

SOLOS TROPICAIS, CEMITÉRIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.

Yadyr Augusto Figueiredo Filho¹, Alberto Pacheco² e Sidneide Manfredini³

RESUMO

Independente da situação de implantação e operação dos cemitérios verifica-se que os solos poderão acelerar ou retardar os processos transformativos destrutivos, de acordo com sua composição, estrutura, profundidade e gênese e, cabe dizer, que os solos não vulneráveis são importantes impeditivos à contaminação do aquífero, mas, quando vulneráveis, são veículos de contaminação e de risco à saúde pública.

A partir do estudo das características dos solos tropicais brasileiros e dos fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos, foram estabelecidos os parâmetros impeditivos ou retardadores dos mesmos, que interferem nas características biológicas, químicas ou mecânicas adequadas para a ocorrência dos processos, como também foram estabelecidas as principais conseqüências da implantação de cemitérios em solos que apresentem aqueles parâmetros.

Com base nesses parâmetros foi elaborada a "Tabela de Restrições Pedológicas" à implantação de cemitérios, onde foram relacionados os diversos tipos de solos (de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Embrapa, 1999) e as características que os tornam modificadores dos processos transformativos destrutivos. A tabela relaciona solos, tipos de restrição, conseqüências e classifica as restrições de acordo com o seu grau de restrição: altamente restritivo, de restrição média ou de baixa restrição.

ABSTRACT

Regardless of the situation of implementation and operation of cemeteries there is soil that may accelerate or retard the destructive transformative processes, according to its composition, structure, depth and genesis, and it should be said, that the soils are important impediments not vulnerable to contamination groundwater, but when vulnerable, are vehicles of contamination and risk to public health.

From the study of the characteristics of Brazilian tropical soils and the conditioning factors of destructive transformative processes by setting out the parameters of these impediments and retardants, which interfere with the biological, chemical or mechanical processes for the its occurrence, but also were established main consequences of the deployment of cemeteries in soils that have those parameters.

Based on these parameters was developed "Constraints soil Table" to the establishment of cemeteries, which were related to various soil types (according to the Brazilian System of Soil Classification - Embrapa, 1999) and the characteristics that make them modifiers transformative destructive processes. The table lists soil types, restriction, restrictions, and ranks the consequences according to their degree of restriction: highly restrictive, barring medium or low restriction.

PALAVRAS-CHAVE

Solos tropicais, cemitérios, águas subterrâneas.

¹ Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-000, Brasil. (yadyr.filho@usp.br)

² Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-080, Brasil. (apacheco@usp.br)

³ Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-000, Brasil. (sidmanfredini@usp.br)

1- INTRODUÇÃO

Segundo Pacheco (1986), o processo de putrefação é composto por duas fases principais: a gasosa, que dura de 1 a 4 semanas, quando os gases internos, responsáveis pelo arrebentamento do cadáver emanam para a atmosfera e o necrochorume se infiltra no solo (cerca de 7 a 8 litros), e a coliquativa, que leva cerca de 2 a 8 anos, e tem lugar a dissolução pútrida

Silva et all. (2006), ressalta que *“tanto o necrochorume quanto os microorganismos provenientes da decomposição podem contaminar o solo, as águas subterrâneas e toda a população que vier a consumir esta água. Os microorganismos podem se propagar num raio superior a 400 metros além cemitério e são responsáveis por doenças de veiculação hídrica (...) O necrochorume ao se infiltrar no solo, carrega consigo vírus e patógenos variados dos quais o cadáver, em vida, era portador, bem como substâncias químicas a até radioativas residuais dos tratamentos a que foi submetido. Carrega também, substâncias tóxicas oriundas das vestes, objetos e urna funerária, como metais pesado, resinas sintéticas e etc.”*

A disposição de cadáveres diretamente no solo acarreta, portanto, consideráveis riscos ambientais e à saúde pública. No Brasil, somente em 2003, através da Resolução CONAMA 335, foram definidas normas técnicas para o sepultamento, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais.

Dentre as normas técnicas definidas pelo CONAMA, nenhuma referência é feita sobre a avaliação das características do solo, que podem afetar o processo de putrefação dos cadáveres, a propagação de patógenos ou dispersão dos poluentes, dela decorrentes

Alguns solos, em função da morfologia apresentada, podem se constituir em importante impeditivo à contaminação dos aquíferos, outros podem facilitar a percolação dos líquidos provenientes da decomposição dos corpos sepultados.

MELLO (MELLO et al, 2008) verificaram que o processo de esterilização em autoclave de amostras de latossolo, não foi capaz de eliminar as formas esporuladas de microorganismos ali presentes. Segundo as autoras, a estrutura micro-agregada, característica dos latossolos, pode ter concorrido para proteger estas formas resistentes.

SPONBERG e BECKS (2000) indicam a relevância dos solos também, como armazenadores de contaminantes derivados de caixões e outros objetos como metais pesados, elementos altamente tóxicos e até mesmo elementos radioativos.

