



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2023

OBTENÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DO SOLO CENTRO INDUSTRIAL DO SUBAÉ EM DIFERENTES ESTADOS DE COMPACTAÇÃO UTILIZADO ÁGUA E ÓLEO DIESEL

Caio Carneiro Caldas¹; Riseuda Pereira Sousa²;

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
caio.ca.ca.cc9@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
riseuda.sousa@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Compactação; curva de retenção de umidade; sucção.

INTRODUÇÃO

A capacidade de retenção de umidade do solo, denominada de curva de retenção (Figura 1a) é uma função de suma importância na mecânica dos solos não saturados que exprime a variação da quantidade de água retida no solo, expressa em teor de umidade volumétrica (Θ), gravimétrica (W) ou grau de saturação (S), com a variação da sucção (y). A representação completa desta propriedade consiste em curvas de umedecimento e secagem, onde a primeira representa a adsorção de água no solo (diminuição da sucção diante do aumento da umidade) e a segunda, a dessorção de água (aumento da sucção diante da redução da umidade). Esta relação solo-água pode seguir diferentes trajetórias durante os ciclos de umedecimento e secagem que ocorrem na natureza, sendo que, tipicamente, a quantidade de água liberada pelo solo no processo de secagem é superior a retida no processo de umedecimento, o que resulta numa diferença entre as duas curvas, denominada de histerese. A disposição estrutural do solo também é outro fator importante na formação da curva característica, que resulta no formato unimodal ou bimodal. Os solos residuais e coluvionares, presentes em regiões tropicais, e os solos lateríticos, por exemplo, devido principalmente ao processo de formação, diante da distribuição granulométrica descontínua apresentam um formato bimodal.

Dada a importância destas curvas, por possibilitarem a obtenção de várias propriedades mecânicas e hidráulicas de solos não saturados, necessárias no estudo comportamental dos solos, muitos métodos experimentais, foram desenvolvidos para a montagem de curvas de retenção de líquidos em solos de diferentes naturezas. Da mesma forma, diversos modelos empíricos foram propostos com o mesmo fim, nos quais, a determinação dos parâmetros acontecesse indiretamente, através da simulação

Norteadas pela importância deste tipo de curva no estudo de solo e da necessidade de caracterização do solo do Centro Industrial do Subaé (CIS), neste trabalho visa-se obter as curvas de retenção de água e óleo diesel no solo do CIS, no estado compactado nas condições de campo.

METODOLOGIA E RESULTADOS

1. PARTE I – EXPERIMENTAL – ENSAIOS LABORATORIAIS

1.1. Materiais - características

- i. **Solo da região do Centro Industrial do Subaé** - uma areia argilosa de alta plasticidade (21%), constituída de: **granulometricamente** - pedregulho (3,6%), areia grossa (9,9%), areia média (21,5%), areia fina (17%), silte (4,5%) e argila (43,5%); **quimicamente** (em maior teor) - Sílica (63,78%) e Alumínio (32,7) com argilominerais quartzo, haloisita e caulinita,
- ii. **Líquido – Água** - Massa específica $1,01\text{gcm}^{-3}$; Viscosidade cinemática $0,487\text{CS}$; pH 6,4; Tensão superficial $72 \times 10^{-3}\text{Nm}^{-1}$; Constante dielétrica 80,08. **Óleo Diesel BS 500** - Massa específica $0,89\text{gcm}^{-3}$; Viscosidade cinemática $4,40\text{CS}$; pH 6,3; Tensão superficial $26,9 \times 10^{-3}\text{Nm}^{-1}$; Constante dielétrica 2,13. Valores à 20°C ;
- iii. **Ensaio complementares** – Realizados na EMBRAPA nesta etapa do trabalho: Capacidade de troca catiônica, $\text{CTC}=2,25\text{mg/dm}^3$; Acidez, $\text{pH}=5,4$; Matéria orgânica, $\text{MO}=6\text{g/kg}$

1.2. Ensaio de curva de retenção

A Figura 1 apresenta os corpos de provas e equipamentos usados nos ensaios de curva de retenção de água e óleo diesel

