

ALTERAÇÃO QUÍMICA EM SOLO DE CEMITÉRIO NO MUNICÍPIO DE NOVA HARTZ - RS

Leandra Morandi*, Dienifer Stahlhofer, Maria Luiza Giordano da Costa, Éricklis Édson Boito de Souza e Willian Fernando de Borba.

* Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, campus Frederico Westphalen - RS, leandra.morandi@gmail.com

RESUMO

O sepultamento dos mortos na maioria dos casos é feito de forma inadequada, ocasionando a contaminação do solo através da lixiviação de alguns metais pesados e infiltração de necrochorume (líquido liberar pelo corpo em decomposição) e consequentemente, provocando inúmeros problemas ambientais e de saúde pública. Para comprovar a ocorrência de alguns destes problemas, estudou-se uma área cemiterial no tamanho aproximado de 2.608,53 m² no município de Nova Hartz, estado do Rio Grande do Sul. Os estudos realizados foram referentes aos parâmetros físico-químicos do solo local, com o objetivo de avaliar os riscos ambientais envolvidos ao solo na área ocupada pelo cemitério. A análise dos resultados se deu com a identificação de parâmetros físicos e químicos de solo em amostras oriundas de nove pontos de amostragem, nas profundidades entre 0 e 150 cm, pelo método convencional SW 846 e método 3050B. Dessa forma, ocorreu a posterior verificação das variáveis físicas do solo (Granulometria e condutividade hidráulica saturada), além das concentrações dos elementos Cádmiu, Cobalto, Cobre e Cromo. Os resultados obtidos indicaram que o solo apresentou valores médios de 78,34 % de areia, 8,25 % de silte e apenas 13,41 % de argila, sendo classificado como franco arenoso, e uma condutividade hidráulica saturada de $5,7 \times 10^{-4}$ cm.s⁻¹ ao longo do perfil (de 0 a 150 cm). As análises indicaram 10 valores acima do permitido para o cádmio, (Pontos 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), cobalto foram 8 valores (Pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), para o cobre foram 10 valores (Pontos 4, 5, 6, 7 e 8) e para o cromo somente 2 valores (Ponto 7). Com base nisso, conclui-se que ocorreram alterações principalmente nas concentrações de cádmio, cobalto e cobre, entre as profundidades de 0 a 150 cm. Recomenda-se a construção de poços de monitoramento de qualidade da água subterrânea para analisar as concentrações de elementos químicos de interesse e corroborar com as informações de qualidade de solo obtidas.

PALAVRAS-CHAVE: Cemitérios, contaminação, lixiviação, metais pesados, solos.

INTRODUÇÃO

A prática de sepultar corpos é um dos mais antigos ritos culturais da sociedade humana, na era cristã, para culturas ocidentais, esses corpos eram sepultados próximos às igrejas (THOMPSON, 2015). Porém, no final do século XVIII, o sepultamento passou a ocorrer em locais afastados das cidades, os quais foram denominados cemitérios (MOTTA, 2010).

O corpo humano, ao se decompor, libera uma série de substâncias que podem se tornar prejudiciais ao meio ambiente e saúde pública, principalmente solo e água subterrânea. Essa contaminação ocorre, principalmente, devido à implantação de cemitérios em locais que apresentam condições desfavoráveis (MACHADO, 2006), e sem nenhum estudo prévio.

Conforme Pacheco et al. (1993), a interação dos cadáveres com o meio geológico, os processos de putrefação e decomposição dos corpos, os processos transformativos que chegam a um estado de mineralização das partes orgânicas, a atuação dos microrganismos, a ocorrência de poluição e contaminação do solo e das águas subterrâneas pelos efluentes cadavéricos (chorume) são os fatores potencialmente poluidores no cemitério.

Assim, esse estudo tem por objetivo analisar a capacidade de suporte de um solo ocupado por cemitério no Município de Nova Hartz - RS. Para isso, serão realizadas amostragens de solo, visando identificar possíveis alterações na sua qualidade natural.

