

PROMOÇÃO  
**Sociedade Brasileira de  
 Ciência do Solo**

REALIZAÇÃO  
**Universidade Federal  
 do Ceará**

**CNPq**  
 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**CAFEA**

**FAPESP**

**UNICAMP**

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
 Secretaria de Estado, Planejamento e Gestão de Políticas Públicas  
 Secretaria de Administração e Recursos Humanos

**Ertica**  
 Aprendizagem Total

**UNICAMP**

**UNICAMP**

**agrisus**  
 PARANÁ 2008  
 PARANÁ 2008

**Banco do Nordeste**  
 Banco de Desenvolvimento

**CONFEA** **CREA-CE**

**VARA**

**FUNCEME**

**IPNI**  
 PLANT NUTRITION  
 SERVICE

Ministério da  
 Ciência e Tecnologia

Ministério da  
 Agricultura, Pecuária  
 e Abastecimento

**BRASIL**  
 U.M. PAÍS DE TODOS  
 GOVERNO FEDERAL

ORGANIZAÇÃO  
**WONE**  
 CONSULTING

AGÊNCIA OFICIAL  
**Novo Horizonte**

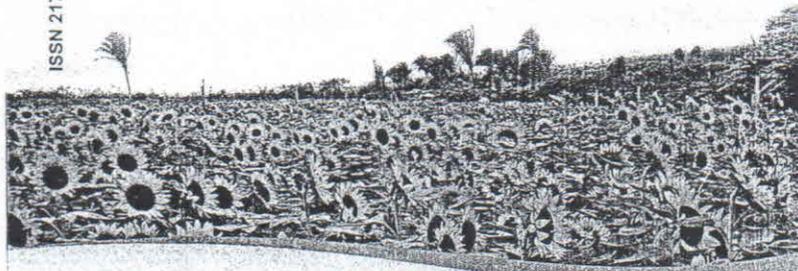
Fabricado por Wave Media - www.wavemedia.com.br

**XXXII CONGRESSO  
 BRASILEIRO  
 DE CIÊNCIA DO SOLO**



**O SOLO E A PRODUÇÃO  
 DE BIOENERGIA:  
 PERSPECTIVAS E DESAFIOS**  
 2 a 7 de agosto de 2009  
 Fortaleza-CE

ISSN 2175-313X



Promoção:



**Sociedade Brasileira de  
 Ciência do Solo**

Realização:



**Universidade Federal  
 do Ceará**



# Otimização de Parâmetros para Aquisição de Imagens Tomográficas de Amostras de Solo

PAULO RENATO ORLANDI LASSO<sup>(1)</sup>, CARLOS MANOEL PEDRO VAZ<sup>(2)</sup> & OSNY OLIVEIRA SANTOS BACCHI<sup>(3)</sup>

**RESUMO** – A tomografia computadorizada tem se mostrado uma poderosa ferramenta para análise não destrutiva do solo, permitindo a visualização de sua estrutura interna (organização dos agregados, poros, canais, presença de raízes, sementes, insetos, etc.). Além disso, permite a medida de atributos físicos do solo como a densidade, umidade e porosidade. Neste trabalho é mostrado um estudo sobre os efeitos dos diversos parâmetros que devem ser ajustados no equipamento para a aquisição das imagens tomográficas de solo, sobre o tempo necessário à cada aquisição bem como sobre a qualidade das imagens obtidas. Adotaram-se como indicadores de qualidade a clareza visual das imagens e a definição dos picos do histograma de coeficientes de atenuação. A partir dos resultados, é possível concluir que qualidades melhores são obtidas em aquisições com rotações de 360°, com a utilização de filtros de alumínio ou alumínio + cobre e que a qualidade melhora com o aumento do número de quadros (*frames*) utilizados para média até o limite de 15 quadros. Entretanto, concluiu-se também que medidas para melhorar a qualidade das imagens acarretam, em geral, maiores tempos de duração das aquisições.

**Palavras-Chave:** (solos; imagens; tomografia, raios X)

## Introdução

A tomografia computadorizada de raios-X é uma técnica que permite a visualização de seções transversais e a medida de parâmetros morfológicos do interior de materiais sem destruí-los. É também uma técnica de caracterização e medida de atributos físicos de amostras de diferentes materiais. O princípio de funcionamento do microtomógrafo de raios-X baseia-se na propriedade dos materiais absorverem esta radiação de forma diferenciada dependendo de sua composição química e densidade.