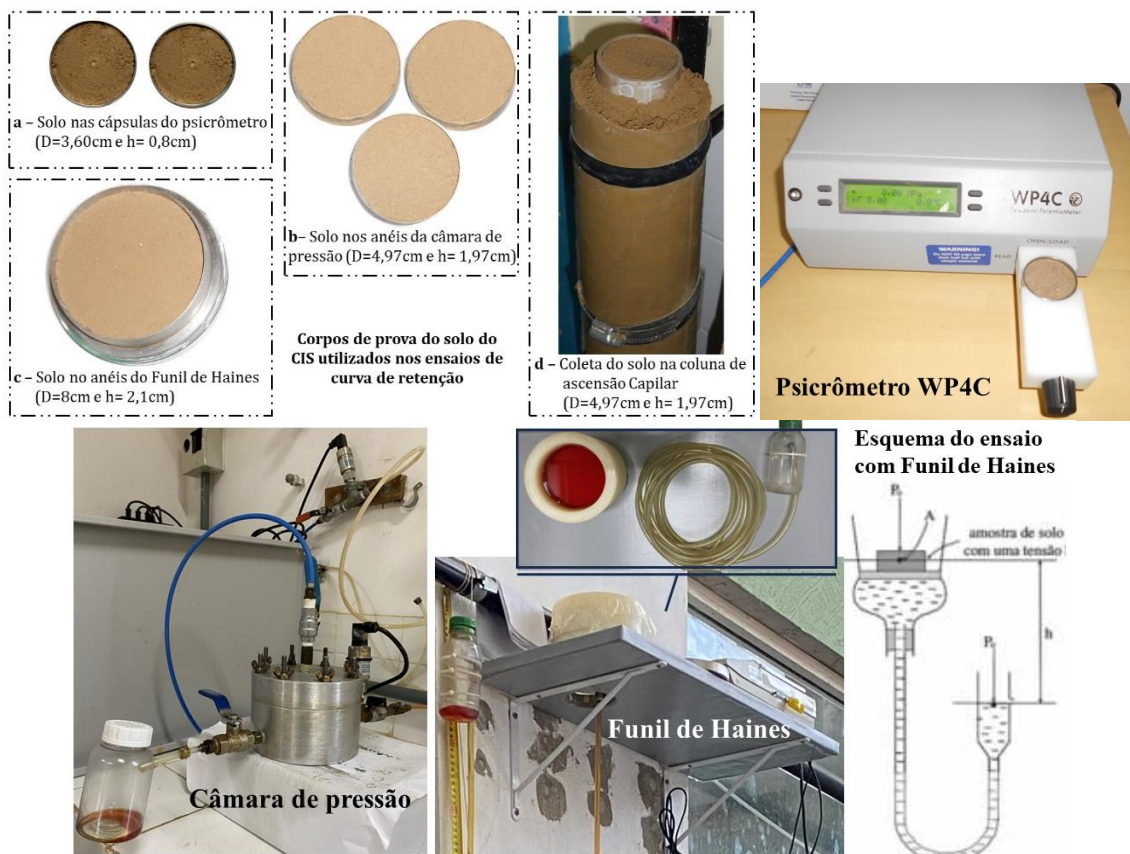


Figura 1-Corpos de provas e equipamentos utilizados nos ensaios de curva de retenção

1.2.1. Meio poroso - Montagem dos corpos de prova –

Montagem de discos de solo por compactação do solo nas condições de campo (umidade de 10,547 e massa específica seca de $1,77\text{g/cm}^3$) para realizar os ensaios no psicrômetro, na câmara de pressão, e no funil de Haines); coleta dos discos de uma coluna de solo compactado pelo método estático de Oliveira (1995) e Sousa (2012) e umedecido por ascensão capilar, Figura 1

1.2.2. Ensaio para obtenção da curva de retenção de água –

Foi empregado o método do higrômetro do ponto de condensação utilizando o **psicrômetro WP4C** Water Potential Meter (Decagon Devices, Pullman, WA, 2007) (GEOAMB – UFBA), com coleta de dados com secagem e umedecimento do solo, Figura 1.

1.2.3. Ensaio para obtenção da curva de retenção de diesel-

Foram utilizados: **(a) câmara de pressão** desenvolvida por Machado e Dourado (2001); **(b) Funil de Haines** (1930), ambos do GEOAMB – UFBA, onde o solo foi submetido a sucessivas drenagens acompanhadas de leituras de sucção; **(c) colunas de ascensão capilar** foram coletados discos a diferentes alturas e humidades, Figura 1.