OBJETIVOS

Esse estudo tem por objetivo analisar a possível contaminação do solo de um cemitério horizontal localizado no Município de Nova Hartz - RS, região metropolitana de Porto Alegre - RS. Para isso, foram levantadas informações de parâmetros químicos e físicos de solo na área do cemitério e comparados com a legislação vigente.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A área em estudo está localizada no Município de Nova Hartz - RS (Figura 1), região metropolitana de Porto Alegre - RS, no Estado do Rio Grande do Sul. O local compreende uma área de 2.608,53 metros quadrados.

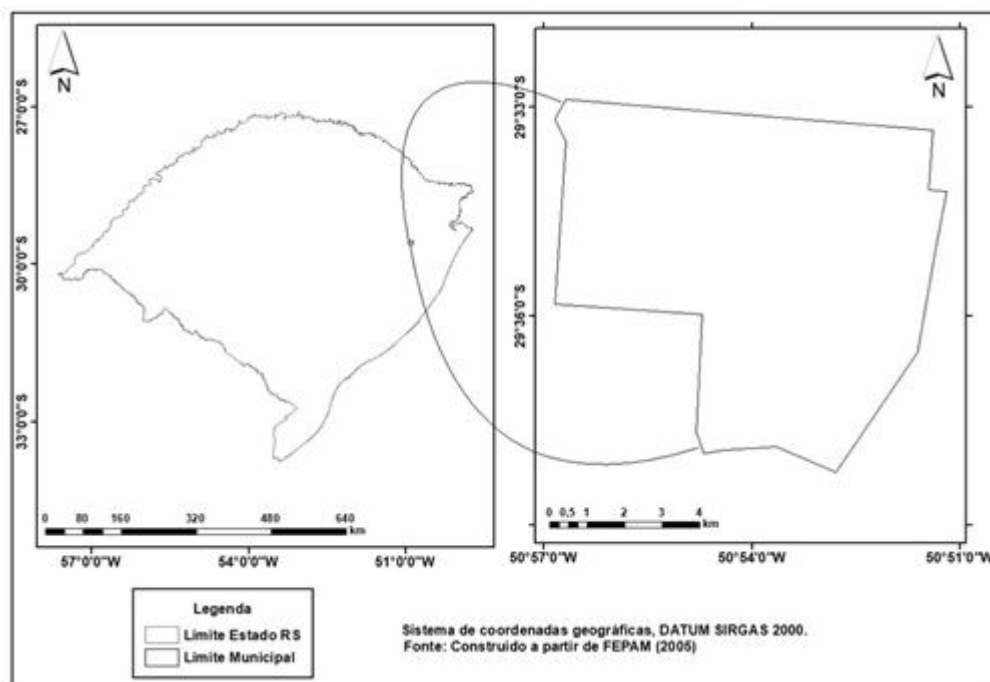


Figura 1 - Localização do Município de Nova Hartz – RS. Fonte: Construído a partir de FEPAM (2005).

No que se refere a geologia local, conforme CPRM (2006), o Município está inserido nas seguintes formações geológicas: - Formação Serra Geral Fácies Gramado (K1_β_gr); Formação Serra Geral Fácies Chapecó (K1_α_ch) e Formação Botucatu (J3K1bt). Já em relação a hidrogeologia, Machado e Freitas (2005), descrevem que o Município está inserido nos seguintes sistemas aquíferos: Sistema Aquífero Serra Geral II (Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas); Sistema Aquífero Serra Geral III (Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas) e Sistema Aquífero Botucatu Pirambóia (Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular).

Metodologia de coleta e análise dos resultados

Para a coleta das amostras de solo, foram selecionados nove pontos de amostragem no interior da área de estudo (Tabela 1). Em cada ponto de amostragem, foram coletadas amostras em três profundidades: Superficial (0 cm), 0,5 m e 1,20 m. As amostras foram coletadas com auxílio de um trado, modelo holandês, sendo que a cada coleta esse era lavado com água, evitando alteração dos parâmetros. Assim, no total foram coletadas 27 amostras para determinação dos parâmetros químicos.

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas e Cota topográficas. Fonte: Construído a partir de Google Earth Pro (2021).

