



Concentrações de metais em solo ocupado por cemitério - uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva - EDXRF

Concentrations of metals in soil for busy cemetery - use the technique of ray fluorescence spectrometry-energy dispersive x – EDXRF

Pedro Daniel da Cunha Kemerich, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Carlos Eduardo Balestrin Flores, Guilherme Barros, Ademir Eloi Gerhardt, Alexandre Couto Rodrigues, Rodrigo Ferreira da Silva, Bruno Acosta Flores, Fernando Ernesto Ucker

Laboratório de Planejamento e Monitoramento Ambiental – LPMA/UFSM,
Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/CESNORS

Resumo

O estudo de contaminação de solos e dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos por cemitérios é uma área ainda recente no meio científico. O principal contaminante é o necrochorume gerado a partir do processo de decomposição dos corpos humanos, ao longo de um período de tempo. Este estudo teve como objetivo, determinar a faixa de variação da concentração de alguns metais em perfis de solos. Utilizou-se a técnica de Fluorescência de Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios X (EDXRF), avaliados em 70 amostras de solos. A área estudada foi um cemitério, localizado na cidade de Seberi, no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na Bacia do Paraná, em Latossolos vermelho alumino férrico, originados do intemperismo de rochas vulcânicas, do tipo basaltos formadoras do Sistema Aquífero Serra Geral/SASG. A seleção dos pontos de amostragem foi estimada a partir do fluxo preferencial de água de superfície, usando-se o método matemático de interpolação krigagem. Foram considerados 10 pontos de coletas, distribuídos entre a superfície do terreno até a profundidade de 300 cm, em materiais com matriz argilosa até pedregosa no horizonte C. Os metais Alumínio e Ferro e o metalóide Vanádio, apresentaram concentrações variadas nas diversas profundidades do perfil do solo.

Palavras chave: Cemitério; Concentrações; Metais; Latossolo; Solos; Variabilidade.

Abstract

The study of contamination of soil and surface water resources and / or by underground cemeteries is an area still fresh in the scientific community. The main contaminant is necrochorume generated from the decomposition process of the human body over a period of time. This study aimed to determine the range of variation of the concentration of some metals in soil profiles. We used the technique of Fluorescence Spectroscopy Energy Dispersive X-ray (EDXRF) evaluated in 70 soil samples. The study area was a cemetery located in Seberi in the northwest of the State of Rio Grande do Sul, Paraná Basin, in Oxisols red ferric aluminum originated from the weathering of volcanic rocks, basalts forming the type of the Serra Geral Aquifer System / SGAS. The selection of the sampling sites was estimated from the preferential flow of surface water, using the mathematical method of kriging interpolation. We considered 10 collection points distributed between the ground surface to a depth of 300 cm, in materials with stony clay matrix to the C horizon Metals Aluminium and Iron and Vanadium nonmetal showed varying concentrations in different depths of the soil profile.

Keywords: Cemetery; Concentrations; Latosols; Metals; Soil; Variability.

1 INTRODUÇÃO

As fontes de poluição de águas subterrâneas podem ser provenientes de lançamento de efluentes líquidos de fontes industriais domésticos da agricultura, e mais recentemente de cemitérios (NEIRA et al., 2008).

O corpo humano é constituído de aproximadamente 75% de água, e consequente com a deposição e degradação de cadáveres, haverá geração de gás e líquidos (FUNASA, 2007). A principal causa da poluição ambiental causada por cemitérios é o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, denominado de necrochorume, durante o primeiro ano após o sepultamento.

O necrochorume possui aspecto viscoso de cor acinzentada, formado por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas degradáveis, sendo duas delas altamente tóxicas: a putrescina e a cadaverina. Esse líquido é facilmente dissolvido em água, representando um meio ideal para a proliferação de doenças infecto-contagiosas (MACEDO, 2006; CASTRO, 2008; PACHECO, 2012; FEITOSA et al., 2008).

Entre as substâncias presentes no necrochorume estão metais pesados, provenientes de adereços dos caixões, além de formaldeído e metanol, utilizados na embalsamação dos corpos. O uso, comum atualmente, da tanatopraxia - técnica de maquiagem partes do falecido com cosméticos, corantes, enrijecedores e outros produtos - também é fonte de substâncias para o necrochorume. Esse líquido ainda pode conter resíduos de tratamentos químicos hospitalares de medicamentos, por exemplo (COSTA & MALAGUTTI, 2009).

Os caixões construídos de madeira não é a principal fonte de contaminação do solo. A menos que, estejam presentes, conservantes da madeira fontes de metais pesados, principalmente Cromo, ou à base de organoclorados, como pentaclorofenol e/ou tribromofenol. As madeiras não tratadas se decompõem rapidamente, permitindo uma rápida disseminação de líquidos húmidos. Por outro lado, caixões de metal, normalmente não utilizados em sepultamentos, podem causar contaminação do solo por elementos como o Ferro, Cobre, Chumbo e Zinco durante vários anos (BARROS et al., 2008).

Na construção da maioria dos cemitérios existentes no Brasil não foram levados em conta estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento. Até porque, somente no ano de 2003, foram estabelecidos os critérios de exigibilidade, o detalhamento, os riscos ambientais e outras caracte-

terísticas da atividade ou empreendimento, visando a obtenção de licença ambiental para instalação dos cemitérios. As Resoluções N° 335 de 3 de abril de 2003 e N° 368 de 28/03/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente regulamentam esta atividade potencialmente poluidora dos lençóis freáticos. Assim, pode-se inferir que essa atividade, constitui um risco potencial de contaminação para as águas subterrâneas. A Resolução CONSEMA N°102 de 24 de maio de 2005, do Estado do Rio Grande do Sul, dispõe sobre os critérios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental, considerando os cemitérios com área até dois hectares, como atividade de impacto local.