2. PARTE 2 - MODELAGEM DAS CURVAS DE ASCENSÃO CAPILAR

As curvas de retenção de água e de óleo diesel no solo do CIS, acompanhadas dos respectivos ajustes, realizados com modelo multidimensional estendido por Durner (1994) a partir do modelo unimodal desenvolvido por van Genuchten (1980) e adaptado por Carducci et al (2011) para um modelo bimodal, denominado de duplo VG, Equação (1), são apresentadas na Figura 2

$$w = w_{res} + \frac{w_{pmp} - w_{res}}{(1 + (\alpha_{tex} \times \psi_m)^{n_{tex}})^{m_{tex}}} + \frac{w_{sat} - w_{pmp}}{(1 + (\alpha_{est} \times \psi_{est})^{n_{test}})^{m_{test}}} \quad \text{Equação (1)}$$

onde: w é a umidade gravimétrica (%), w_{res} é a umidade gravimétrica residual (%), w_{sat} é a umidade gravimétrica de saturação (%), w_{pmp} corresponde a umidade no ponto de murcha, α_{tex} e α_{est} são os parâmetros de ajuste correspondentes às inclinações das curvas nos dois trechos, n_{tex} e m_{tex} são correlacionados como $m=1-1/n$, para ambos os segmentos de curva.

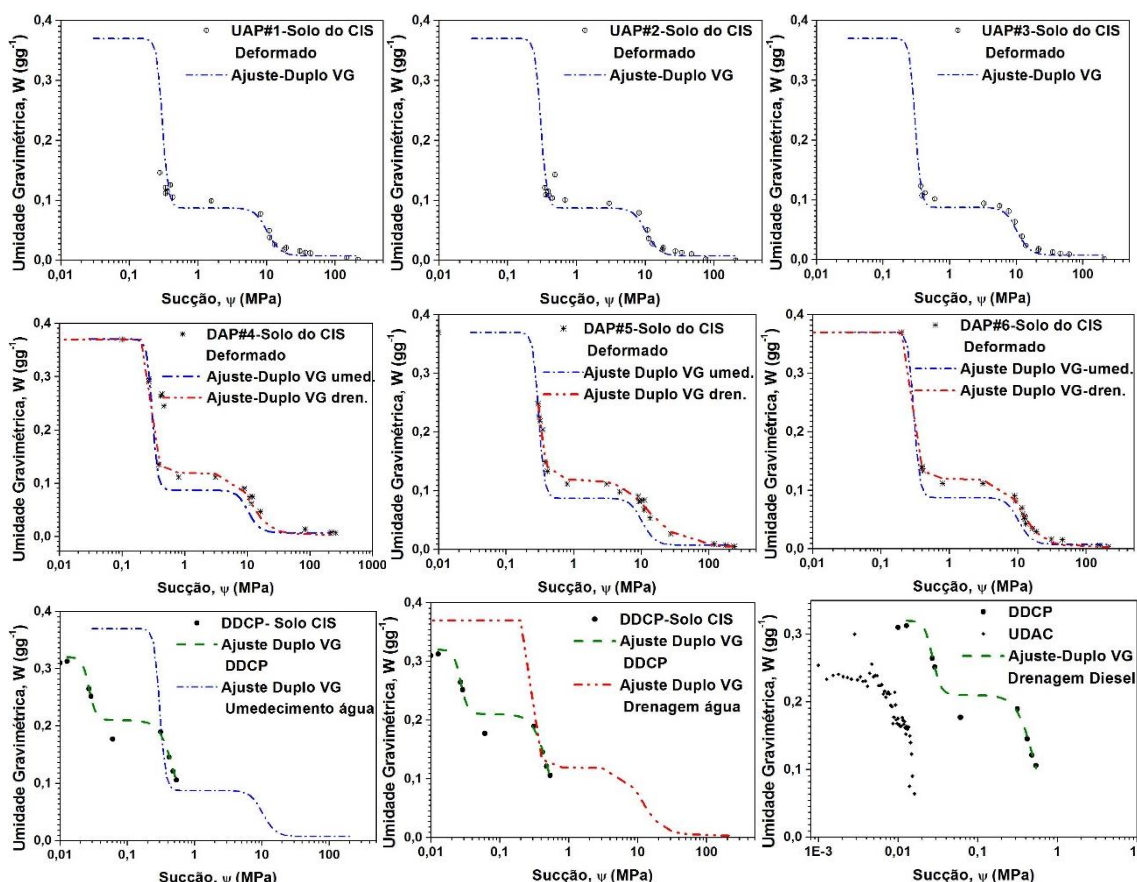


Figura 2- Curvas de retenção de água e de óleo diesel, por umedecimento e por drenagem,