Ponto de amostragem	Latitude	Longitude	Cota do terreno (m)
1	29°34'59,25"S	50°54'7,53"O	31
2	29°34'58,75"S	50°54'7,07"O	32
3	29°34'57,89"S	50°54'7,02"O	32
4	29°34'57,25"S	50°54'7,07"O	33
5	29°34'57,73"S	50°54'7,54"O	33
6	29°34'57,35"S	50°54'7,94"O	32
7	29°34'57,40"S	50°54'8,31"O	32
8	29°34'58,29"S	50°54'8,16"O	33
9	29°34'58,22"S	50°54'7,45"O	32

Para cada ponto de coleta, foram analisados os elementos químicos ilustrados na Tabela 2, juntamente com a metodologia de análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos, da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, campus Frederico Westphalen - RS, utilizando a técnica *Inductively Coupled Plasma Optical Emission*

Spectrometry (ICP - OES), segundo USEPA (1998). Após a análise, os resultados foram comparados com a legislação vigente, Valores de Referência de Qualidade (VRQ), para o percentil 90 da Portaria 085 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), para a região das rochas sedimentares areníticas do Planalto, do Escudo Sul-Riograndense e da Depressão Periférica (FEPAM, 2014).

Tabela 2 - Elementos químicos analisados e metodologia utilizada. Fonte: Autoria própria.

Elemento químico	Metodologia	Limite de Detecção (mg.kg ⁻¹)
Cádmio (Cd)	USEPA (1998)	0,012
Cobalto (Co)	USEPA (1998)	0,060
Cobre (Cu)	USEPA (1998)	0,040
Cromo (Cr)	USEPA (1998)	0,120

Para a determinação da Condutividade Hidráulica Saturada (ksat), foram coletas amostras indeformadas de solo em um ponto localizado no interior da área de estudo. A coleta -se no uso de cilindros de inox, com altura de 5 cm e área da seção do anel variando entre 18,36 cm² e 18,78 cm². Para a determinação desse parâmetro, utilizou-se um permeâmetro de carga constante, seguindo o mesmo procedimento utilizado por Marques et al. (2008) e Klein (2014). Já para a granulometria, seguiu-se o proposto pela NBR 7.181/1984 (ABNT, 1984).

RESULTADOS

No local, o solo apresentou granulometria de 78,34 % de areia, 14,31 % de argila e 8,35 % de silte, sendo classificado como franco arenoso (LEMONS; SANTOS, 1984). Já a ksat média do local foi de $5,7 \times 10^{-4}$ cm.s⁻¹. De acordo com estudo realizado por Marques (2007) no Cemitério Municipal Parque Cachoeira em Betim - MG, o solo local apresentou permeabilidade de $8,0 \times 10^{-5}$ cm.s⁻¹, classificada como baixa e uma granulometria de 54,50 % de areia.

Segundo Matos e Pacheco (2001), solos de granulometria fina e de baixa condutividade hidráulica estabelecem condições físico-químicas redutoras ideais para a ocorrência do fenômeno de saponificação dos cadáveres, inibindo a ação das bactérias e retardando a decomposição de cadáveres. A Tabela 3 mostra os resultados encontrados para os elementos analisados na área do cemitério. Considerando todos os pontos de coleta, cada qual com três profundidades, os quatro parâmetros estudados obtiveram alguns valores acima do VRQ, os quais estão destacados no quadro 1. Resultou-se em 10 valores acima do permitido para o Cd (Pontos 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), Co foram 8 valores (Pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), para o Cu foram 10 valores (Pontos 4, 5, 6, 7 e 8) e para o Cr somente 2 valores (Ponto 7).

Tabela 2 - Concentrações dos elementos Cd, Cr, Co e Cu nos pontos e profundidades analisados na área cemiterial. Fonte: Autoria própria. Destacados valores acima do VRQ, percentil 90, para a região 4 (Rochas sedimentares areníticas do Planalto, do Escudo Sul - Riograndense e da Depressão Periférica).