A tomografia computadorizada de raios-X foi primeiramente introduzida na área de diagnóstico médico onde foi bastante difundida, causando grande impacto na qualidade dos diagnósticos chegando ao

ponto de seus idealizadores serem agraciados com o Prêmio Nobel de Medicina em 1979.

Particularmente na área de ciência do solo, houve grande avanço na utilização da tomografia computadorizada para o estudo de processos de infiltração de água no solo e de medida de outros atributos físicos como a densidade, umidade e porosidade. Esses trabalhos foram pioneiramente desenvolvidos na década de 80 por Petrovic et al. (1982) [1], Hainsworth e Aylmore (1983) [2] e Crestana et al. (1986) [3].

A qualidade das imagens tomográficas depende do adequado ajuste dos parâmetros de aquisição do equipamento como: o ângulo de rotação da amostra, o filtro selecionado para ajustar a banda de energias dos raios X e o número de quadros (*frames*) utilizados no processo de média a fim de melhorar a relação sinal / ruído das imagens.

Por outro lado, o tempo de aquisição das imagens é também afetado pelo conjunto de parâmetros selecionados. Este tempo é um fator importante, pois tem impacto direto na vida útil do tubo de raios X que é o componente mais caro do sistema.

Neste trabalho é realizado um estudo sobre os efeitos dos parâmetros: ângulo de rotação da amostra, filtro selecionado e o número de quadros (*frames*) utilizados sobre a qualidade das imagens obtidas e sobre o tempo de aquisição das imagens, buscando verificar os compromissos existentes entre eles visando sua otimização.

## Material e Métodos

As imagens tomográficas foram obtidas com o Microtomógrafo de Raios X modelo 1172 de fabricação da SkyScan instalado no Laboratório de Técnicas Nucleares da Embrapa Instrumentação Agropecuária na cidade de São Carlos – SP, seguindo as orientações de SkyScan (2005)[4] e Lasso et al. (2008) [5].

Como amostra foi utilizado um torrão de Nitossolo Vermelho eutroférico em forma cilíndrica com aproximadamente 2cm de diâmetro e 3cm de altura mostrado na Figura 1, já no suporte de amostras do microtomógrafo.

A tensão e corrente de trabalho do tubo de raios X são respectivamente 100kV e 100µA. Foram obtidas imagens com resolução de 8µm variando-se os seguintes parâmetros: 1) Ângulo de rotação (180° e 360°), 2) Filtro

<sup>(1)</sup> Doutorando do Departamento de Física do Solo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303, Campus da ESALQ, Piracicaba, SP, CEP 13400-970. E-mail: [lasso@cnpdia.embrapa.br](mailto:lasso@cnpdia.embrapa.br)

<sup>(2)</sup> Pesquisador Doutor da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos, SP, CEP 13561-206.

<sup>(3)</sup> Professor Doutor MS III do Departamento de Física do Solo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303, Campus da ESALQ, Piracicaba, SP, CEP 13400-970. Apoio financeiro: FINEP e EMBRAPA.

(sem filtro, filtro de alumínio e filtro de alumínio + cobre) e 3) Número de quadros (*frames*) para o processo de média (5, 10, 15 e 20 quadros).

Adotaram-se como indicadores de qualidade, a clareza visual das imagens e a definição dos picos no histograma de coeficientes de atenuação obtidos para cada imagem. Cada pico deste histograma está relacionado a um determinado tipo de material da amostra; assim, quanto mais definidos e separados são estes picos, melhor é a definição da imagem quanto aos diferentes materiais existentes na amostra.

### Resultados

Os tempos de duração das aquisições em função de cada parâmetro selecionado são mostrados na Tabela 1.

As imagens tomográficas e histogramas de coeficientes de atenuação obtidos com ângulos de rotação da amostra de 180° e 360° são mostrados na Figura 2.

As imagens tomográficas e histogramas de coeficientes de atenuação das seções transversais de número 62, 559 e 730 obtidas com os modos: sem filtro, filtro de alumínio e filtro de alumínio + cobre são mostradas na Figura 3.