PACHECO (2012) acrescenta que a toxicidade química do necrochorume diluído no aquífero freático, está relacionada com os teores anômalos de compostos das cadeias de fósforo e do nitrogênio, metais pesados (os quais podem ser oriundos de vernizes, das colas, das tintas e das alças metálicas das urnas) e aminas. Aquíferos é corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras (CNRH, 2001). Na área das ciências ambientais, a utilização da técnica EDXRF é uma etapa quase indispensável para o sucesso de uma avaliação preliminar e de monitoração de contaminantes ambientais em amostras sólidas, tais como amostras de solos e em sedimentos (BENAMAR et al., 1999). KEMERICH et al. (2012) aplicaram a técnica de EDXRF na caracterização química da água subterrânea, em área ocupada por cemitério, estudando as concentrações dos elementos Cálcio, Ferro, Cobre, Fósforo e Silício. RODRIGUES e PACHECO (2003) realizaram vários estudos de caso em cemitérios de Portugal, avaliando as condições hidroquímicas e bacteriológicas dos aquíferos.

CARVALHO (1989) destaca ser oportuno, situar a Geoquímica Ambiental, entre as ciências naturais que se preocupam especialmente com a qualidade de vida do homem e ainda, do equilíbrio natural antropocêntrico. Trata-se de uma ciência nova, porque reflete a preocupação geoquímica com as fontes atuais de desequilíbrio da natureza, originado basicamente nos problemas sócio políticos de superpopulação, urbanização e industrialização.

O estudo dos processos geoquímicos atuantes na Antroposfera é o campo da Geoquímica Ambiental. Para reconhecer seus processos atuantes na superfície do planeta, como por exemplo, aqueles ocorrentes após o enterro de corpos humanos, em cemitérios. Esta atividade é potencialmente

geradora de necrochorumes, os quais podem atingir as águas subterrâneas. Torna-se assim, indispensável usar nas avaliações ambientais o método holístico, interdisciplinar, integrando-se aspectos Hidrogeológicos, Hidrogeoquímicos, Geotécnicos, Pedológicos dos solos e/ou formações superficiais, aos métodos da Geoquímica Analítica, espacializados em mapas temáticos, em Sistema de Informações Geográficas apoiadas em Geotecnologias e Estatística. Na presente pesquisa são utilizados exemplos destes conceitos, importando-se, necessariamente uma abordagem, e uma postura ecológica (SOUTHWICK, 1976; FORTESCUE, 1980).

Com base no tema exposto, este trabalho teve como objetivo determinar o potencial de contaminação química do solo em decorrência da ocupação por cemitério utilizando a técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF), para determinação das concentrações de elementos químicos Ferro, Alumínio e Vanádio.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo.

O cemitério São João Batista estudado na presente pesquisa, localiza-se no município de Seberi. Esta situado no noroeste do Estado Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil, entre as coordenadas latitude $-27^{\circ} 28' 4''$ S e longitude $-53^{\circ} 24' 09''$ O, do Meridiano de Greenwich. Situa-se entre cotas altimétricas de 546 m, parte mais elevada até 520 m, acima do nível médio do mar, *datum* vertical Porto de Imbituba/Santa Catarina e *datum* horizontal/SAD 69. Abrangendo uma área de 301 km². Esta inserida na bacia hidrográfica Várzea, na Região Hidrográfica do Rio Uruguai (SEMA, 2005). Nesta região há predominância de clima subtropical úmido (IBGE, 2009).

O Cemitério foi fundado no ano de 1930, contendo atualmente cerca de 3 mil sepulturas e vem recebendo, em média, sete cadáveres por mês. Encontra-se distribuído em uma área superficial de cerca de 1,2 hectares.

Os perfis são constituídos por Latossolos os quais foram formados da intemperização de rochas vulcânicas básicas, basaltos (teor em SiO₂ 45 - 52% básica), (Leinz e Amaral, 1980). Estes solos/rochas intemperizadas e decompostas pertencentes à Formação Serra Geral, formam o Sistema Aquífero Serra Geral I. Esse constitui aquíferos, com alta a média possibilidade para

águas subterrâneas, em rochas com porosidade por fraturas (MACHADO & FREITAS, 2005).

SCHEIBE & HIRITA (2008) descrevem o Sistema Aquífero Serra Geral/SASG formando aquíferos fissurais, por fraturas, em rochas vulcânicas maciças e/ou amigdalóides. Podem ser confinados e/ou livres, quando constituem os solos de alteração, ou, materiais intemperizados. A partir das informações das onze captações, por poços tubulares, do cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS/CPRM (2013) e que penetram o SASG, pode-se estimar uma espessura de solos e/ou materiais rochosos intemperizados de 0,20 m no poço (4300002449), até 10m no poço (4300017122). Não ocorrem poços surgentes, e a faixa de variabilidade do nível da água é bastante ampla, entre um mínimo de 19,04 m, no poço (4300002444) até um máximo de 113,17 m, no poço (4300002442). Ocorre uma pequena camada de regolito argiloso ocre e/ou rochas intemperizadas decompostas, constituindo um horizonte B latossólico e um horizonte C, pedregoso até a profundidade de cerca de 3m. Em profundidades maiores passa a basalto maciço pouco alterado, localmente brechóide (CPRM/SIAGAS, 2013).

