

Nº 1, set/96, p.1-5

TOMÓGRAFO DE RESOLUÇÃO MICROMÉTRICA PARA ESTUDOS DO SISTEMA ÁGUA-SOLO-PLANTA¹

Álvaro Macedo²
Carlos Manoel Pedro Vaz³
Paulo Estevão Cruvinel⁴
Sílvio Crestana³

A investigação das propriedades físicas do solo, em nível de grãos e poros, é de fundamental importância para o estudo do transporte da água e dos solutos nesse meio, particularmente na região não-saturada, bem como para investigações das interações entre as raízes e o solo. O uso de técnicas convencionais, como sonda de nêutrons, gravimetria, transmissão direta de raios X ou γ , traçadores, microscopia óptica, microscopia de varredura de elétrons, intrusão de mercúrio e outras similares, tem trazido resposta a diversos problemas da área de solos. Até o momento, entretanto, a maioria dos resultados tem sido obtida numa escala da ordem de milímetros, enquanto muitas respostas são esperadas em nível de partículas, macroporos e microporos (Crestana, 1994).

Uma técnica, introduzida pelo CNPDIA, no domínio dos solos, na escala milimétrica, é a Tomografia Computadorizada (TC) de raios X ou γ (Cruvinel et al, 1990; Crestana & Cruvinel, 1996). Esta técnica permite ver secções transversais do interior de amostras sem que seja necessário cortá-las ou fazer qualquer outro tipo de invasão. Ela utiliza o princípio da atenuação da radiação nos meios materiais. A idéia básica na TC é reconstruir a imagem de uma secção da amostra, através de suas projeções em várias direções. Essas projeções são obtidas varrendo-se a amostra com um feixe de radiação e contando-se os fótons que a atravessam. Forma-se, assim, uma matriz de dados, que são processados em um microcomputador, obtendo-se, em uma tela de monitor, a figura da secção no plano do feixe.

¹ Pesquisa realizada com recursos da FAPESP, Processo Nº 90/3773-7, e EMBRAPA, Projeto Nº 12.0.94.093.00.

² Engenheiro Eletrotécnico, MSc, EMBRAPA-CNPDI, Caixa Postal 741, São Carlos, SP

³ Físico, PhD, EMBRAPA-CNPDI, Caixa Postal 741, São Carlos, SP

⁴ Eng. Eletrônico, PhD, EMBRAPA-CNPDI, Caixa Postal 741, São Carlos, SP

PA/1, CNPDIA, set/96, p.2

Visando obter um equipamento e uma metodologia que produzam imagens não-destrutivas e de alta resolução espacial, o CNPDIA está desenvolvendo um tomógrafo de resolução micrométrica. A investigação permitida pelo equipamento pode ser comparada à de um microscópio óptico, com a diferença, porém, de se poder visualizar o interior de uma amostra sem a necessidade da preparação de lâminas, ou seja, sem o seu seccionamento. Resultados significativos já foram alcançados na escala micrométrica. Entre eles, pode-se citar a tomografia da Figura 1, com resolução de 20 μm , gerada por Crestana & Nielsen (1990), com um equipamento de uso industrial. Seu acesso é restrito e seu valor é de 1,5 milhão de dólares. Outros resultados, obtidos com equipamento dedicado e de custo relativamente baixo, podem ser vistos em Cesareo et al (1991), Assis (1992) e Appoloni & Cesáreo (1994). Nesta pesquisa, o que se pretende é desenvolver um equipamento e uma metodologia dedicados à área de solos, a um custo de poucas dezenas de milhares de dólares.

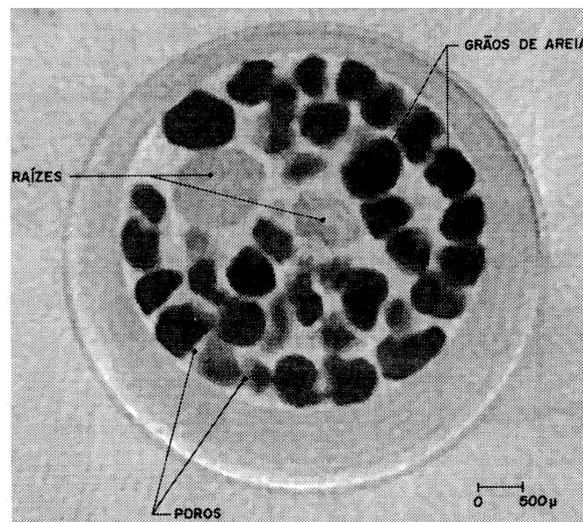


Figura 1- Imagem microtomográfica mostrando grãos de solo, raízes e poros, com resolução espacial de 20 μm (Crestana & Nielsen, 1990).

Na Figura 2 são apresentadas, esquematicamente, as principais partes do equipamento, que são descritas a seguir.

Fonte de raios X

A fonte de radiação é um sistema de raios X industrial, composto de gerador de até 160 kV e 3 kW, painel de controle eletrônico, painel de comando e tubo de raio X, com alvo de tungstênio.

