TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA ANÁLISE DE TAMANHOS REPRESENTATIVOS DE AMOSTRAS DE SOLOS

José Valdirino Gaspareto (PIBIC/CNPq/FA/UEPG), Jocenei Antonio Teodoro de Oliveira, Luiz Fernando Pires (Orientador), josevalderinog@gmail.com; jossato@gmail.com; lfpires@uepg.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Ciências Extas e Naturais.

Física: Física da Matéria Condensada

Palavras-chave: Volumes representativos, Imagens microtomográficas, Parâmetros morfológicos do solo.

Resumo

Este projeto de pesquisa teve como objetivo principal analisar os volumes elementares representativos (VER) de parâmetros físicos do solo. O meio poroso estudado foi submetido a dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional). As amostras de solo também foram submetidas a 0, 6 e 12 ciclos de umedecimento e secamento (U-S). Para a análise dos dados foram obtidas imagens tridimensionais (3D) por meio de tomografia computadorizada. As imagens 3D foram recortadas e analisadas via programas de análise de imagens. As propriedades físicas analisadas foram: porosidade, dimensão fractal, grau de anisotropia e conectividade dos poros. O critério de estabilização do VER foi alcançado quando subvolumes sucessivos não variavam mais do que 10% em relação ao subvolume adjacente medido. Os resultados mostram que as maiores amplitudes de flutuação dos parâmetros físicos estudados ocorreram para os menores subvolumes. Tais flutuações variam em função do manejo e também da aplicação de ciclos de U-S, não apresentando um comportamento padrão.

Introdução

O solo é um sistema complexo composto por partículas e poros com proporções relativas das três fases (sólida, líquida, gasosa) que dependem do clima, vegetação e manejo (REICHARDT; TIMM, 2004). A partir dessas características, se possibilita determinações de parâmetros físicos do solo tais como: porosidade, dimensão fractal, anisotropia e conectividade dos poros. Porém, se deve impor uma condição para obtenção de tais propriedades, ou seja, as amostras devem possuir um tamanho representativo. Isto implica que a propriedade medida necessita representar o todo. Quando isto ocorre obtém-se uma medida elementar representativa (MER) da propriedade física analisada.

Para a obtenção dos tamanhos representativos, técnicas que envolvem imagens obtidas por tomografia computadorizada (TC) são interessantes pela possibilidade de análise da estrutura do solo de forma não destrutiva. A partir desta técnica, é possível selecionar diferentes volumes de imagens permitindo o estudo da variabilidade das propriedades físicas de meios porosos de forma qualitativa e quantitativa (FERREIRA; BORGES; PIRES, 2015).

Este trabalho teve por objetivo a investigação e determinação dos volumes elementares representativos (VERs) de amostras de um Latossolo, submetido a distintos sistemas de manejo e ciclos de umedecimento e secamento (U-S).

ISSN 1676-0093

Propriedades físicas com a porosidade pela imagem, dimensão fractal, anisotropia e conectividade dos poros foram analisadas.

Material e Métodos

Amostras do solo

Amostras de um Latosolo Vermelho foram coletadas na camada superficial do solo (0-10 cm) para este estudo. Estas amostras foram obtidas na área experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), com as coordenadas geográficas (25° 06' S, 50° 10' O e 875 m acima do nível do mar). O solo foi submetido a dois sistemas diferentes de manejo (plantio direto – SPD e plantio convencional – SPC). As amostras foram ainda submetidas a 0, 6 e 12 ciclos de U-S. Um total de 18 amostras foram analisadas, sendo 9 amostras por manejo.

Análise dos dados

A seleção dos subvolumes nas imagens de TC, selecionados para analisar as MERs, foi realizada de forma centralizada, sem extrapolar o volume máximo (860^3 *voxels* ou 27271^3 mm³) selecionado. Todos os subvolumes analisados estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Relações dos VER selecionados e suas respectivas medidas.

