

INDICADORES DE QUALIDADE QUÍMICA, FÍSICA E BIOLÓGICA DE SOLOS COMO CRITÉRIOS DE ESCOLHA PARA A LOCALIZAÇÃO DE CEMITÉRIOS

LEYSER RODRIGUES OLIVEIRA¹, ELDER LASMAR GONTIJO²; MAGNO JOSÉ ALVES³,
PAULO RICARDO FRADE⁴, HUMBERTO DE PAULA CUNHA⁵

RESUMO

A decomposição dos corpos humanos em cemitérios pode alterar a qualidade do solo e das águas subterrâneas, trazendo riscos ao meio ambiente. Diversas substâncias tóxicas e organismos patogênicos podem persistir no ambiente, principalmente nos solos de textura arenosa, o que aumenta a responsabilidade pela escolha de um local correto para deposição de corpos humanos. Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os parâmetros químicos e físicos dos solos de dois cemitérios localizados em Formiga-MG, assim como verificar a influência da profundidade do solo na DBO e DQO (parâmetros biológicos), correlacionando estes dados com a textura. Utilizaram-se os métodos oficiais de análise química propostos por Silva (1999) para o pH, condutividade elétrica e teor de matéria orgânica; análise textural, conforme descrito em Gee & Bauder (1986) e; por fim, a metodologia adaptada da CETESB (2001), para a quantificação da DQO e DBO. Os resultados encontrados evidenciaram que o comportamento distinto para os parâmetros analisados; entretanto, a fração argila obteve correlações significativas com o pH, a DQO, a condutividade elétrica e o teor de matéria orgânica, independentemente do tipo de solo de cemitério. Os valores encontrados para a DBO diminuíram conforme aumentou a profundidade, enquanto a DQO aumentou, o que indica a ação de diferentes mecanismos atuando nesses processos.

Palavras-chaves: Indicadores de qualidade do solo; Solos de cemitérios; Impacto Ambiental.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo e das águas subterrâneas pode ser seriamente afetada pela decomposição dos corpos humanos em cemitérios, trazendo sérios riscos ao meio ambiente. Segundo Segato & Silva (2000), como produto da putrefação, há a liberação do necrochorume, uma substância composta, basicamente, por água, sais minerais e substâncias orgânicas tóxicas, além da carga patogênica que pode persistir por vários anos no solo. No caso de cemitérios com solos de textura arenosa, o necrochorume pode-se misturar com o lençol freático, podendo tornar-se veículo de doenças pela ação de vetores químicos e microbiológicos que percolam com as chuvas, ou, ainda, em locais onde há a inundação de sepulturas. Trabalhando amostras de águas subterrâneas de três cemitérios do Brasil, em diferentes tipos de solos, Pacheco et al. (1991) concluíram que os padrões de potabilidade estavam insatisfatórios sob o ponto de vista sanitário, verificando a presença de coliformes fecais, bactérias proteolíticas e lipolíticas, embora as menores contaminações ocorressem em solos mais argilosos. Bouwer (1978) registrou casos de contaminação das águas subterrâneas por líquidos humurosos, oriundos de cadáveres, em águas que se destinavam ao consumo humano. De acordo com esse autor, a construção de cemitérios em solos de alta permeabilidade deve ser evitada (pelas razões já expostas), assim como em solos de textura muito fina, devido às condições de anaerobiose. Nesse sentido, poucas pesquisas têm sido empreendidas visando dimensionar o grau de impacto da decomposição de corpos humanos nestes locais, comumente sitiados em áreas de grande concentração urbana e nem sempre instalados sob condições geológicas favoráveis. A cidade de Formiga, localizada na região Centro-Oeste de Minas Gerais, possui o Cemitério do Rosário, localizado dentro do seu perímetro urbano, inaugurado em 1858, e ainda em atividade, contando com cerca de 21500 sepultamentos, dos quais

¹ Professor Titular, Depto. de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Formiga – UNIFOR/MG, leyser@unifor.br

² Engenheiro Ambiental, UNIFOR/MG, oeldinho@gmail.com

³ Mestrando da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, FEQ/UFU, magno.caxote@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental, UNIFOR/MG, paulorfrad@gmail.com

⁵ Graduando em Engenharia Ambiental, UNIFOR/MG, humberto5557@hotmail.com

7000 inumações são diretas no solo, e o Cemitério de Ponte Vila, localizado a 18,2 km do mesmo município (área rural), de 1945, tendo cerca de 42 túmulos e 190 inumações, ambos com características espaciais e temporais que permitem uma boa caracterização acerca do impacto que a decomposição dos corpos pode ter sobre os solos. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os parâmetros químicos, físicos e biológicos dos solos destes cemitérios, correlacionando, tais dados, com a textura do solo, a fim de verificar a influência desta nos atributos pesquisados e, assim, permitir o estabelecimento de critérios técnicos na escolha dos locais de deposição de corpos humanos.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados coletados