Esses parâmetros, permitem indicar uma baixa vulnerabilidade do aquífero à contaminação FOSTER et al. (2002) na área do estudo e merecendo estudos complementares.

HEALTH (1983) informa que a porosidade do basalto, pode ser de 11%. Apresentando um rendimento específico de 8% e uma retenção específica em cerca de 3%, e representa aquela parcela que fica *molhando* as partículas minerais.

STRECK et al. (2008) descreveram os solos predominantes na área como Latossolos Vermelhos aluminoférricos. Salientam que eles são muito profundos, homogêneos e altamente intemperizados, podendo ter predomínio de argilominerais cauliníticos e óxidos de ferro, o que lhes confere baixa CTC (Capacidade de Troca de Cátions), uma baixa atividade da argila <17 cmol kg⁻¹, com acentuada acidez e toxidez por Alumínio. As cores vermelhas (ocre) e amarelas devem-se a ocorrência de óxidos de ferro, e quando homogêneas no perfil, indicam condições de boa drenagem e aeração do solo.

2.2 Localização dos pontos de amostragem e coleta de amostras

A coleta das amostras foi realizada com tradagem, em função da topografia existente no terreno ocupada pelo cemitério. Estimou-se as

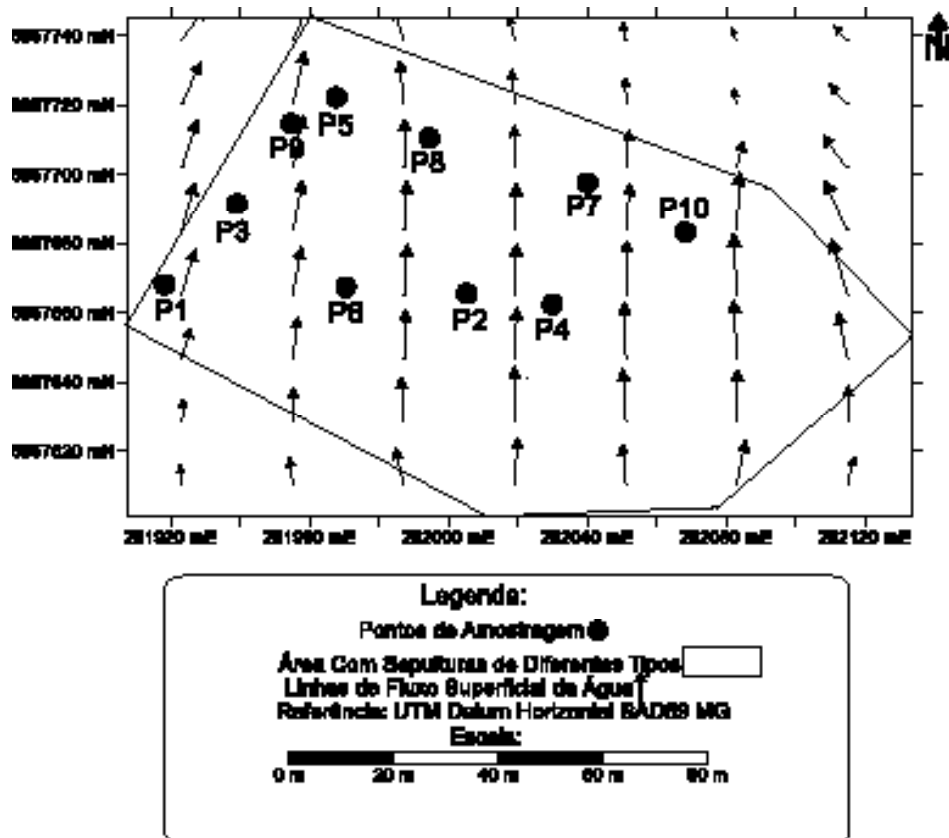


Figura 1. Localização dos pontos (P1 a P10) de amostragem e linhas de fluxo preferencial do escoamento superficial de água em Cemitério.

tendências de fluxos preferenciais de água superficial, determinadas com o auxílio do programa *Golden Software® Surfer 10*. Utilizando-se o método de interpolação matemática *Krigagem* (Figura 1). Foram considerados 10 pontos de coletas, identificados como (P1 a P10). O P1 encontra-se localizado no ponto de maior cota altimétrica, sendo considerado o ponto branco. Notar a localização do P1 no extremo Oeste do cartograma e a direção principal de fluxo superficial de Sul para Norte. As coordenadas de cada ponto foram obtidas com uso do *Global Position System/GPS Garmim Oregon 550*, bem como as cotas altimétricas.

Para a coleta das amostras foi utilizado um trado manual Sonda Terra de 4 m de comprimento (Figura 2). Cada amostra de solo coletada foi armazenada em sacos plásticos e recebeu identificação correspondendo à localização do ponto de amostragem e a profundidade da coleta. Nos 10 pontos foram coletadas amostras a cada 50 cm de profundidade, iniciando-se com a amostra superficial, até a profundidade de 300 cm, totalizando 7 amostras por ponto. Para evitar possíveis alterações nos resultados analíticos, o trado era



Figura 2. Tradagem manual nos pontos amostrados em solo entre 0 e 300 cm de profundidade.

coletas realizadas (Kemerich et al., 2012)

2.3 Preparo de amostras e determinação de metais.

Foram pesadas 20 g de solo e encaminhadas para estufa de esterilização e secagem, utilizando vidraria básica de laboratório (becker 50 mL) para sua deposição. Após o processo de secagem que ocorreu a temperatura de 105 °C por duas horas sendo a amostra de solo submetida a uma peneira de 200 *mesh* (igual a 0,149 mm abertura, ou seja, fração inferior a areia fina).