Colimadores

Os colimadores, inicialmente, foram construídos com 500 μm e 100 μm , em chumbo. Novos colimadores estão sendo construídos em compósitos de resina epoxy com PbO₂ e orifícios de 100 μm , 60 μm e 35 μm .

Cadeia nuclear

A cadeia nuclear é composta dos seguintes equipamentos: detector de NaI(Tl), com fotomultiplicadora e pré-amplificador, fonte de alta tensão de até 3 kV, fonte de baixa tensão de 160 W e placa multicanal.

PA/1, CNPDIA, set/96, p.3

Mesa posicionadora

A mesa posicionadora é composta das seguintes partes: estágio linear com resolução de $1,25 \mu\text{m}$, estágio rotativo com resolução de $0,01^\circ$ e controladores, sendo um para cada estágio. Além destas partes, outros mecanismos foram desenvolvidos no CNPDIA, para o alinhamento do feixe, ajuste do paralelismo da mesa em relação ao feixe e posicionamento do tubo de raios X.

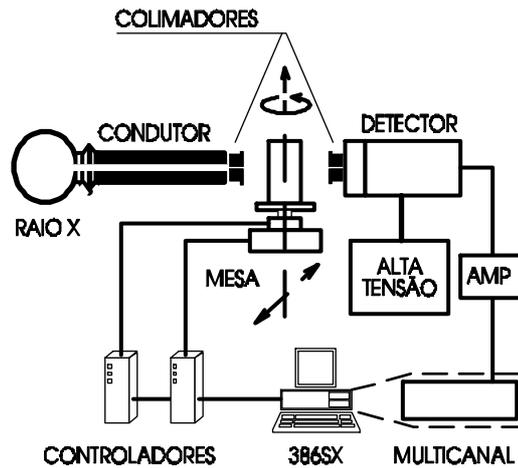


Figura 2 - Diagrama de blocos do tomógrafo de resolução micrométrica.

No estado atual de desenvolvimento, o equipamento está montado, praticamente na íntegra, sendo possível fazer as primeiras tomografias. O sistema de raios X está operando normalmente, os programas estão prontos, faltando ajustes a serem incluídos à medida que os primeiros resultados apontarem para a necessidade de correções. O mesmo ocorre com a parte mecânica, tendo sido montadas as partes citadas. Estão sendo trabalhados os pontos mais críticos para se chegar à resolução de $100\mu\text{m}$, tais como uma nova versão da centralização do estágio de rotação, maior precisão no suporte de amostras e estudo com várias energias.

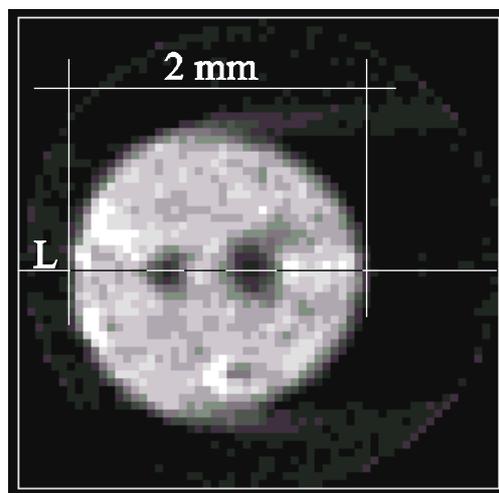


Figura 3 - Tomografia de "phantom" de resina epoxy com diâmetro externo de 2mm e orifícios de $200\mu\text{m}$ e $300\mu\text{m}$. Utilizou-se colimação de $100\mu\text{m}$.

PA/1, CNPDIA, set/96, p.4

Na Figura 3 pode ser vista uma imagem mostrando detalhes em escala abaixo da milimétrica. A amostra é um cilindro de 2mm de diâmetro externo, feito de um compósito de resina epoxy com PbO₂ e contém dois orifícios, sendo o da esquerda de 200 μ m e o da direita de 300 μ m. Foi utilizada uma colimação de 100 μ m. Na Figura 4, mostra-se um gráfico das unidades tomográficas em função da posição no interior da amostra da Figura 3, ao longo do caminho L. Essas unidades tomográficas guardam uma correlação com os coeficientes de atenuação em cada ponto da imagem. Essa correlação pode ser determinada através da calibração do tomógrafo. As áreas mais escuras correspondem ao ar e, no gráfico, são representadas pelas regiões com números de unidades tomográficas mais baixas. Cada traço, na abcissa desse gráfico, representa um deslocamento de um passo linear, que, para essa tomografia, foi de 50 μ m. Pode-se determinar, portanto, o tamanho de cada orifício. Nota-se uma boa aproximação dos valores reais