Subvolume	V (mm³)	Subvolume	V (mm³)
1	27^3	6	5891^3
2	218^3	7	93307^3
3	736^3	8	13963^3
4	1745^3	9	19880^3
5	3409^3	10	27271^3

Os recortes dos subvolumes foram realizados por intermédio do programa *REVAux*. Mediante auxílio deste programa foi possível selecionar o número de fatias a serem recortadas, estabelecendo seus tamanhos em 3D, e adotando a fatia central como referência. O programa *ImageJ* foi utilizado nos procedimentos de análise das imagens. Nesses processos se avaliou a homogeneidade da estrutura do solo e também sua variabilidade espacial mediante medidas das seguintes propriedades físicas do solo: porosidade pela imagem, dimensão fractal, grau de anisotropia e conectividade dos poros.

Critérios para avaliação do VER

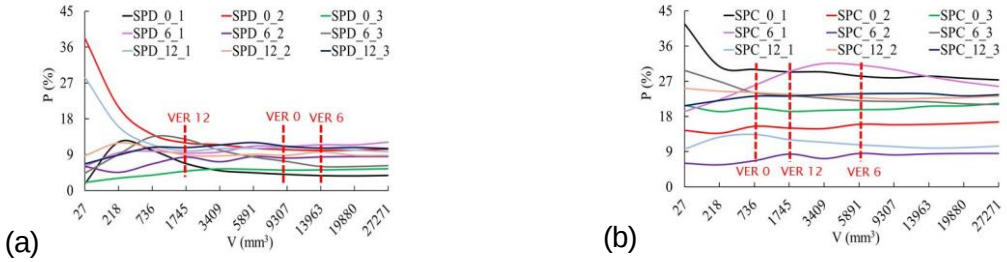
Usando o trabalho de VandenBygaart e Protz (1999), foram fixados os seguintes critérios para a definição do estabelecimento do VER: i. Desvio relativo (DR) do valor médio de uma determinada propriedade física entre o último e cada um dos demais subvolumes não superior a 10 %; ii. O mínimo de três subvolumes consecutivos não devem diferir entre si nos valores dos parâmetros físicos avaliados, utilizando o critério de variação do item i;

ISSN 1676-0093

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à porosidade pela imagem, dimensão fractal, anisotropia e conectividade dos poros são apresentados nas Figuras 1-4. Os índices 0, 6 e 12 mostrados nos gráficos indicam os ciclos de U-S ao passo que os índices 1, 2 e 3 representam o número de repetições das amostras analisadas em cada manejo.

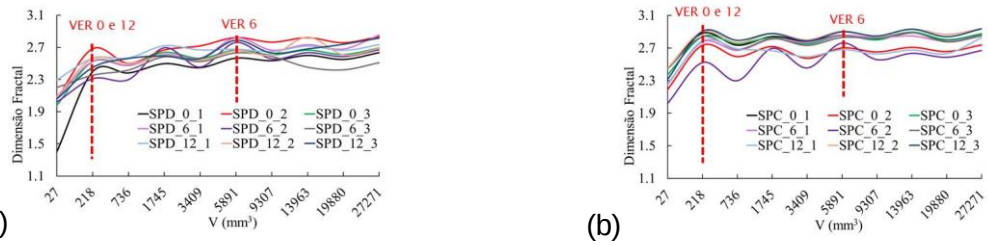
Figura 1 - Porosidade pela imagem (P) em função do subvolume (V) para os manejos SPD e SPC. O marcador (reta tracejada) indica o VER atingido.



(a) (b)

No caso do SPD (Figura 1a), os VERs foram alcançados nos subvolumes de 1745³mm³ para 12 ciclos, 9307³ mm³ para 0 ciclos e 13963³ mm³ em 6 ciclos. No SPC (Figura 1b), atingiu-se o VER nos ciclos 0,12 e 6 nos subvolumes 736³, 1745³ e 5891³ mm³, respectivamente. Esse resultado demonstra que este manejo apresentou tendência de homogeneizar a estrutura do solo no que se refere à P.