Após quarteamento e secagem em estufa, as amostras peneiradas foram moídas manualmente em gral com pistilo, buscando-se reduzir ao máximo a granulometria para reduzir os desvios do feixe de raios-X provenientes do espectrômetro e assim não influenciando na eficiência das determinações.

As amostras de solo foram então comprimidas em prensa manual em matriz, formando uma pastilha sólida e compacta para posterior análise química. A pastilha foi formada usando 10 toneladas de força por 10 minutos. Este procedimento aglomera as partículas tornando-as um aglomerado cerâmico cujo resultado analítico reflete-se num padrão ideal para análise por EDXRF (KEMERICH et al., 2012).

As análises químicas foram realizadas utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva/ EDXRF, do modelo Shimadzu EDX-720. As seguintes condições de operação do equipamento foram selecionadas: tensão do tubo de 15 keV (Na a Sc) e 50 keV (Ti a U) com corrente no tubo 184 (μ A) e 25 (μ A) respectivamente, colimador de 10 mm, tempo morto do detector de 40 % e 39 %, sob vácuo e detector de Si(Li) refrigerado com nitrogênio líquido, conforme descrito por PATACA et al. (2005), porém utilizando-se o tempo real de integração de 300 segundos.

O método analítico usado é denominado método dos Parâmetros Fundamentais (PF), que permite a obtenção da curva de sensibilidade do equipamento para cada elemento de interesse, quando uma amostra de composição química conhecida é submetida a parâmetros instrumentais bem definidos. A curva de sensibilidade do equipamento relaciona a intensidade fluorescente teórica calculada e a medida para cada elemento (BONA et al., 2007; WASTOWSKI et al., 2010).

Em geral, análise quantitativa por EDXRF é realizada pelo método da curva de calibração, obtida com muitos padrões. No entanto, para algumas aplicações é difícil obter padrões certificados

suficientes, com matrizes semelhantes às amostras e, dessa forma, conseguir uma boa distribuição de pontos de dados sobre a escala de cada elemento a ser determinado (OMOTE et al., 1995; MARGUÍ et al., 2009; WASTOWSKI et al., 2010). HAN et al. (2006) a partir dos resultados da análise experimental de várias e diferentes amostras, comprovaram que resultados de alta precisão podem ser obtidos pelo método de (FP), mesmo que apenas amostras de elemento puro sejam utilizadas para calibração (WASTOWSKI et al., 2010). Isso também ilustra claramente que o método (FP) pode corrigir efetivamente o complicado cálculo do efeito da matriz. Portanto, para análise de rotina em massa, se as amostras de calibração estão ausentes, o método FP pode fornecer resultados relativamente precisos e quantitativos (HAN et al., 2006; WASTOWSKI et al., 2010).

Foram determinados as concentrações totais dos metais pesados Alumínio, Ferro e metalóide Vanádio nos perfis de solos, até a profundidade de 300 cm no horizonte C, em uma área ocupada por Cemitério na Cidade de Seberi no Estado do Rio Grande do Sul. Esses materiais constituintes dos solos foram intemperizados de derrames de rochas vulcânicas básicas (basaltos) da Formação Serra Geral em condição *in situ*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Alumínio (Al)

A Figura 3 ilustra a variação da concentração de Alumínio nos 10 pontos (P1 a P10), nas profundidades de 0 a 150 cm, onde a maior concentração ocorreu no P4 em 150 cm (185.479,30 mg kg⁻¹) enquanto a menor foi observada na amostra superficial do P9 com uma concentração de 78.672,03 mg kg⁻¹. Na profundidade de 0 cm (Figura 3A), as concentrações de Al variaram de 78.672,03 mg kg⁻¹ (P9) a 145.659,70 mg kg⁻¹ (P5). Na profundidade de 50 cm (Figura 3B), o P4 apresentou a maior concentração (167.466,00 mg kg⁻¹) enquanto o P7 apresentou a menor concentração (111.643 mg kg⁻¹). Nas profundidades de 100 cm (Figura 3C) e 150 cm (Figura 3D), as maiores concentrações ocorreram no P4 com 170.872,70 e 185.479,30 mg kg⁻¹, respectivamente, enquanto as menores foram observadas no P6 com de 137.602,00 e 130.770,20 mg kg⁻¹, respectivamente.

A Figura 4 ilustra a variação da concentração de Al nas profundidades de 200 (Figura 4A), 250 (Figura 4B) e 300 cm (Figura 4C), em um Latossolo vermelho aluminoférrico em um solo ocupado por cemitério. A maior concentração

