

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS-X (μ TC) EM UM ANTROPOSSOLO ADICIONADO.

Ero Hermínio Crozera¹ Francisco Sérgio Bernardes Ladeira²

RESUMO

Em local onde outrora foi o cinturão meândrico do rio Tietê, na região Oeste da cidade de São Paulo, Estado de São Paulo, constituída por várzeas e terraços fluviais, foi edificado um loteamento industrial e este processo de urbanização necessitou de trabalhos de terraplanagem, com deposição de solos obtidos em caixas de empréstimo. Na área foi edificada uma fundição de aço e usinagem de peças metálicas. Foram realizadas as atividades de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória na área. Foi confirmado que o solo da área está contaminado pelos grupos contaminantes: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH) e Metais. O trabalho teve como objetivo contribuir para a classificação do Antropossolo Adicionado, obtidos por meio de amostras deformadas, via amostragem estática e percussiva (*direct push*). As amostras deformadas foram analisadas pela técnica de Microtomografia computadorizada de raios-X (μ TC) para fins de determinação de porosidade total. Foram efetuadas doze aquisições de imagem, das quais seis foram validadas e apresentaram variação de porosidade total de 0,7 a 29,7%. A técnica de μ TC permite a identificação de atributos físicos, tanto da zona não saturada como saturada de um solo classificado como Antropossolo Adicionado.

ABSTRACT

In the place where once was the belt meandrine Tietê river, in the western region of the city of São Paulo, State of São Paulo, consisting of plains and river terraces, was built a blend industrial and this urbanization process required earthworks, with deposition of soil obtained in boxes loan. In the area, was built a steel foundry and machining of metal parts. Activities were carried out Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation area. It was confirmed that the soil in the area is contaminated by contaminants groups: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Metals. The study aimed to contribute to the classification of Anthroposol Added obtained by means of deformed samples, sampling via static and percussive (*direct push*). Deformed samples were analyzed by X-ray computed microtomography (μ TC) for determining total porosity. There were twelve image acquisitions, six of which were validated and showed variation in porosity from 0.7 to 29.7%. μ TC technique allows identification of physical attributes of both the saturated and vadose zone soil classified as an Anthroposol added.

Palavras chave: Antropossolo, Microtomografia computadorizada de raios-x, Gerenciamento de áreas contaminadas.

¹ Departamento de Geografia – IGEO – UNICAMP (15) 3237.1506 - ero.hc@globo.com

² Departamento de Geografia – IGEO – UNICAMP (19) 3521-4570 - fsbladeira@ige.unicamp.br

1. INTRODUÇÃO

Em local onde outrora era área de várzea do cinturão meândrico do Rio Tietê, na zona Oeste da Cidade de São Paulo, bairro da Água Branca, foi edificado um loteamento industrial que para receber as edificações industriais recebeu obras de aterramento com solo (via caixa de empréstimo) e neste local foi fundada, em 1958 e continua ativa, uma unidade industrial para produção de peças metálicas automotivas fundidas e beneficiadas, via atividade de usinagem. Com o desenvolvimento do processo industrial, houve vazamentos de produtos da refinação de petróleo e disposição inadequada de resíduos industriais na área. Partes destes resíduos foram utilizadas como material de regularização do piso do pátio de manobras de caminhões. Esses dados foram utilizados para o preenchimento da Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas [1], bem como foram realizadas entrevistas com funcionários e as ações antrópicas puderam ser observadas pela utilização da série temporal de aerofotografias. Todas essas informações foram utilizadas para se desenvolver o modelo conceitual inicial de contaminação na etapa de Avaliação Preliminar [1] e um planejamento amostral. Neste cenário foi desenvolvida uma Investigação Confirmatória [1], que resultou na confirmação de que há contaminação do bem a proteger solo pelos grupos contaminantes; Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH) e Metais. Visando a criação de alternativas para com a utilização de novos métodos, equipamentos, gênese e classificação de um Antropossolo Adicionado, classificação esta proposta por [6], bem como inserir esta discussão no âmbito do Gerenciamento de Áreas Contaminadas e seus Procedimentos [4], na possível atualização dos Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas para o Estado de São Paulo [2] e [3], ou em nível nacional via Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA de Nº 420 de 2009, foi decidida a utilização da técnica de Microtomografia Computadorizada de Raios-X (μ TC), por esta possibilitar o imaginamento, o cálculo de porosidade em amostras de solo, tanto da zona não saturada como saturada do solo.

2. PROCEDIMENTOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Microtomografia Computadorizada (μ TC) é uma técnica que permite a obtenção de imagens de alta resolução (na escala micrométrica) de seções transversais de um objeto, de forma não destrutiva. O princípio de funcionamento do microtomógrafo de raios-X, baseia-se na propriedade que os materiais possuem para absorver esta radiação, de