Todos os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ciências da Terra e no Centro de Análises de Águas e Resíduos (CENAR), ambos pertencentes ao Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG). As amostras de solo dos dois cemitérios foram obtidas a partir de túmulos de indigentes, coletadas com o auxílio de um trado holandês, nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm, em um período de 35 dias sem a ocorrência de precipitações. Escolheram-se 15 túmulos em cada cemitério, atentando-se para a não-variação de solo dentro do mesmo, coletando-se 45 amostras simples em cada profundidade. Posteriormente, as mesmas foram levadas aos laboratórios, obtendo-se a TFSA, para que, em quadruplicata, fossem determinados os valores de pH e condutividade elétrica (ambos na relação solo:solução igual a 1:2,5) e teor de matéria orgânica (pelo método da oxidação com dicromato de potássio), todas segundo o método oficial proposto por Silva (1999). Já o percentual de areia, silte e argila foram determinados pelo método da pipeta, conforme descrito em Gee & Bauder (1986). Por fim, utilizou-se a metodologia adaptada da CETESB (2001), para a quantificação da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no extrato saturado do solo, uma vez só existem métodos oficiais para a determinação destes índices químico-biológicos em águas e resíduos.

Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados, calculados e submetidos à análises estatísticas com o auxílio do software de estatística SAS (*Statistical Analysis Systems*) para verificação da normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e correlações, aplicando-se, respectivamente, o teste de Tukey e o teste T, ambos ao nível de 5% de probabilidade e, nos casos em que o teste F foi significativo, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os parâmetros químicos e biológicos dos solos estudados nos dois cemitérios (Rosário e Ponte Vila), nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm.

Comparando-se os cemitérios, observou-se que o pH do Cemitério do Rosário apresentou valores mais elevados em ambas profundidades. Tais resultados são particularmente preocupantes quando se leva em consideração que há uma estreita relação entre o pH e a disponibilidade de elementos químicos, sejam estes tóxicos ou não, para o solo (Alexander, 1977). A disponibilidade dos elementos químicos também pode interferir na atividade microbiológica, incrementando-a, sobretudo nas camadas superficiais (Oliveira, 2008).

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias, enquanto a DQO é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico (Bandick & Dick, 1999). Partindo desse pressuposto, seria correto inferir que, quanto maior a DBO, maior a atividade microbiológica do solo (Segato & Silva, 2000; Pessin, 2003). Oliveira (2008), por exemplo, verificou que a atividade microbiológica decrescia significativamente conforme aumentava a profundidade dos solos. Assim, há conformidade entre os valores observados da DBO do Cemitério do Rosário e do Cemitério da Ponte Vila nas duas

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

profundidades estudadas (0-20 cm e 60-80 cm), ou seja, quanto maior a profundidade, menor o valor da DBO, uma vez que o número de bactérias aeróbias é menor. Consequentemente, como o Cemitério do Rosário é mais velho, a atividade microbiológica também é menor devido aos baixos teores de matéria orgânica, a qual já foi, supostamente, degradada, tanto superficialmente quanto subsuperficialmente. Estes dados corroboram com Alexander (1977) e Bonumá (2006), que afirmam que a DBO em solos também pode ser entendida como a quantidade de oxigênio necessário para a estabilização da matéria orgânica mineralizada pela atividade de microorganismos.

Tabela 1. Resultados das análises químicas do Cemitério do Rosário e do Cemitério da Ponte Vila nas profundidades estudadas

Parâmetros	Cemitério do Rosário		Cemitério da Ponte Vila	
	Profundidades (cm)		Profundidades (cm)	
	0-20	60-80	0-20	60-80
pH	8,44 a	8,45 a	6,00 b	7,10 a
DBO (mg L ⁻¹)	242462,00 a	2923,00 b	416944,00 a	276452,00 b
DQO (mg L ⁻¹)	414,00 b	1883,60 a	368 b	2191,32 a
CE (mS cm ⁻¹)	0,064 ab	0,093 a	0,024 ab	0,037 a
MO (g kg ⁻¹)	7,54 ab	8,79 a	8,98 a	6,05 b

Médias seguidas por letras iguais, num mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%, dentro de um mesmo solo de cemitério; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio; CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica.

A relação entre a DBO e os valores de matéria orgânica encontrado nos dois cemitérios expressam a importância da atividade microbiológica do solo. No Cemitério do Rosário, mais velho, essa relação DBO:MO (g L⁻¹ : g kg⁻¹) variou em torno de 3,2 para ambas profundidades enquanto para o Cemitério da Ponte Vila, estes valores situaram-se na faixa de 4,6. Neste último, portanto, uma maior atividade microbiológica ocorreu em função dos teores mais elevados de matéria orgânica ainda não mineralizada, sobretudo nos primeiros 20 cm. Todavia, salienta-se que a metodologia de análise da matéria orgânica empregada nesse estudo não difere o estado sob qual esta se encontrava, isto é, mineralizada ou não. Tais dados vão ao encontro dos trabalhos conduzidos por Pessin (2003).

