

Nº 11, dez/96, p.1-5

ESTUDO DE SOLOS COLAPSÍVEIS POR MÉTODO NÃO-INVASIVO¹

João de Mendonça Naime²
Wilson Conciani³
Márcio Miranda Soares⁴
Paulo Estevão Cruvinel⁵
Sílvio Crestana⁶

O colapso do solo vem preocupando os profissionais da área de Geotecnia há mais de 50 anos (Vargas, 1993), quando este fenômeno começou a ser estudado. Tal fenômeno tem gerado grandes prejuízos aos produtores de grãos do Mato Grosso, causando afundamento de armazéns e enormes perdas de grãos. Em algumas situações, o afundamento do piso do armazém chega a 1m. O colapso do solo é uma súbita redução do volume sob carga devido a um aumento no teor de umidade. Para ocorrência do colapso é preciso que o solo esteja no estado não saturado e apresente uma estrutura porosa meta-estável. A infiltração de água no solo provoca a destruição dos cimentos naturais do solo.

Para quantificar a redução de vazios provocada pelo colapso do solo (Conciani et al, 1995) foi aplicada a técnica de tomografia computadorizada (Crestana et al, 1988). Neste trabalho foi empregado um tomógrafo portátil de campo desenvolvido pelo Centro de Instrumentação da EMBRAPA (CNPDIA), São Carlos-SP (Naime, 1994).

Para o estudo da colapsividade do solo, além do tomógrafo, estão sendo usados vários equipamentos e metodologias, de forma integrada, como RDT (Reflectometria no Domínio do Tempo) para medir a umidade do solo (Herrmann et al, 1995), temperatura do solo, temperatura ambiente e pressão sobre o solo utilizando-se células de carga. As análises foram feitas em amostras de solos coletadas após a realização de provas de carga que simulam a construção e o enchimento de armazéns em condições de umidade natural. Numa fase preliminar, as tomografias foram realizadas em laboratório utilizando-se estas amostras.

Na fase seguinte, as varreduras tomográficas deverão ser realizadas *in situ*, na cidade de Campo Novo do Parecis, MT. Seis amostras de solo foram colocadas em tubos de PVC de 100mm de diâmetro, 50cm de comprimento e revestidas com parafina. As amostras foram cortadas transversalmente em 4 partes iguais e foram realizadas tomografias no sentido transversal e longitudinal destas partes.

¹ Trabalho com apoio da EMBRAPA, projeto SEP nº 12.094.093.00

² Eng. Eletrônico, MSc, EMBRAPA-CNPDIA, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

³ Eng. Civil, MSc, ETFMT, Rua Zulmira Canavarros, 95, CEP 78005-390, Cuiabá-MT

⁴ Eng. Civil, PhD, UFMT, Av. Fernando Correia da Costa S/Nº, CEP 78060-900, Cuiabá-MT.

⁵ Eng. Eletrônico, PhD, EMBRAPA-CNPDIA, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

⁶ Físico, PhD, EMBRAPA-CNPDIA, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

PA/11, CNPDIA, dez/96, p.2

A figura 1 mostra o equipamento instalado no laboratório. Para este estudo, foi construído um sistema de variação da altura da amostra para obter imagens tomográficas em diversos planos. A figura 2 mostra duas imagens obtidas, uma no sentido longitudinal (Fig. 2a) e a outra transversal (Fig. 2b) à coluna do solo.

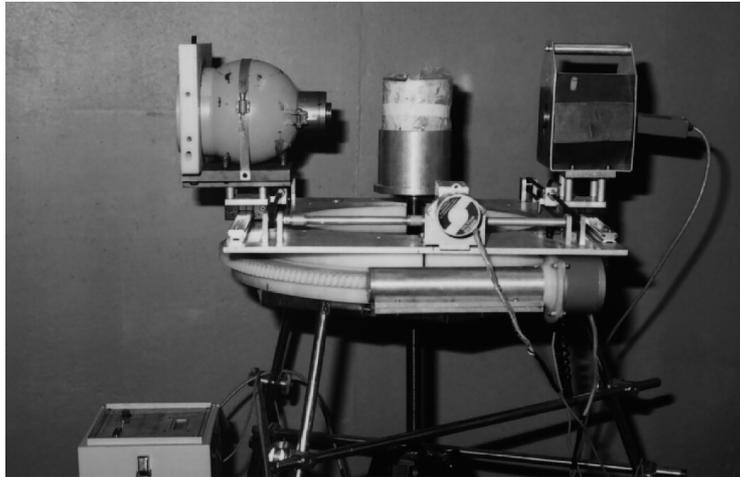


Figura 1. Equipamento instalado no laboratório.