As imagens tomográficas e histogramas de coeficientes de atenuação obtidos com 5, 10 15 e 20 quadros, bem como os gráficos da média dos coeficientes de atenuação e do seu desvio padrão em função do número de quadros são mostrados na Figura 4.

### Discussão

Na Figura 2 observa-se que a utilização do ângulo de rotação de 360° melhorou a definição da imagem e aumentou a separação entre os picos dos histogramas de coeficientes de atenuação, definindo-os melhor em relação ao uso do ângulo de rotação de 180°. Além disso, a utilização do ângulo de rotação de 360° praticamente dobrou o tempo de aquisição das imagens em relação ao uso do ângulo de rotação de 180°, conforme se observa na Tabela 1.

De acordo com os histogramas de coeficientes de atenuação mostrados na Figura 3, o filtro de alumínio (Al) é o que melhor separa e define os picos enquanto que a pior situação é quando não se usa filtro nenhum (No). Entretanto, as imagens obtidas com o filtro de alumínio + cobre (Al + Cu) são as que apresentaram melhor qualidade visual, com melhor contraste e melhor definição das bordas dos agregados. Segundo a Tabela 1, as aquisições com filtro de alumínio (Al) e sem uso de filtro (No) gastaram o mesmo tempo de 33 minutos, sendo praticamente 50% do tempo gasto pela aquisição com o filtro de alumínio + cobre (Al + Cu).

A Figura 4 mostra imagens obtidas com o número de quadros crescente (5, 10, 15 e 20 quadros). O histograma de coeficientes de atenuação para 5 quadros apresenta apenas um pico e desvio padrão alto. Entretanto, a medida que o número de quadros aumenta, o histograma começa a esboçar a existência de dois picos sobrepostos e o desvio padrão diminui, indicando melhoria na definição da imagem. A partir de 15 quadros pode-se considerar que não há mais ganhos, pois o desvio padrão fica constante.

Os dados da Tabela 1 mostram que o tempo das aquisições é diretamente proporcional ao número de quadros utilizados. Esta relação pode ser expressa pela Equação 1, com R<sup>2</sup> igual a 0,99.

$$t = 2,34 q + 5 \quad (1)$$

Onde *t* é o tempo das aquisições e *q* é o número de quadros (*frames*) utilizados no processo de médias.

### Conclusões

Com base nos resultados apresentados, é possível concluir que o melhor conjunto de parâmetros para fazer aquisição de imagens tomográficas de amostras de solos com o microtomógrafo SkyScan modelo 1172 é: ângulo de rotação da amostra de 360°, utilização de filtro de alumínio ou alumínio e cobre e uso de 15 quadros (*frames*) para o processo de média.

### Agradecimentos

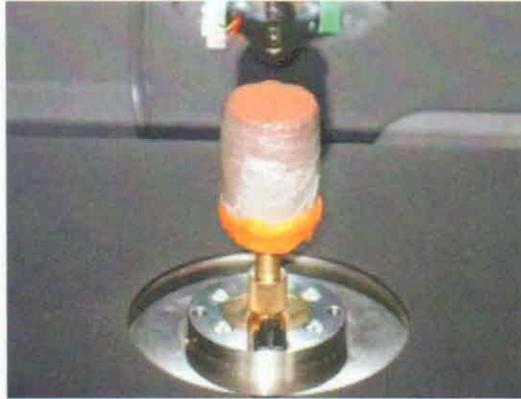
Os autores agradecem pelo apoio financeiro à FINEP (processo 01.06.0555.00) e à EMBRAPA.