Tabela 1- Parâmetros de ajuste duplo VG das curvas de retenção de água e de óleo diesel no solo do CIS

Amostra	α_{etx}	n_{etx}	m_{etx}	α_{est}	n_{est}	m_{est}	w_{res}	w_{pmp}	w_{sat}
	kPa ⁻¹	-	-	kPa ⁻¹	-	-	%	%	%
UAP#1-umed. água no psicrômetro	0,103	5,121	0,805	3,328	10,791	0,907	0,70	8,70	37,00
UAP#2-umed. água no psicrômetro	0,103	5,122	0,805	3,328	10,791	0,907	0,70	8,70	37,00
UAP#3-umed. água no psicrômetro	0,103	5,122	0,805	3,328	10,791	0,907	0,70	8,70	37,00
DAP#4-dren. água no psicrômetro	0,094	5,252	0,81	3,300	11,036	0,901	0,31	12,00	37,00
DAP#5-dren. água no psicrômetro	0,105	2,349	0,575	3,088	9,637	0,896	0,31	12,00	37,00
DAP#6-dren. água no psicrômetro	0,094	5,251	0,81	3,300	11,036	0,91	0,31	12,00	37,00
DDCP-dren. diesel – câm. pressão	37,59	8,950	0,888	2,130	4,120	0,757	1,00	12,00	32,00
DDFH-dren. diesel – Fun. de Haines	ENSAIOS EM ANDAMENTO								
UDAC-umed. diesel asc. capilar	REQUISITA NOVOS ENSAIOS								

ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

A partir dos ensaios de CTC, acidez e de curva de retenção de água e de óleo diesel foi possível se atingir os resultados abaixo listados e definir procedimentos para realização de novos estudos:

- O solo do CIS é um solo com elevada acidez, diante do valor do pH de 5,4 e dos baixos teores de cálcio ($< 1,5 \text{ cmolc /dm}^3$) e magnésio ($< 0,5 \text{ cmolc /dm}^3$). Este resultado junto com a baixa capacidade de troca catiônica ($\text{CTC}=2,25 \text{ mg/dm}^3$); e baixo teor de matéria orgânica ($\text{MO}=6\text{g/kg}$), mostram que o solo do CIS é um solo com alto teor de areia e detentor de uma baixa capacidade de retenção líquida.
- As curvas retenção de água (umidade e secagem) do solo compactado nas condições de campo, obtidas no psicrômetro WP4C, mostram a existência de dois trechos de dessaturação da água e dois valores de entrada de ar, onde o primeiro acontece na família de poros maiores e o segundo na de poros menores. Assim, as curvas de retenção de água do solo deformado têm comportamento bimodal, similar a do solo indeformado;
- Diante do comportamento bimodal o modelo matemático de Duplo VG foi o que se ajustou aos dados experimentais de retenção de água no solo deformado;
- Parâmetros de ajuste iguais para curva de retenção de água do solo deformado e indeformado indica que o meio poroso desenvolvido por compactação nas condições de campo apresenta as mesmas características do solo natural;
- A histerese formada entre as curvas de retenção de água por umedecimento e por drenagem revela que liberação de água do solo por secagem é superior a retida por umedecimento;
- Comportamento bimodal para a curva de retenção de diesel, para os ensaios na câmara de pressão e ajuste do modelo Duplo VG aos dados experimentais. O alto teor de finos no solo e o limite máximo de pressão (700 kPa) aplicado na câmara de pressão, não foi possível realizar a máxima drenagem requisitada de diesel do solo.

REFERÊNCIAS

- Carducci, C. E. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.
- Durner, W. Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. Water Resour. Res. 1994 32 211–223
- Haines, W. B. Studies in the physical properties of soil: V. The hysteresis effect in capillary properties and the modes of moisture associated therewith. J. Agr. Sci. 20: 97-116, 1930.
- Machado, S. L.; Dourado, K. A. (2001). Novas técnicas para obtenção da curva característica de sucção do solo. In: 4º Simpósio de Brasileiro de Solos Não Saturados. Porto Alegre, v. 1.
- Sousa, R. P; Estudos dos fluxos de óleo diesel e água em solos não saturados: desenvolvimento experimental e modelagem matemática. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia. 2012.
- van Genuchten, M. TH, 1980, "A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils", Soils Science Society of American Journal, Vol. 44, p. 892-898