNCIAS

HAZELL, E. **Rate effects in the fall-cone test**. Report, Department of Engineering Science, University of Oxford. 62p. (2005)

HANSBO, S. A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test. **Proc. Royal Swedish. Geotechnical Institute**, nº 14, pp.7-47. (1957)

KARLSSON, R. (in cooperation with the laboratory committee of the Swedish Geotechnical Society). 1977. **Consistency limits**. Document D6: 1977. (1977)