### Referências

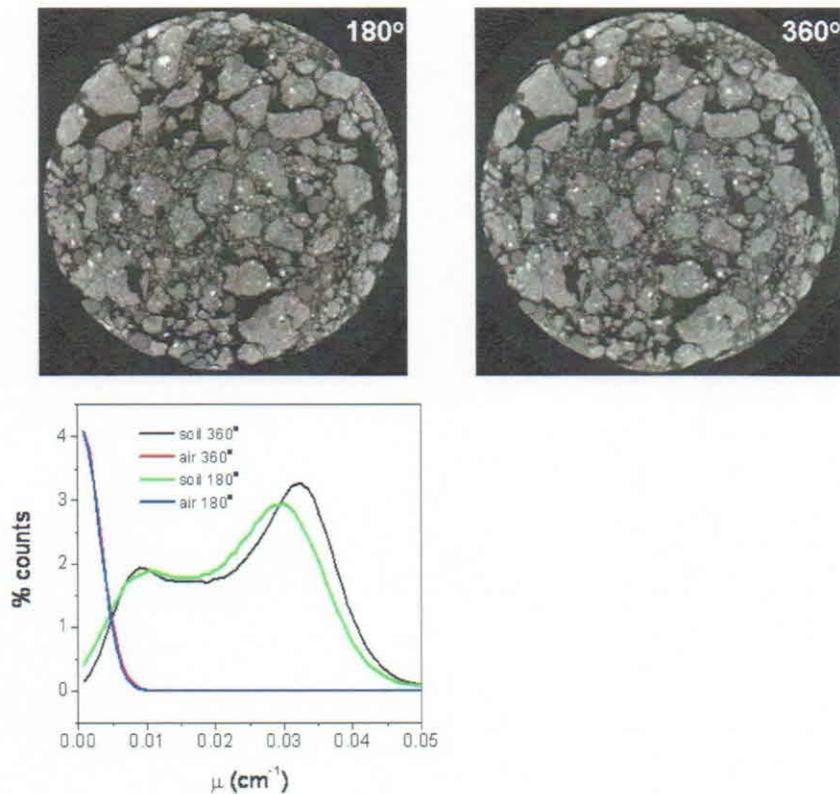
- [1] PETROVIC, A. M.; SIEBERT, J. E.; RIEKE, P. E. Soil bulk density in three dimensions by computed tomography scanning. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 46, p. 445-450, 1982.
- [2] HAINSWORTH, J. M.; AYLMOORE, L. A. G. The use of computer-assisted tomography to determine spatial distribution of soil water content. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 21, p. 435-440, 1983.
- [3] CRESTANA, S.; CESAREO, R.; MASCARENHAS, S. Using a computed miniscanner in soil science. *Soil Science*, Baltimore, v. 142, p. 56-61, 1986.
- [4] SKYSCAN. *Skyscan 1172: Desktop X-ray microtomograph: instruction manual*. Aartselaar, c2005. 54 p.
- [5] LASSO, P. R. O.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. de M. *Recomendações para utilização do microtomógrafo de raios-X Sky Scan 1172 em ciências agrárias e biológicas*. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 22 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 37).

**Tabela 1.** Tempos de duração das aquisições em função do ângulo de rotação da amostra, do tipo de filtro selecionado e do número de quadros utilizados para o processo de média.

Ângulo de rotação da amostra	Filtro selecionado	Número de quadros utilizados
180° → 33 min.	Sem filtro → 33 min.	5 quadros → 17 min.
360° → 62 min.	Alumínio → 33 min.	10 quadros → 28min.
	Alumínio. + cobre → 61 min.	15 quadros → 40 min.
		20 quadros → 52 min.



**Figura 1.** Amostra de Nitossolo Vermelho eutroférrico utilizada nos experimentos, já posicionada no porta amostras do microtomógrafo.



**Figura 2.** Imagens tomográficas e histogramas de coeficientes de atenuação obtidos com ângulos de rotação da amostra de 180° e 360°.