Ponto de coleta	Profundidades (m)	Concentrações (mg.kg ⁻¹)			
		Cd	Co	Cu	Cr
P1	0,00	0,02	0,02	4,26	8,22
	0,50	0,58*	2,80	10,72	4,20
	1,20	0,35	0,02	7,24	2,42
P2	0,00	0,19	1,26	9,41	2,60
	0,50	0,34	4,35	6,23	3,71
	1,20	0,01	7,46*	5,04	6,59
P3	0,00	0,02	1,15	6,77	9,96
	0,50	0,02	7,26*	7,21	8,54
	1,20	0,22	6,09	8,46	10,73
P4	0,00	0,01	3,60	8,03	10,00
	0,50	0,30	11,71*	8,62	6,89
	1,20	0,49*	0,02	15,56*	10,24
P5	0,00	0,08	5,20	10,59	9,53
	0,50	0,59*	13,04*	10,58	10,07
	1,20	0,87*	5,64	16,96*	15,10
P6	0,00	0,71*	2,45	7,81	5,03
	0,50	0,02	5,14	16,03*	8,65
	1,20	0,54	3,75	18,63*	19,06
P7	0,00	1,10*	0,02	15,39*	13,03
	0,50	0,73*	11,50*	25,51*	22,62*
	1,20	0,02	10,74*	31,13*	22,31*

P8	0,00	1,12*	5,02	27,30*	17,80
	0,50	0,33	12,94*	19,62*	16,61
	1,20	0,19	10,90*	19,06*	14,39
P9	0,00	1,42*	0,01	6,08	6,94
	0,50	0,32	4,84	10,90	8,34
	1,20	1,01*	2,45	9,39	4,92
VRQ percentil 90 (FEPAM, 2014)	-	0,42	7,00	11,00	21,00

Neckel et al. (2016) em um estudo realizado em três cemitérios (A, B e C) no Município de Carazinho - RS, o elemento Cu apresentou uma concentração média de 113,64 mg.kg⁻¹, atingindo valores máximos de 183,00 mg.kg⁻¹ no cemitério A, 144,00 mg.kg⁻¹ no cemitério B e 139,00 mg.kg⁻¹ no cemitério C, concentrações essas superiores aos encontrados nesse estudo. Já para o elemento Cr, os autores encontraram valores médios de 26,93 mg.kg⁻¹, sendo superiores aos encontrados nessa pesquisa.

Baum (2018) em Lages - SC, a concentração média obtida pelos autores para o elemento Cr, foi de 0,73 mg.kg⁻¹, para o Cd foi de 0,07 mg.kg⁻¹. Assim, os valores obtidos pelo autor, quando comparados a esse estudo, foram inferiores para o elemento Cr e semelhantes para o Cd. O autor ainda descreve que o Cd apresentou características para possibilidade de lixiviação, considerando que obteve maiores concentrações em cotas topográficas mais baixas (BAUM, 2018).

No solo, o Cu é encontrado entre 2 e 100 mg.kg⁻¹ Marques et al. (2003). Contudo, é considerado um elemento fitotóxico, isso por que é mais tóxico para plantas do que para animais (COSTA, 2005).

Segundo Azevedo et al. (2003), o Cu é um dos principais metais presentes no corpo humano, participando de atividades proteicas, como a tirosinase, a citocromo oxidase e a ceruloplasmina, sendo necessários de 2 a 5 mg de cobre por dia.

Kemerich et al. (2012) em estudo realizado na cidade de Seberi - RS, as concentrações de Cu, para as amostras superficiais (0 cm), variaram de 120 a 520 mg.kg⁻¹, já para 50 cm, os valores estiveram entre 410 e 590 mg.kg⁻¹ e para 100 cm, entre 126 e 179 mg.kg⁻¹. Todas essas concentrações foram acima dos valores encontrados nessa pesquisa.

É um metal encontrado naturalmente, segundo Ferreira (2003), em rochas, solo, poeiras, névoas vulcânicas, água, animais e plantas, sendo que sua forma mais abundante é o minério de cromita. **A mobilidade destas formas depende das características de adsorção do solo como teor de argila, teor de Fe₂O₃ e matéria orgânica (SCHIRMER et al., 2009).**

Kemerich et al. (2012) em estudo realizado na cidade de Seberi - RS, as concentrações de Cr, para as amostras superficiais (0 cm), variaram de 65 a 125 mg.kg⁻¹, já para 50 cm, os valores estiveram entre 65 e 125 mg.kg⁻¹ e para 100 cm, entre 126 e 174 mg.kg⁻¹. Todas essas concentrações foram acima dos valores encontrados nessa pesquisa