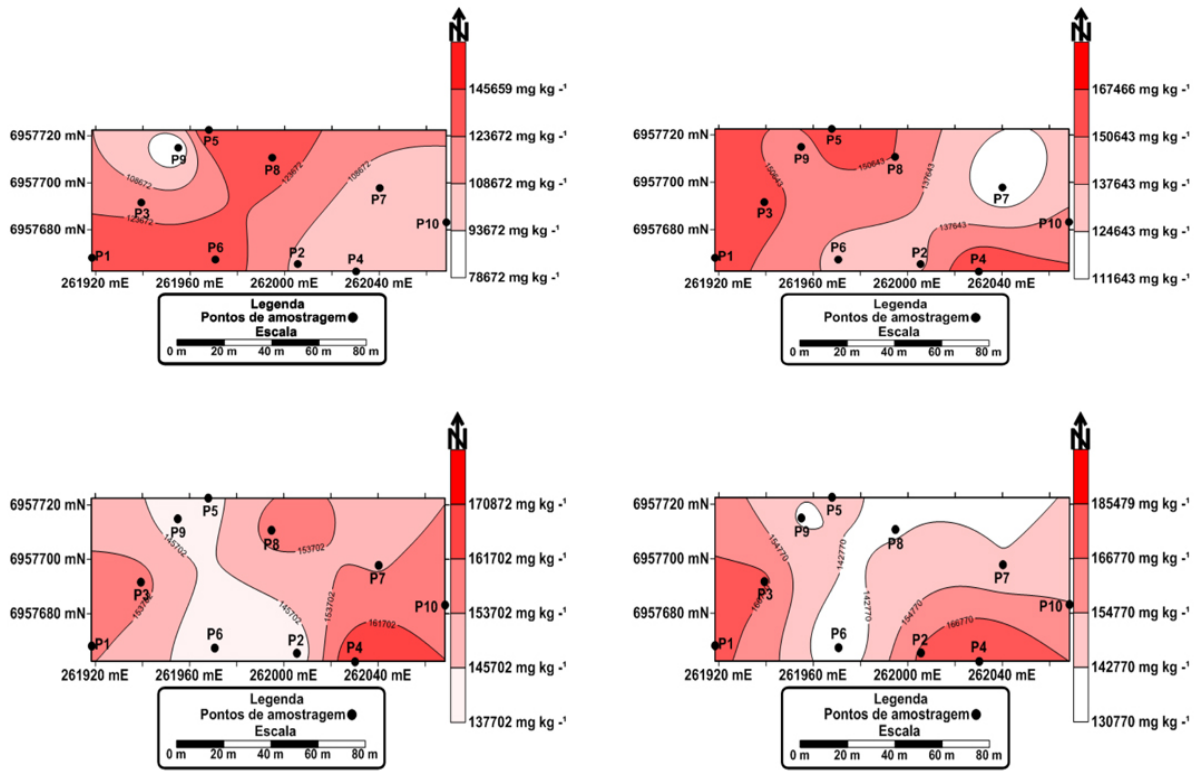


Figura 3. Variação da concentração de Alumínio (mg kg^{-1}), nas profundidades de 0 (A), 50 (B), 100 (C) e 150 (D) cm, nos 10 pontos de coleta (P1 a P10).

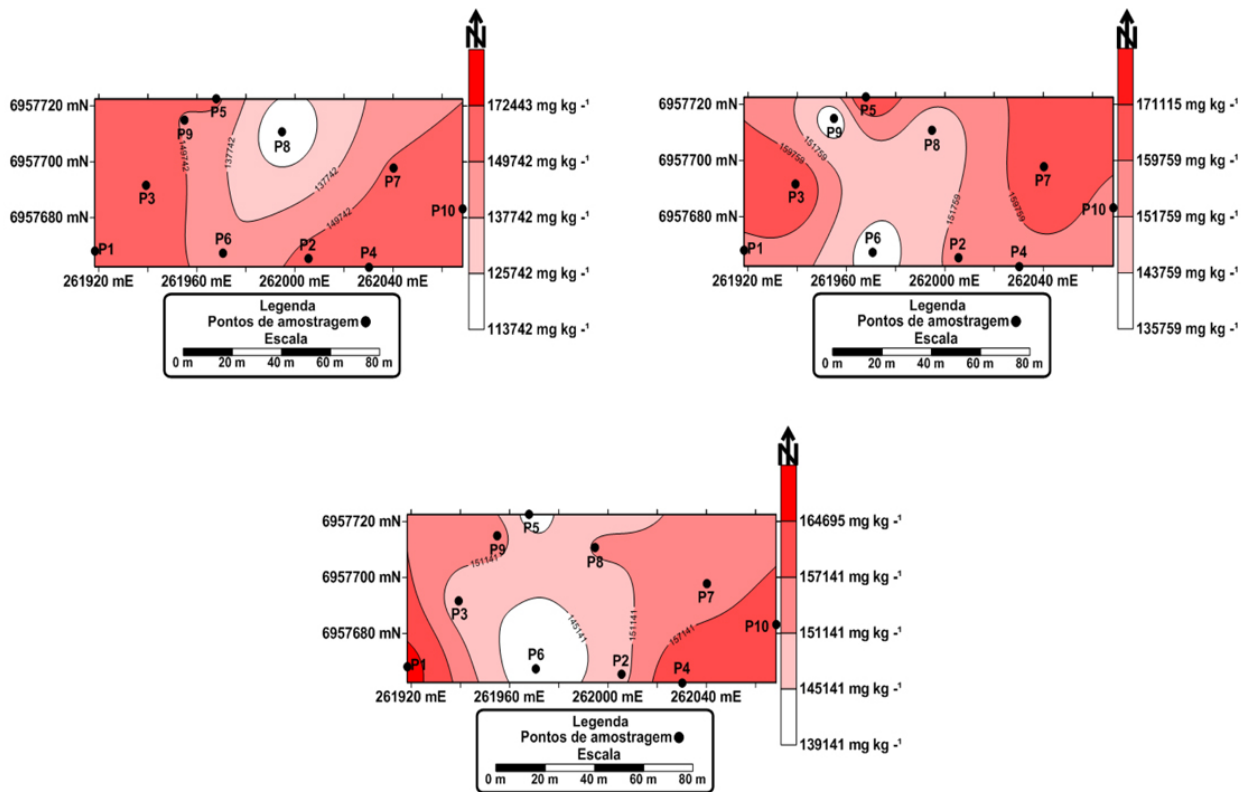


Figura 4. Variação da concentração de Alumínio (mg kg^{-1}) nas profundidades de 200 (A), 250 (B) e 300 (C) cm, em 10 pontos de amostragem (P1 a P10).