forma diferenciada, dependendo de sua composição química e densidade, como afirma [7]. Para se obter as amostras de solo, foi utilizada a técnica de cravação contínua (*direct push*), com equipamento da marca Geoprobe®, modelo 6620DT com *liner* de PVC descartável de dimensões: diâmetro de 0,44 m e comprimento de 1,16 m e o tipo de amostragem foi a direcionada [1], na parte frontal do centro consolidador de fluídos industriais da região de interesse. Foram realizadas duas sondagens, desde a superfície do piso até 4,50 m de profundidade. As amostras de solo foram obtidas diretamente de cortes nos *liners* plásticos com altura de 0,05 m, fora das “zonas de transição” identificadas pela mudança de cor no perfil amostrado e foram secas no ar ambiente. As aquisições e reconstruções tomográficas, foram realizadas na unidade da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP. A metodologia utilizada é descrita por [7] e o equipamento que realizou a aquisição das imagens foi o sistema de microtomografia de raios-X, marca SKYSCAN®, modelo 1172, para a visualização das imagens utilizou-se o *software Data Viewer*, versão 1.3.2 e o processamento das imagens foi realizado pelo programa *CT Analyser*, versão 1.6.1. As reconstruções das projeções foram executadas pelo *software* NRecon, em sua versão 1.4.4. Já as porosidades totais das amostras, foram calculadas pelo *software* CTAN e os modelos tridimensionais pelo CTVol. Todos estes *softwares* foram desenvolvidos pela SkySCAN®. Foram efetuadas doze aquisições de imagens, das quais seis foram validadas e estas apresentaram variação de porosidade total de 0,7 a 29,7%. A figura 1. demonstra a aquisição de uma imagem tomográfica utilizando-se o *Data Viewer*, uma tabela com os valores das porosidades totais obtidas e para a amostra de código SD 02 350-355b, onde foi observada a maior porosidade (29,7 %), seu modelo tridimensional.

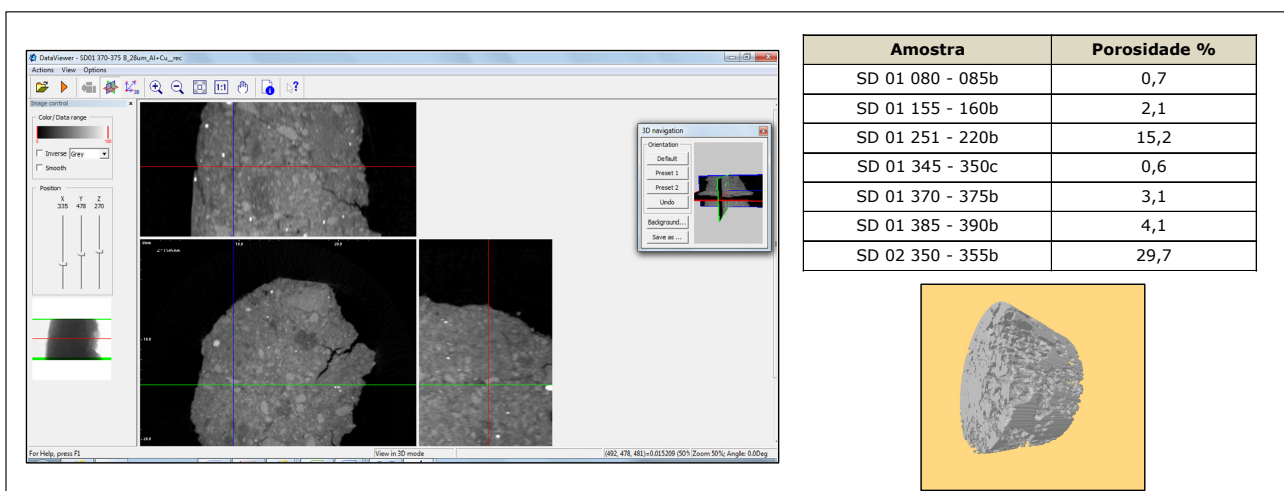


Figura 1. Aquisição, porosidades e modelo tridimensional.

3. CONCLUSÃO

A técnica de μ TC permite a identificação de atributos físicos, tanto da zona não saturada como saturada de um solo classificado como Antropossolo Adicionado, onde foi disposto em sua superfície, cavacos metálicos, areias de fundição, lodos de despoirador, escórias, resíduos de construção e foi altamente compactado pela utilização de máquinas e equipamentos, para fins de pavimentação. Estas ações antropogênicas, condizem com as que foram observadas por [5] para classificar um antropossolo. Os valores obtidos de porosidade total são condizentes à técnica amostral do tipo deformada que foi utilizada e aos métodos de disposição e de compactação a que os resíduos industriais foram submetidos na área em estudo. Sendo uma técnica não destrutiva, permitiu o entendimento e visualização das consequências das ações antropogênicas em relação aos atributos físicos do solo, em especial quanto à porosidade, tanto nas amostras da zona não saturada como da saturada, com ou sem a presença de contaminantes (adsorvidos ou em fase livre) e foi possível desenvolver modelos tridimensionais, para todas as amostras, que permitiram a observação de suas cavidades e interconexões internas. Permitiu também, por meio da atenuação dos raios-x, visualizar a presença de materiais antrópicos no perfil do solo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. São Paulo, SP. 1999.
- [2] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB. 2001. 73p.
- [3] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Decisão de diretoria nº 195-2005-E de 23/11/2005**. São Paulo, SP. 2005.
- [4] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Decisão de diretoria nº 103/2007/C/E de 22/06/2007**. São Paulo, SP. 2007.
- [5] CURCIO, G.; LIMA, V.; GIAROLA, N. **Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.
- [6] INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC. **Projeto Anhumas**. Campinas, IAC. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas/projetos.htm>. Acesso em 08/08/11. 2006.
- [7] 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: EMBRAPA. 2008.