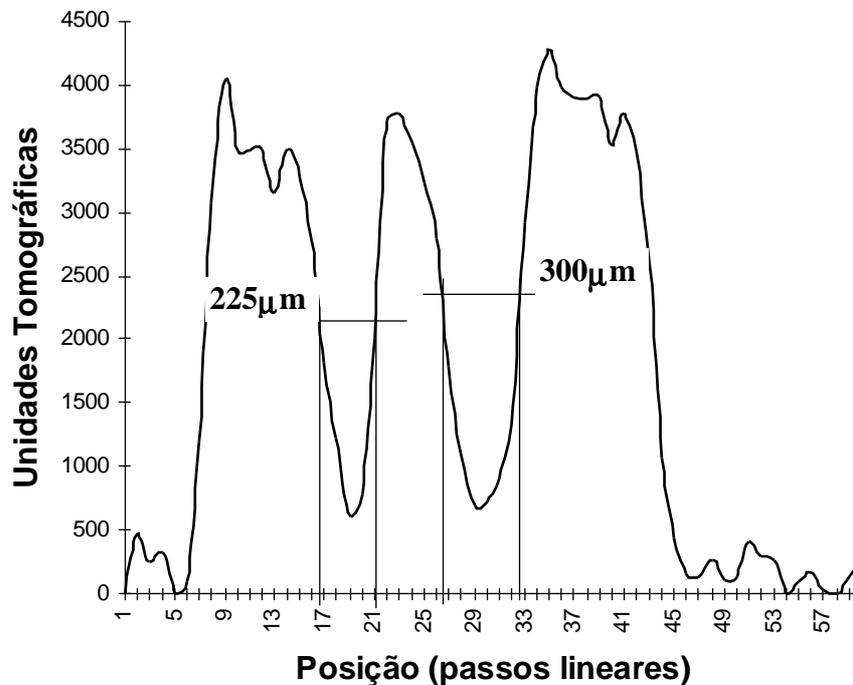


Figura 4 - Variação das unidades tomográficas, ao longo do caminho L da tomografia da Figura 3.

Outro resultado pode ser visto na Figura 5, onde se apresenta uma imagem tomográfica de uma amostra de latossolo vermelho, composta de macroagregados. Esses agregados foram obtidos passando-se uma amostra de solo umedecida por uma peneira de 2mm de malha. Os tamanhos dos aglomerados variam de 1 a 2 mm, medidos em peneiras de malhas com tais dimensões. A colimação utilizada foi de 100 μ m.

O tomógrafo micrométrico, além da análise de solos e da interação entre estes e as raízes de plantas, poderá ser uma ferramenta útil a diversas áreas que necessitem investigar o interior de amostras de maneira não-invasiva.

PA/1, CNPDIA, set/96, p.5

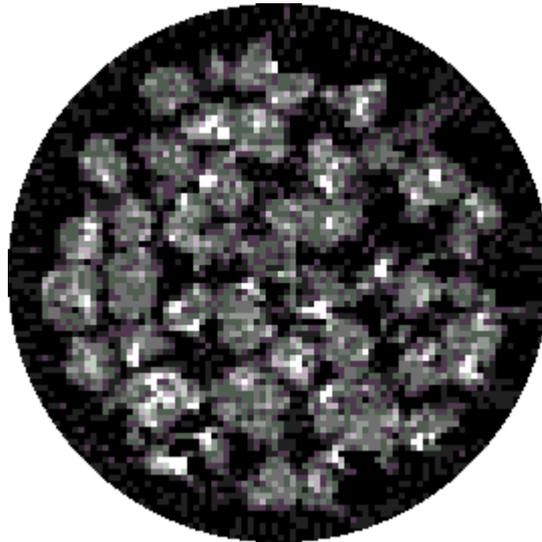


Figura 5 - Tomografia da amostra de latossolo vermelho, composta de aglomerados de argila, com tamanhos de 1 a 2 mm. Foi utilizada uma colimação de 100 μ m.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPOLONI, C.R.; CESÁREO, R. **Microscanning and microtomography with X-ray tubes**. Università Degli Studi di Roma "La Sapienza" - Centro Interdipartimentale de Ricerca per L'Análise dei Modelli e Dell'Informazione nei Sistemi Biomedici, Roma/IT, 83p., 1994.
- ASSIS, J.T. **Microtomografia utilizando tubo de raios X**. Rio de Janeiro /RJ, UFRJ/ COPPE, 1992 (Tese)
- CESAREO, R.; GIANNINI, M.; MASCARENHAS, S.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; CASTELLANO, A.; ASSIS, J. T. X-ray tomography. Trabalho apresentado no International Congress on Techniche Tomografiche per l'Industria e la Medicina, Bologna-IT, Università degli Studi di Bologna, ott.1991.
- CRESTANA, S. Técnicas recentes de determinação de características do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, **Resumos...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p86-97, 1994.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E. Tomografia: do hospital à lavoura. **Ciência Hoje**, v.21 (121), p.20-24.
- CRESTANA, S.; NIELSEN, D. Investigações não destrutivas de sistemas porosos multifásicos, através de microtomografia de raios X, gama e ressonância magnética nuclear (RMN). In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, 18, Nova Friburgo-RJ, out. 1990. **Anais...**; Nova Friburgo: Colégio Anchieta, 1990. v.2, p.699-710.
- CRUVINEL, P.E.; CESAREO, R.; CRESTANA, S.; MASCARENHAS, S. X-ray and gamma-ray computerized scanner for soil science. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements**, New York, v.39, n.5, p.745-750, Oct. 1990.