O tomógrafo empregado pode realizar tomografias de amostras de solos e árvores, entre outras aplicações, com diâmetro máximo de 30 cm, em condições de campo. Utiliza uma fonte de ^{137}Cs , detector semicondutor, sistema eletrônico microprocessado, sistema mecânico bipartido e um "notebook". Todo o sistema é alimentado por uma bateria de 12V. O tempo de varredura médio é de 6 horas. A imagem tomográfica apresentada pelo programa de reconstrução de imagem (Cruvinel et al, 1990; Crestana et al, 1996) distribui 16 tons de cinza atribuídos de acordo com a densidade em cada elemento da imagem.

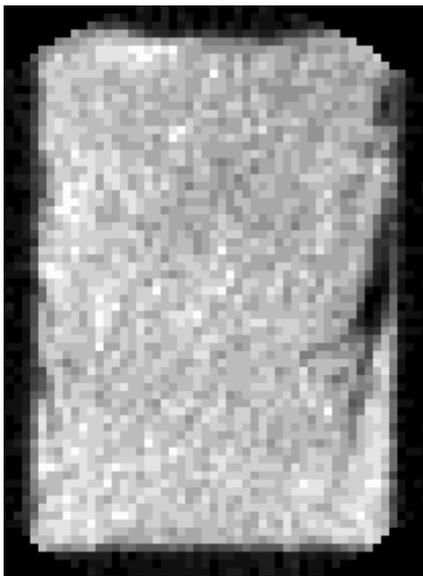


Figura 2a - Varredura longitudinal.

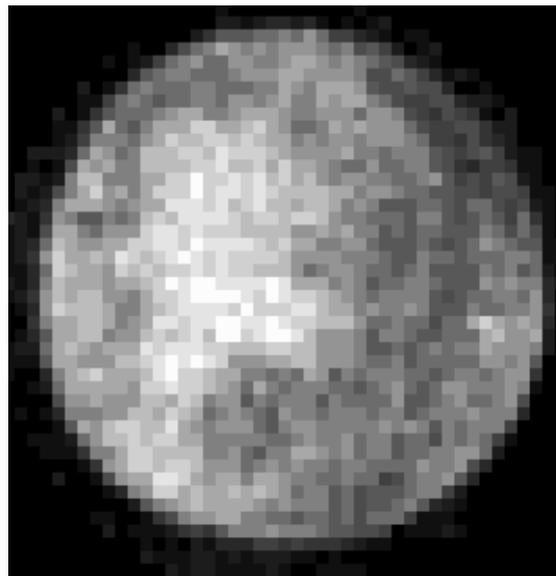


Figura 2b - Varredura transversal.

PA/11, CNPDIA, dez/96, p.3

Atribui-se o preto ao ar e o branco para a maior atenuação encontrada na amostra. No computador, o usuário pode usar um cursor para medir a densidade em cada píxel da imagem. A densidade é obtida em cada ponto da imagem após a calibração do sistema (Crestana et al, 1992).

A partir das imagens obtidas e dos arquivos com a matriz densidade gerados pelo programa de reconstrução de imagem, foi possível a análise do comportamento da densidade ao longo do perfil do solo. A figura 3 mostra a distribuição da densidade ao longo de uma linha que passa pelo centro da amostra, antes da prova de carga. Nota-se o adensamento das bordas provocados pela coleta da amostra. A figura 4 mostra que o solo imediatamente abaixo da placa sofreu um grande aumento no valor da densidade devido ao colapso do solo.

A figura 5 exemplifica como será a instalação do tomógrafo no campo. Pretende-se acompanhar a variação da densidade e porosidade do solo. Para tal, serão realizadas tomografias ao longo do perfil, a cada vinte centímetros de profundidade.

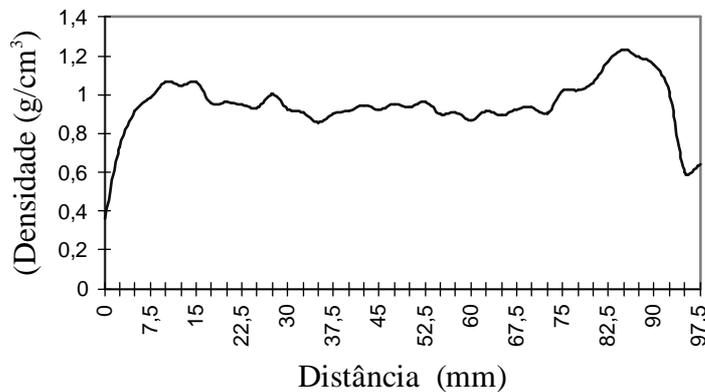


Figura 3. Distribuição da densidade do solo seco obtida por tomografia em uma seção transversal da amostra antes da prova de carga, representada pela média dos valores em uma direção.