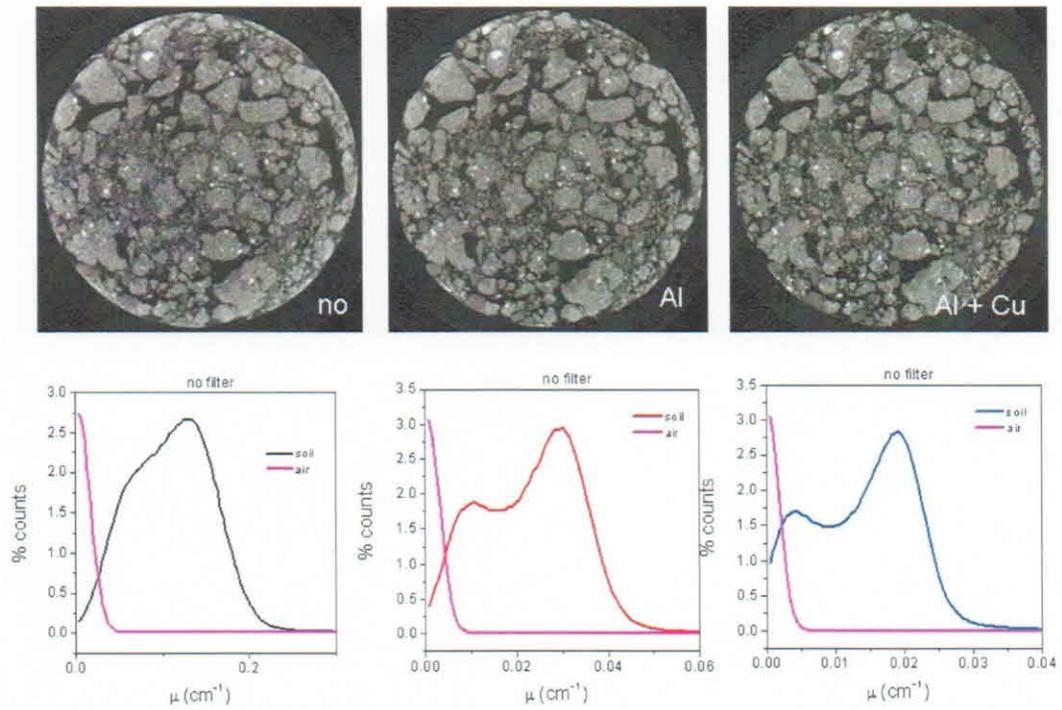


Figura 3. Imagens tomográficas e histogramas de coeficientes de atenuação obtidos com os modos: sem filtro, filtro de alumínio e filtro de alumínio + Cobre.

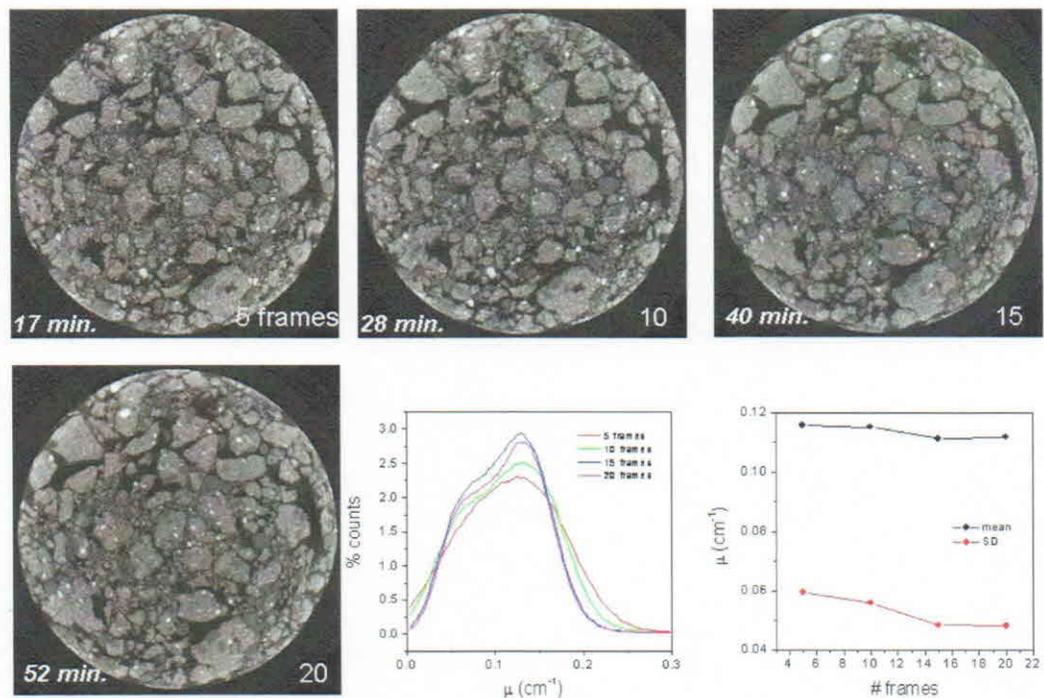


Figura 4. Imagens tomográficas e histogramas de atenuação obtidos com 5, 10 15 e 20 quadros, bem como os gráficos da média dos coeficientes de atenuação linear e do seu desvio padrão em função do número de quadros.