ocorreu no P1 com cerca de $172.443,20 \text{ mg kg}^{-1}$ em 200 cm, enquanto a menor, ocorreu no P8 com $113.742,70 \text{ mg kg}^{-1}$. Na profundidade de 250 cm, as concentrações variaram entre $171.115,40 \text{ mg kg}^{-1}$ no P3 até $135.759,00 \text{ mg kg}^{-1}$ no P9. Já em 300 cm, a maior concentração ocorreu no P1 ($169.513,20 \text{ mg kg}^{-1}$) enquanto a menor foi observada no P6 ($139.141,10 \text{ mg kg}^{-1}$). Não foi observado um gradiente de concentração da superfície para a base do perfil.

Observou-se uma variabilidade lateral nas concentrações do Alumínio considerando-se a mesma profundidade.

DE SOUZA et al. (2008) afirmam que os solos ácidos, com alto teor de Alumínio, são comuns em várias partes do mundo, de fato, a toxicidade de Al limita a produção muito mais do que qualquer outro estresse abiótico, exceto a seca. Os solos brasileiros, em sua maioria, são velhos e intemperizados, apresentando acidez e elevados teores de alumínio, o que traz sérios problemas para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, as quais limitam o aproveitamento da água e nutrientes adicionados ao solo por meio dos fertilizantes.

STRECK et al. (2008) consideram solos aluminoférricos aqueles com caráter aluminico (Al extraível 4 cmol kg^{-1}) e teores de Fe_2O_3 de 18 a 36%, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

A Figura 5A ilustra a variação da concentração de Al nos 10 pontos de amostragem, já a Figura 5B ilustra a variação nas sete diferentes profundidades de coletas, perfazendo 70 amostras.

Observa-se na Figura 5A e 5B que as maiores concentrações de Al estão presentes no P4 e

na profundidade de 150 cm. Notar a ausência de gradiente de concentração dos horizontes superficiais em direção a base do perfil. Informa-se que não foram visualizadas em amostras de mão, a formação de crostas de Fe/Mn/Al, no perfil avaliado.

KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986) informam que o Alumínio é um dos principais constituintes da crosta terrestre, sua concentração varia em rochas de 0,45 até 10% ou seja 4.500 a $100.000 \text{ mg kg}^{-1}$ e salientam ser um componente estrutural dos argilominerais (família de minerais acessórios, aluminossilicatados, hidratados, de diâmetros inferiores a 2 microns). Estes autores apresentam concentrações em sedimentos argilosos na faixa de 72.000 até $100.000 \text{ mg kg}^{-1}$, porém não apresentam concentrações em diferentes tipos de solos. Considerando-se as faixas de variação de concentração apenas os pontos P4 e P9 estariam na faixa proposta por estes autores, todos os outros pontos apresentariam concentrações acima de $100.000 \text{ mg kg}^{-1}$.

A Resolução CONAMA N°420/2009 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, ainda não fixou valores de Alumínio e Ferro, em solos do país. Ressalta-se que a faixa de variação destes dois elementos em rochas como os basaltos, granitos, folhelhos, arenitos sua concentração aparece como elementos maiores (DREVER, 1997).

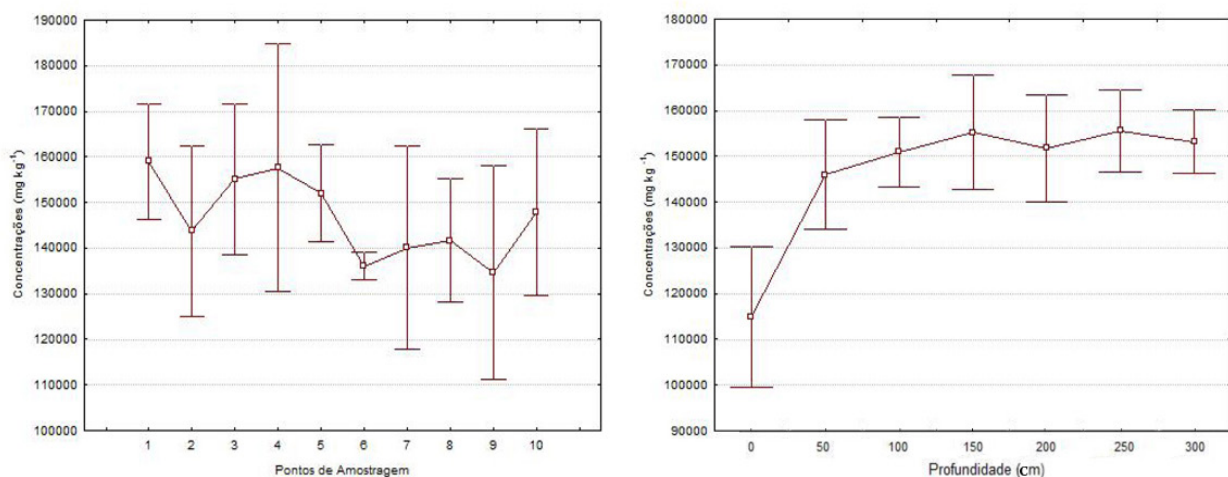


Figura 5. Variação da concentração de Alumínio, nos 10 pontos de amostragem (A) e nas 7 diferentes profundidades (B).