Em relação à DQO, houve um comportamento similar em ambos cemitérios, isto é, houve um aumento de 78% da DQO nos primeiros 20 cm em relação à profundidade de 60-80 cm para o Cemitério do Rosário e um incremento de 83% da DQO observada em 0-20 cm em relação à profundidade de 60-80 cm para o Cemitério da Ponte Vila. Tais percentuais explicam-se pela presença de substâncias exsudadas por microorganismos e por processos químicos decorrentes da matéria orgânica (Segato & Silva, 2000). Assim, as reações químicas dos solos constituíram o fator determinante para as altas taxas de DQO encontradas, ou seja, a decomposição dos corpos alterou, em profundidade, o complexo sortivo dos solos.

A Tabela 2 mostra os atributos físicos dos solos estudados nos dois cemitérios (Rosário e Ponte Vila), nas profundidades de 0-20 cm e 60-80 cm. Com o auxílio do software Scclat 2.0 (Lamim, 1998), o solo do Cemitério do Rosário foi caracterizado como de textura média, enquanto o solo do Cemitério da Ponte Vila, de textura muito argilosa.

Tabela 2. Resultados das análises físicas dos Cemitérios do Rosário e da Ponte Vila nas profundidades estudadas

Fração do solo (%)	Cemitério do Rosário		Cemitério da Ponte Vila	
	Profundidades (cm)		Profundidades (cm)	
	0-20	60-80	0-20	60-80
Areia	39,62 b	49,46 a	12,11 a	11,13 a
Silte	38,88 a	23,79 b	24,89 a	21,12 a
Argila	21,50 a	26,75 a	63,00 a	67,75 a

Médias seguidas por letras iguais, numa mesma fração, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%, dentro de um mesmo solo de cemitério.

Como a textura é um importante fator na determinação do poder tampão do solo, isto é, na capacidade do mesmo de resistir à mudança de pH (Oliveira, 2008), observa-se que os solos do Cemitério da Ponte Vila estão menos sujeitos às variações de pH, o que, conforme visto anteriormente, pode interferir nos valores da DBO e DQO em função do aumento ou redução da disponibilidade dos elementos químicos. Além disso, teores mais elevados de argila contribuem, significativamente, para a redução da permeabilidade do solo (Embrapa, 1999), o que, de maneira geral, atribui ao Cemitério do Rosário como um local mais apropriado para a deposição dos corpos, haja vistas que o processo de decomposição pode liberar uma série de substâncias contaminantes neste micro-ambiente.

Observa-se, ainda, na Tabela 1, que houve um incremento da condutividade elétrica dos solos de ambos os cemitérios na profundidade de 60-80 cm em relação à profundidade de 0-20 cm, sendo que, em profundidade, a condutividade elétrica foi, em média, 2,5 vezes maior no Cemitério do Rosário quando comparado ao do Cemitério da Ponte Vila. Castro (2004) cita que a condutividade elétrica é diretamente dependente de fatores como a umidade, concentração de sais e matéria orgânica e que, quando estes parâmetros permanecem iguais, os solos com teores de argila mais elevados conduzem mais eletricidade do que aqueles com textura mais arenosa. Cruzando-se estas informações com a Tabela 2, verifica-se o oposto ao preconizado por este autor, ou seja, encontrou-se um baixo teor de argila no Cemitério do Rosário em contraste com um alto valor de condutividade elétrica e, paralelamente, baixos valores de condutividade elétrica frente a altos teores de argila no Cemitério da Ponte Vila. Portanto, a explicação para esses diferentes resultados centra-se na multiplicidade de fatores atuantes em diferentes profundidades, ou seja, no Cemitério do Rosário, a 0-20 cm, o principal fator de incremento da condutividade elétrica foi o teor de umidade no solo (provavelmente, superficialmente mais alto e favorecido pela facilidade de absorção em função da textura mais arenosa), enquanto que a 60-80 cm de profundidade, as maiores quantidades de matéria orgânica e sais decorrentes da decomposição dos corpos, elevaram sua condutividade elétrica. Já no Cemitério da Ponte Vila, as explicações para as diferentes condutividades elétricas encontradas centram-se no gradiente textural, ligeiramente maior na profundidade de 60-80 cm, associado à uma maior capacidade de retenção de água, dada a natureza argilosa deste solo, nesta profundidade. Contudo, não se podem desprezar as particularidades físico-químicas dos diferentes solos como atuantes nos valores da condutividade elétrica.