Procurou-se, no presente trabalho, correlacionar as características morfológicas das unidades de solos mais representativas nas regiões tropicais, com a eficácia dos processos transformativos destrutivos por elas condicionados.

2- PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ADOTADOS

2.1- Fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos.

Foram estabelecidos como principais fatores condicionantes, aqueles que estabelecem condições adequadas para a existência e proliferação dos organismos decompositores (bactérias e fungos), agentes principais na decomposição dos corpos (em suas diversas etapas). Por outro lado, a capacidade de troca catiônica e aniônica do solo, além de definir as condições de sobrevivência dos microorganismos, estabelece as condições de retenção dos contaminantes.

Ambientes muito quentes, áridos ou desérticos, muito frios, muito úmidos ou alagados, são reconhecidos como ambientes retardadores ou impeditivos dos processos, do mesmo modo, solos com pH muito alterado (muito ácidos ou excessivamente básicos), solos que receberam grande carga química (como agrotóxicos, corretivos ou adubação, natural ou química), solos laterizados, solos erodíveis, influenciarão de maneira diferente tanto os processos destrutivos como a longevidade do local dos sepultamentos. De forma geral, os solos tornam-se mais importantes na medida em que as condições de sepultamento são inadequadas e os fatores geológicos e hidrogeológicos não são considerados, colocando a condição pedológica como fator principal

tanto para a diminuição dos impactos ambientais, que certamente poderão ocorrer, como para o condicionamento adequado para a ocorrência dos processos destrutivos.

Para que se possa estabelecer corretamente os tipos de solos mais adequados para a instalação dos cemitérios ou da ocorrência otimizada dos processos destrutivos, estabelecer-se-á, a priori, as condições que podem afetar a efetivação dos processos transformativos destrutivos:

- a) Quanto mais próximo da superfície mais rápida se dará a decomposição dos corpos, pois permite uma maior atividade microbiana aeróbia participante do processo. Solos com boa permeabilidade permitem o melhor fluxo de fluídos.
- b) Sepultamentos por entumescimento retardam os processos destrutivos e devem prever ventilação para a saída dos gases fúnebres. Torna-se importante a característica do solo no que diz respeito à depuração dos gases que emanarão do corpo em decomposição.
- c) A falta de umidade gera a mumificação dos corpos e seu excesso e/ou a submersão dos corpos leva ao processo de saponificação. A questão climática associada à capacidade de retenção de água e calor pelo solo é importante fator de influência.
- d) Corpos sepultados em manto de alteração de rochas calcárias, podem estar sujeitos a uma fossilização incipiente, devido a troca de sódio e potássio por cálcio (histometabose).

3- TIPOS DE SOLO E RESTRIÇÕES PARA INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO

Porosidade e permeabilidade, composição mineralógica e propriedades mecânicas são os fatores que devem ser avaliados. No que diz respeito à porosidade e permeabilidade, mais importante e abrangente é o conhecimento da capacidade do solo de armazenamento de água. Para isso, uma avaliação mais precisa e acertada deverá levar em consideração alguns outros parâmetros, sendo um dos mais importantes a "Capacidade de Campo".

Relacionando-se a capacidade de campo com os variados tipos de solos poder-se-á estabelecer uma tabela geral onde o grau de utilização de um determinado tipo de solo para a instalação de cemitérios se faz claro.

Dessa forma, a partir do estudo das características dos solos tropicais brasileiros e dos fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos, foram estabelecidos os parâmetros impeditivos ou retardadores dos mesmos, que interferem nas condições biológicas, químicas ou mecânicas adequadas para a ocorrência dos processos:

- | | |
|----------------------------|--|
| a- Capacidade de campo; | e- Dinâmica física e/ou composição; |
| b- Substituição catiônica; | f- Erodibilidade; |
| c- Permeabilidade; | g- Profundidade até o embasamento rochoso. |
| d- Temperaturas extremas; | |

3.1- Principais conseqüências

A partir do contexto formado pelo sepultamento de um corpo em solo que apresente um dos determinados parâmetros impeditivos ou retardadores dos processos destrutivos, ter-se-á uma ou mais conseqüências que poderão afetar a efetivação do processo, a estrutura do local do sepultamento e, na maioria dos casos, impactos ambientais e à saúde pública.

As principais conseqüências da implantação de cemitérios em solos que apresentem os parâmetros impeditivos ou retardadores relacionados anteriormente são:

- | | |
|--|--|
| 1- Mumificação; | 5- Impedimento da depuração dos gases fúnebres; |
| 2- Saponificação; | 6- Impedimento ao sepultamento no solo ou ao aprofundamento da cova; |
| 3- Fossilização incipiente; | 7- Alto risco de impacto no aquífero; |
| 4- Retardamento excessivo do processo transformativo destrutivo; | 8- Risco de ocorrência de subsidência. |

4- A TABELA DE RESTRIÇÕES PEDOLÓGICAS

Com base nesses parâmetros elaborou-se a “Tabela de Restrições Pedológicas” (Tabela 1) à implantação de cemitérios, onde se relaciona os diversos tipos de solos (de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Embrapa, 2006) e as características que os tornam modificadores dos processos transformativos destruidores.