3.2 Ferro (Fe)

A Figura 6 ilustra a variação da concentração do elemento Ferro nas profundidades de 0 (Figura 6A), 50 (Figura 6B), 100 (Figura 6C) e 150 cm (Figura 6D). Na superfície do terreno (0 cm) o P5 apresentou a maior concentração (178.437,20 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi observada no P4 (54.415,23 mg kg⁻¹). Na profundidade de 50 cm, a maior concentração foi observada no P4, com cerca de 203.789,20 mg kg⁻¹, enquanto a menor, foi de 141.339,50 mg kg⁻¹, localizada no P7. Já na profundidade de 100 cm, a maior concentração, ocorreu no P8 com cerca de 191.236,40 mg kg⁻¹, enquanto a menor, ocorreu no P6 com 155.684,40 mg kg⁻¹.

A Figura 7 ilustra a variação da concentração de Ferro em um Latossolo vermelho alúmino férrico. A figura 7 ilustra a variação da concentração do elemento Ferro nas profundidades de 200 (A), 250 (B), e 300 cm (C). Na profundidade de 200 cm, a maior concentração esteve presente no ponto P5, com cerca de 205.796,30 mg kg⁻¹, enquanto a menor, ocorreu no P9, com de 155.697,10 mg kg⁻¹. Nas profundidades de 250 cm e 300 cm, o P4 apresentou as maiores concentrações (199.074,20 mg kg⁻¹ e 194.087,50 mg kg⁻¹, respectivamente), enquanto o P8 apresentou a menor concentração em 200 cm (155.072,50 mg kg⁻¹). Na base do per-

fil amostrado, o P3 em 300 cm apresentou uma concentração de 147.695,00 mg kg⁻¹.

Observar a variabilidade lateral nas concentrações de Ferro nos solos amostrados e avaliados.

KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986) informam que o Ferro é um dos principais constituintes da Litosfera, compreende cerca de 5%, sendo concentrado principalmente em rochas ígneas máficas (=escuras, ultramáficas teor em SiO₂ <45% e máficas teor em SiO₂ entre 45- 52% Leinz e Amaral (1980), (ex. basaltos). Ainda aqueles autores, citam a faixa de variação nas rochas máficas (ex. basaltos de 37.000 a 59.000 mg kg⁻¹) e de 33.000 a 47.000 mg kg⁻¹ para sedimentos argilosos, porém não citam uma faixa de variação para os diferentes tipos de solos. A geoquímica do Ferro é muito complexa em ambientes terrestres e é largamente determinada pela facilidade de mudança de seus estados de valência (Fe²⁺ e Fe³⁺) em resposta as condições físico-químicas do meio. Nos solos acredita-se que ocorra principalmente na forma de óxidos e hidróxidos como pequenas partículas ou associado a superfícies de outros minerais (películas). DREVER (1997) descreve os processos pelos quais o Al e o Fe são removidos do horizonte (A) provavelmente associados a processos dissolução, na forma de complexos orgânicos e transporte de partículas coloidais