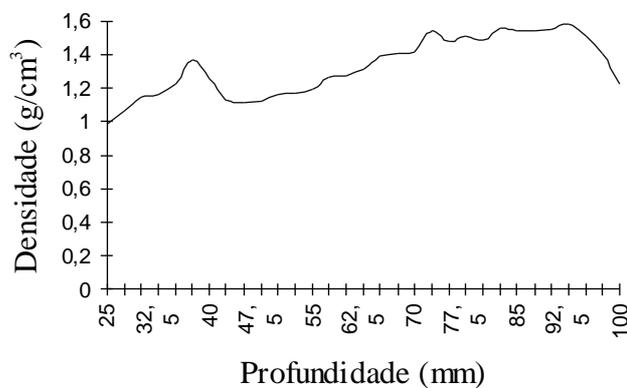


Figura 4. Distribuição da densidade do solo seco obtida por tomografia em uma seção longitudinal da amostra após a prova de carga.

PA/11, CNPDIA, dez/96, p.4

Os resultados obtidos até o presente estágio da pesquisa, demonstram que a influência do colapso se estende a apenas alguns centímetros abaixo da cota de assentamento do elemento de fundação dos armazéns. As análises quantitativas das distribuições de densidade do solo são dados importantes para os estudos de sondagens do solo, para construções civis e mesmo para caracterizar e modelar o fenômeno de colapsividade destes solos.

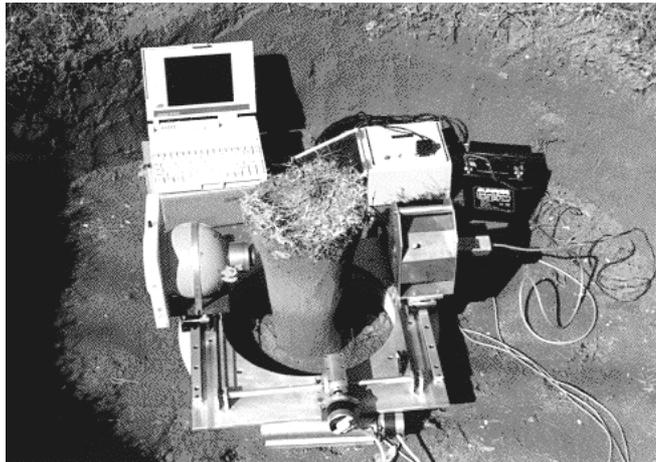


Figura 5 -Tomógrafo instalado em torno de um monolito de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONCIANI, W; SOARES, M.M.; CRESTANA, S. Geotechnical use of a mini tomography. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOILS/UNSAT '95, 1, Paris-France, 1995. Proceedings... Paris: École Nationale des Ponts et Chaussées, 1995. p.447-452.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; MASCARENHAS, S.; VAZ, C.M.P.; NAIME, J. de M.; CESAREO, R.; NIELSEN, D.R.; REICHARDT, K. Tomografia reconstitutiva. In: CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; MASCARENHAS, S.; BISCEGLI, C.I.; MARTIN-NETO, L.; COLNAGO, L.A.; ed. **Instrumentação agropecuária**: contribuições no limiar do novo século. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. Cap. 4, p.152-200.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; VAZ, C.M.P.; CESAREO, R.; MASCARENHAS, S.; REICHARDT, K. Calibração e uso de um tomógrafo computadorizado em ciência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.161-167, 1992.
- CRESTANA, S.; MASCARENHAS, S.; CESAREO, R.; CRUVINEL, P.E. Soil research opportunities using X and γ ray computed tomography techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP ON THE VALIDATION FLOW AND TRANSPORT MODELS FOR THE UNSATURATED ZONE, Ruidoso, Novo México, 1988. Proceedings... Ruidoso: College of Agriculture and Home Economics, 1988. p.44-49.

PA/11, CNPDIA, dez/96, p.5

CRUVINEL, P.E.; CESAREO, R.; CRESTANA, S.; MASCARENHAS, S. X and γ ray computerized minitomograph scanner for soil science. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, New York, v.39, n.5, p.745-750, 1990.

HERRMANN, P.S.P.; CONCIANI, W.; SOARES, M.M.; CRESTANA, S. Medida de umidade, *in-situ*, através da técnica de reflectometria no domínio do tempo (RDT), do perfil de um meio poroso, colapsável, com uma única antena segmentada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 23, Maringá-PR, out. 1995. **Programas e resumos...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1995. p.P3-22.

NAIME, J.M. **Projeto e construção de um tomógrafo portátil para estudos de ciência do solo e plantas, em campo**. São Carlos: USP-EESC, 1994. 87p.il. Dissertação Mestrado.

VARGAS, M. **Solos porosos e colapsáveis**: aula inaugural de 1992. São Carlos: USP-EESC-Departamento de Geotecnia, 1993. 22p. il. (USP-EESC-Departamento de Geotecnia. Publicação 079/93).