A Tabela 3 mostra os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os diferentes parâmetros pesquisados e o resultado da análise textural dos solos.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e nível de significância de 5% para o teste T entre os parâmetros pesquisados e as diferentes texturas dos solos dos cemitérios estudados

Parâmetros	Cemitério do Rosário						Cemitério da Ponte Vila					
	Areia		Silte		Argila		Areia		Silte		Argila	
	Profundidades (cm)						Profundidades (cm)					
	0-20	60-80	0-20	60-80	0-20	60-80	0-20	60-80	0-20	60-80	0-20	60-80
pH	0,57 ^{ns}	0,45	0,54	0,41	0,71	0,69	-0,17 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,54	-0,59	0,79	0,90
DBO (mg L ⁻¹)	-0,39	-0,43	0,39	0,33 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,42	0,23 ^{ns}	0,47	0,53	0,63	0,33 ^{ns}
DQO (mg L ⁻¹)	0,47	0,42	-0,07 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,51	0,46	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,41	0,46
CE (mS cm ⁻¹)	0,71 ^{ns}	0,80 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,62	0,73	-0,17 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,57	0,63
MO (g kg ⁻¹)	0,59	0,78	0,28 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,71	0,77	0,54	0,81	0,68	0,77	-0,67	-0,75

ns – não significativo pelo teste T ao nível de 5%; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio; CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica.

A argila foi a classe textural que, independentemente da profundidade e tipo de solo, melhor se correlacionou com os parâmetros investigados, não sendo significativa somente para a DBO no Cemitério do Rosário (em ambas as profundidades) e no Cemitério da Ponte Vila, na camada 60-80 cm. Neste último, a correlação encontrada para a matéria orgânica, foi negativa, ou seja, o aumento do teor de argila reduz a quantidade de matéria orgânica encontrada. Entretanto, a matéria orgânica, independentemente do tipo de solo de cemitério, foi o parâmetro que melhor se correlacionou com as

diferentes classes texturais nas duas profundidades pesquisadas, à exceção da fração silte no Cemitério do Rosário, onde não foram observadas significâncias. Comparando-se ambos solos, nota-se que os teores mais baixos de areia influenciam nas diferentes correlações, reduzindo o número de observações significantes pelo teste T ao nível de 5%, o que realça a importância da fração argila como parâmetro de segurança para a escolha do tipo de solo para a deposição dos corpos humanos.

CONCLUSÕES

Os valores encontrados para a DBO diminuíram conforme aumentou a profundidade, enquanto a DQO aumentou. Tal comportamento evidencia a atuação de diferentes mecanismos regulatórios desses processos, embora ambos estejam ligados à atividade biológica e teores de matéria orgânica.

Dentre as diferentes classes texturais, a fração argila obteve correlações significativas com o pH, a DQO, a condutividade elétrica e o teor de matéria orgânica. Não foram observadas correlações entre a fração argila e a DBO, à exceção da camada 0-20 cm do solo do Cemitério da Ponte Vila. O maior número de correlações significativas da fração argila credencia este parâmetro como um índice mais adequado à escolha de solos de cemitérios.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467p.

BANDICK, A.K. & DICK, R.P. Field management effects on soil enzymes activities. **Soil Biol. Biochem.**, n. 31, p.1471-1479. 1999.

BONUMÁ, N. B. **Avaliação da qualidade da água sob impacto das atividades de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 131 P. (Dissertação de Mestrado)

BOUWER, H. **Groundwater Hydrology**. New York: McGraw-Hill. 449 p. 1978.

CASTRO, C.N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.131 p. (Dissertação de Mestrado)

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2001. (CD-ROM).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA – Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.1**. Lavras: DEX/ UFLA, 2007. (Software estatístico)

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle size analysis. In: **Methods of Soil Analysis: Part I**. 2^a ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 383-411. 1986.

LAMIM, A. S. **Sistema computadorizado de Classificação Textural de Solos**. Rio de Janeiro: Laboratório de Geomorfologia Experimental e Erosão de Solos, UFRJ, 1998.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

OLIVEIRA, L.R. **Metais pesados e atividade enzimática em Latossolos tratados com lodo de esgoto e cultivados com milho**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 108 p. 2008 (Tese de doutorado)

PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MARTINS, T. Cemeteries – A Potencial Risk to Groundwater. **Wat. Science Technology**, v. 24, n.11, p.104-115. 1991.

PESSIN, N. Avaliação do Processo de Degradação dos Resíduos Sólidos Dispostos em Duas Células-Piloto de Aterramento. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**, Joinville: ABEAS, 14 a 19 de setembro de 2003. (CD-ROM).

SEGATO, L. M. & SILVA, C. L. Caracterização do Cromo do Aterro Sanitário de Bauru. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**, Porto Alegre: ABEAS, 3 a 8 de dezembro de 2000. (CD-ROM).

SILVA, F.C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 370 p.