O P7 foi o que obteve o maior número de concentrações acima do VRQ, fato que ocorreu pois está localizado em um ponto de menor cota topográfica em relação aos outros pontos de coleta, com 32 m. A cota do local e profundidade da cava são fatores que influenciam diretamente no nível de contaminação do solo, visto que os corpos estão enterrados e a contaminação está mais intensa próximo a eles.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos apresentaram alterações na qualidade natural do solo para os elementos analisados. Os elementos Cd e Cu apresentaram concentrações acima do permitido nas profundidades entre 0 e 1,2 m em dez amostras. Já o elemento Cu apresentou valores acima do estabelecido em oito amostras, nas profundidades de 0,5 a 1,2 m. O Cr apresentou valores superiores apenas em um ponto de amostragem, nas profundidades de 0,5 e 1,2 m. Assim, os resultados preliminares indicam uma possível alteração dos elementos químicos conforme a legislação vigente para a região em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.
2. Azevedo, S. M. de.; Carsoso, M. das G.; Pereira, N. E.; Ribeiro, C. de F. S.; Silva, V. de F.; Aguiar, F. da C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, 2003, p. 618-624.

3. Baum, C. A. **Impactos Ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages - SC**. 2018. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2018.
4. Costa, R. N. T. **Condutividade hidráulica do solo saturado**. Disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/dren/aula02.pdf>>. Acesso em: 10 setembro 2020.
5. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2006.
6. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). **Arquivos digitais para uso em SIG**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp> Acesso em: 5 mar. 2021.
7. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). **Portaria FEPAM N° 85/2014 - Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAM, 2014. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2021.
8. GOOGLE. Google Earth. **Version Pro**. 2021. Imagens do município de Nova Hartz - RS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 04 mar. 2021.
9. Kemerich, P. D. C.; Borba, W. F. de.; Silva, R. F.; Barros, G.; Gerhardt, A. E.; Flores, C. E. B. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 140-156, 2012.
10. Klein, V. A. **Física do Solo**. 2. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2012. 240 p.
11. Lemos, R. C.; Santos, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.
12. Machado, J. L. F.; Freitas, M. A. **Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: escala 1:750.000, relatório final**. Porto Alegre: CPRM, 2005.
13. Machado, S. S. **Análise ambiental dos cemitérios: um desafio atual para a administração pública**. Revista de C. Humanas, v. 6, n. 1, p. 127-144, 2006.
14. Marques, J. D.; Teixeira, W. G.; Reis, A. M.; Cruz Júnior, O.; Martins, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência de solos amazônicos com diferentes coberturas vegetais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 193-206, 2008.
15. Marques, J. C. G. **Diagnóstico ambiental de solo, água subterrânea e superficial no entorno do cemitério municipal parque cachoeira em Betim-MG**. 2017. 197f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Bambuí, MG, 2017.
16. Matos, B. A.; Pacheco, A. Ocorrência de microrganismos no aquífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo. **Anais XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Olinda: ABAS, 2001. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23775/15842>> Acesso em: 04 mar. 2021.
17. Motta, A. Estilos mortuários e modos de sociabilidade em cemitérios brasileiros oitocentistas. **Horizontes Antropológicos**. n. 16, n. 33, p. 55-80, 2010
18. Neckel, A.; Gonçalves Júnior, A. F. C.; Silva, C. C. O. de A.; Passini, A. F. C.; Bertoldi, T. Problema Toxicológico Ambiental: Metais pesados no solo dos cemitérios da cidade de Carazinho/RS-Brasil. 2016. **Anais VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Campina Grande: IBEAS, 2016. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/V-005.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2021.
19. Pacheco, C. E. M.; Marinhos, L. W.; Straceri, L. Y. A.; Shatkovsky, M.; Iriya, A.S. Colucci, R.; Kinoshita, R. K. **Programa de minimização da contaminação das águas subterrâneas causada por cemitérios**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP;1993.
20. Thompsom, B. Cemitérios verticais, espaço urbano e meio ambiente: O novo discurso científico universitário de incentivo a verticalização de cemitério e à cremação. **Primeiros estudos**. n. 7, p. 7 - 27, 2015. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2237-2423.v0i7p7-27>
21. United States Environmental Protection Agency (USEPA). **Method 3050 B - Acid digestion of sediments, sludges, and soils**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>> Acesso em: 21 de janeiro de 2021