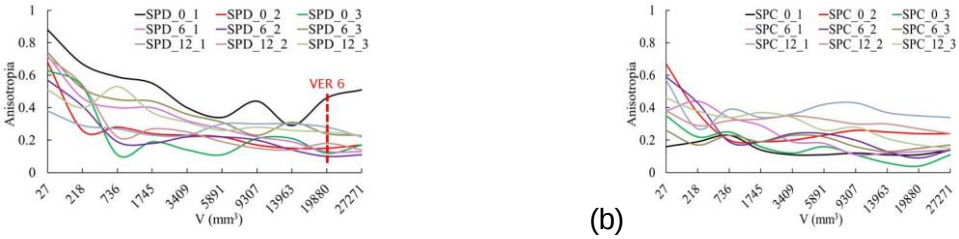
Figura 2 - Dimensão fractal (DF) em função do volume (V) para os manejos SPD e SPC. O marcador (reta tracejada) indica o VER atingido.



(a) (b)

Para a DF (Figura 2a e b), verifica-se que o subvolume 5891³ mm³ seria o menor VER para fornecer um valor confiável dessa propriedade. O volume 218³ mm³ estabiliza em 0 e 12 ciclos para ambos os manejos investigados. Analisando os resultados, verifica-se que ocorre um aumento da complexidade do sistema poroso com 6 ciclos de U-S, o qual é reduzido após 12.

Figura 3 - Anisotropia em função do volume (V) para os manejos SPD e SPC. O marcador (reta tracejada) indica o VER atingido.

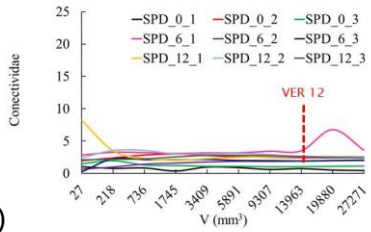


(a) (b)

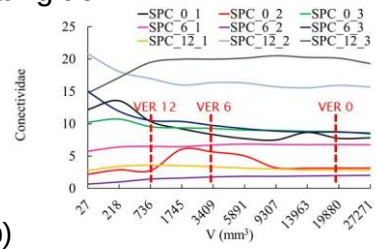
Em se tratando da anisotropia, o SPD (Figura 3a) alcançou o VER no subvolume 19880³ mm³ somente para as amostras submetidas a 6 ciclos de U-S. A

maior complexidade do solo sob plantio direto pode ser uma explicação para este resultado. No caso do SPC (Figura 3b), como houve rearranjo dos agregados isto pode ter afetado também a forma como os poros estão distribuídos em 3D.

Figura 4 – Conectividade dos poros em função do volume (V) para os manejos SPD e SPC. O marcador (reta tracejada) indica o VER atingido.



(a)



(b)

Para a conectividade dos poros, as amostras sob SPD (Figura 4a) alcançaram o VER no subvolume 13963³ mm³ somente para o tratamento 12 ciclos de U-S. No SPC (Figura 4b), o VER foi alcançado nos subvolumes 736³, 3409³mm³ e 19880³ mm³ quando submetidos a 6, 12 e 0 ciclos de U-S.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos todos os VERs foram definidos considerando o maior subvolume para o qual ocorreu estabilização das propriedades analisadas. Os resultados mostram não existir regularidade entre os manejos na definição do VER para todas as propriedades físicas analisadas. Isto demonstra o efeito dos manejos na estrutura do solo e que os mesmos podem afetar a definição de VERs. A maior variabilidade espacial foi observada para os menores subvolumes. Foi verificado também que os ciclos de U-S afetam as medidas do VER, de modo que o solo não pode ser considerado um meio poroso estático.

.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) e PQ (LFP), aos colegas do Grupo FASCA, ao Layon S. Onofre pelo desenvolvimento do software/programa para recortes das imagens utilizadas neste trabalho.

Referências

DOUBE, Michael et al. BoneJ: free and extensible bone image analysis in ImageJ. **BoneJ**, v. 47, n. 6, p. 1076-1079, 2010.

FERREIRA, T. R.; BORGES, J. A. R.; PIRES, L. F. Representative elementary área for soil bulk desity measurements of samples collected in volumetric rings by CT image analyses. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 74-84, set. 2015.

LAYON. S: **REVAux**. UEPG: Departamento de informática, 2015. Programa computacional; Java. Recorte de subvolume de imagens.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004.

VANDENBYGAART, A. J.; PROTZ, R. The representative elementary area (REA) in studies of quantitative soil micromorphology. **Geoderma**, v. 89, n. 3-4, p. 333-346, 1999.