Tabela 1- TABELA DE RESTRIÇÕES PEDOLÓGICAS

Tipo de solo	grau de restrição			tipo de restrição							consequência							
	baixo	médio	alto	a	b	c	d	e	f	g	1	2	3	4	5	6	7	8
ARGISSOLOS						2												
ARGISSOLOS espessarênicos																		
CAMBISSOLOS (3)																		
CAMBISSOLOS (4)																		
CAMBISSOLOS (5)																		
CHERNOSSOLOS (6)																		
CHERNOSSOLOS (5)																		
GLEISSOLOS (3)																		
GLEISSOLOS (4)																		
GLEISSOLOS (6)																		
LATOSSOLOS AMARELOS Coesos																		
LATOSSOLOS (7)																		
LUVISSOLOS (4)																		
LUVISSOLOS (5)																		
LUVISSOLOS (6)																		
NEOSSOLOS																		
NITOSSOLOS (húmicos)																		
NITOSSOLOS (5)																		
ORGANOSSOLOS																		
PLANOSSOLOS (6)																		
PLANOSSOLOS (8)																		
PLINTOSSOLOS																		
VERTISSOLOS																		

Autor: FIGUEIREDO FILHO, 2008

- (1) em relação à base geológica (ex: rocha fissuradas)
 (2) em relação à depuração de gases
 (3) em planícies aluviais ou muito próximos da zona saturada
 (4) sódicos e salinos
 (5) líticos e lépticos
 (6) Carbonáticos vérticos e outros com elevados teores de cálcio
 (7) de textura franco-arenosa
 (8) NÁTRICOS vérticos

- a capacidade de campo
 b substituição catiônica
 c permeabilidade (1) (2)
 d temperaturas extremas
 e dinâmica física e/ou composição
 f erosinabilidade
 g profundidade até o embasamento rochoso

- 1 Mumificação
 2 saponificação
 3 fossilização incipiente
 4 retardamento excessivo do processo
 5 impedimento da depuração de gases fúnebres
 6 impedimento ao sepultamento no solo
 7 alto risco de impacto no aquífero
 8 risco de subsidência

A tabela relaciona solos, tipos de restrição, conseqüências e classifica as restrições em graus que vão do altamente restritivo, de restrição média ou de baixa restrição.

Os solos que apresentam grau alto de restrição, preferencialmente, não devem ser utilizados para implantação de cemitérios. Já os solos que apresentam grau médio ou baixo podem ser utilizados a partir do momento que se consiga “corrigir” ou “retirar” a restrição existente.

Como exemplo, pode-se citar o fato de implantação de cemitérios em solos sódicos ou salinos, que, dependendo da concentração desses elementos no solo, podem não interferir significativamente nos processos transformativos destrutivos, ou o caso dos LATOSSOLOS de textura franco-arenosa que dependerá da verificação da profundidade do aquífero e da permeabilidade do solo.

Conclusões

De maneira geral, a tabela fornece orientação importante na escolha do local para implantação dos cemitérios, para uma possível avaliação preliminar do risco de impacto ou para justificar uma avaliação confirmatória de Área Suspeita de Contaminação.

Tomando-se como referência a possibilidade de infiltração de contaminantes pelo solo e a potencialidade contaminadora dos cemitérios, de maneira geral, todos os solos apresentam risco à implantação das necrópoles humanas, não havendo, portanto, nenhum solo sem restrições.

Será então, de fato, o levantamento das características geotécnicas (incluindo a caracterização pedológica) que determinará se há ou não o risco potencial de contaminação dos solos e das águas subterrâneas, com conseqüente dano à saúde pública.

Bibliografia

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para assuntos jurídicos da Casa Civil: LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 — **POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>

BRASIL, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA. Disponível em : <http://www.ambiente.sp.gov.br>

COSTA, J.V. Botelho da. **Caracterização e Constituição do Solo**. Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

MELLO, G.S.L MORITA, D.M., MANFREDINI, S., **Avaliação da Aplicabilidade da Norma Brasileira NBR 14283/94 para a Determinação da Biodegradação de Compostos Orgânicos em Solos Tropicais**. XXXI Congresso Interamericano AIDIS, Santiago-Chile, 2008. Disponível em CD room.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba; FEALQ,2005.

PACHECO, A. **Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento**. Revista do Sistema de Planejamento e da Administração Metropolitana. São Paulo, p.25-37. 1986.

SILVA, V.T.da, CRISPIM, J.Q., GOSH, P., KUERTEN, S.,MORAES, A.C.da S., OLIVEIRA, M.A., SOUZA, I.A.,ROCHA, J.A.. **Um olhar sobre as necrópoles e seus impactos ambientais**. III Encontro da ANPPAS. Brasília-DF, 2006.

SPONGBERG, Alison L. e BECKS, Paul M.. **Inorganic Soil Contamination From Cemetery Leachate**. In Water, Air and Soil Pollution 117: 313-327, 2000. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.