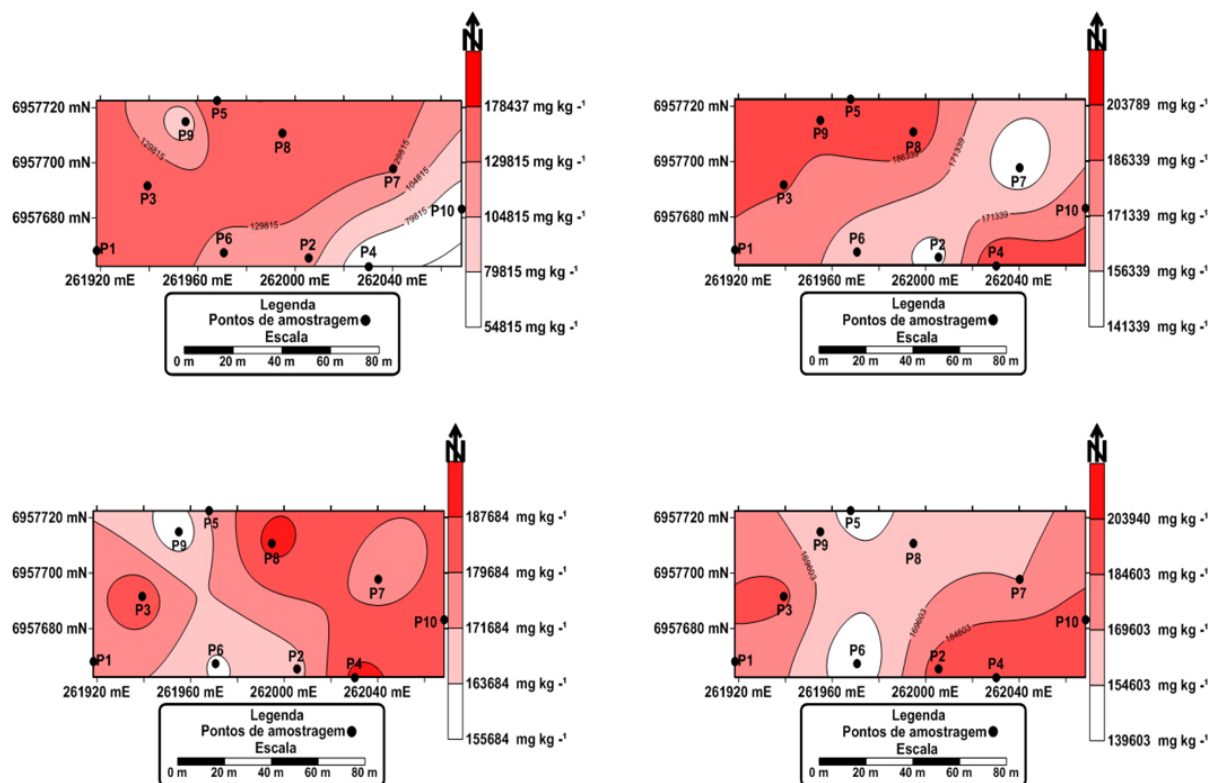


Figura 6. Variação da Concentração de Ferro nas profundidades de 0 (A), 50 cm (B), 100 (C) e 150 cm (D), nos 10 pontos de coleta.

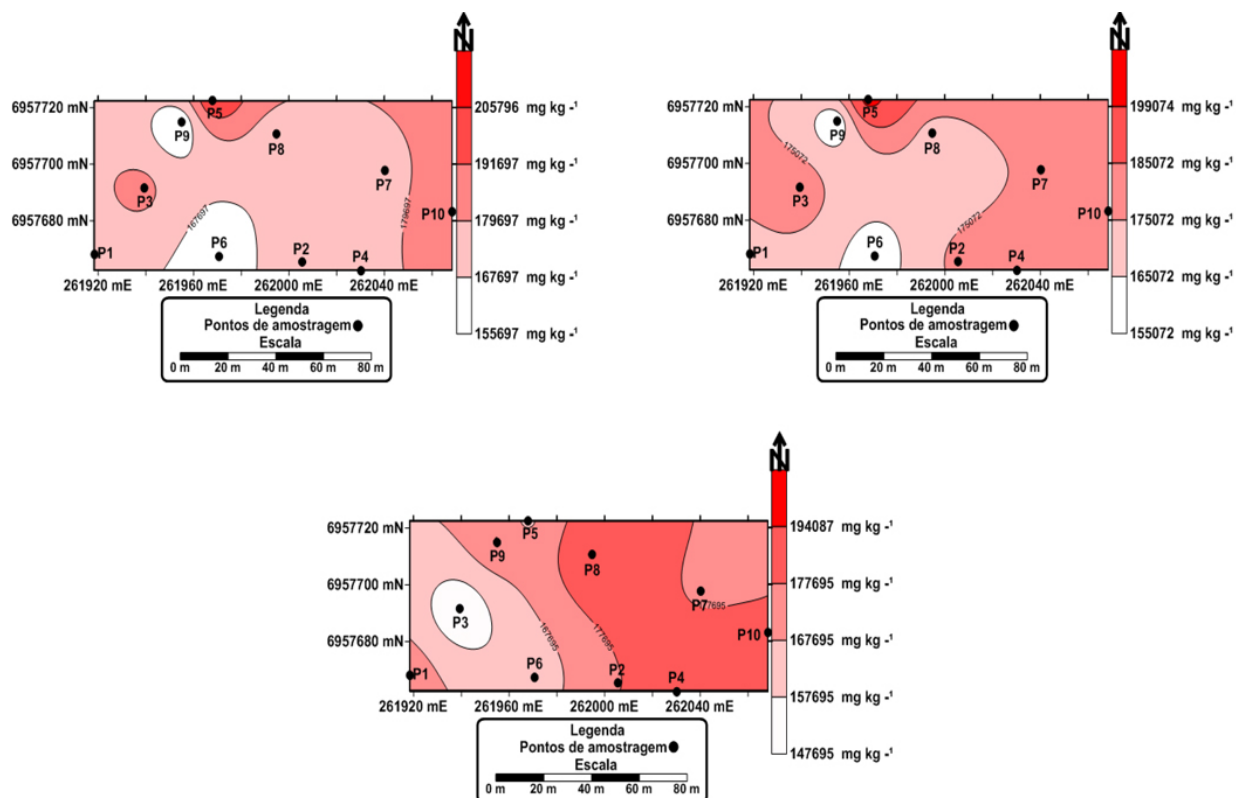


Figura 7. Variação da concentração de Ferro nas profundidades de 200 (A), 250 (B) e 300 cm (C) nos 10 pontos de coleta (P1 a P10).

como os argilominerais.

Observar na Figura 8 a ampla faixa de variação nas concentrações do elemento Ferro em 10 pontos de amostragem (P1 a P10), em Latossolo vermelho aluminoférrico (figura 8a) e considerando-se as sete profundidades avaliadas (figura 8b).

Na Figura 8, as maiores concentrações de Ferro ocorreram no P4 em relação as profundidades

no perfil de solos, as maiores concentrações ocorreram nas amostras de 50 cm. Não foi observado um gradiente de concentração neste elemento da superfície do terreno para a base do perfil avaliado.

Comparando-se a faixa de variação da concentração de Fe encontrada àquela citada por KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986) apenas uma amostra estaria inserida nesta, o ponto P4 com um concentração de 54.815,23 mg kg⁻¹. Todas as

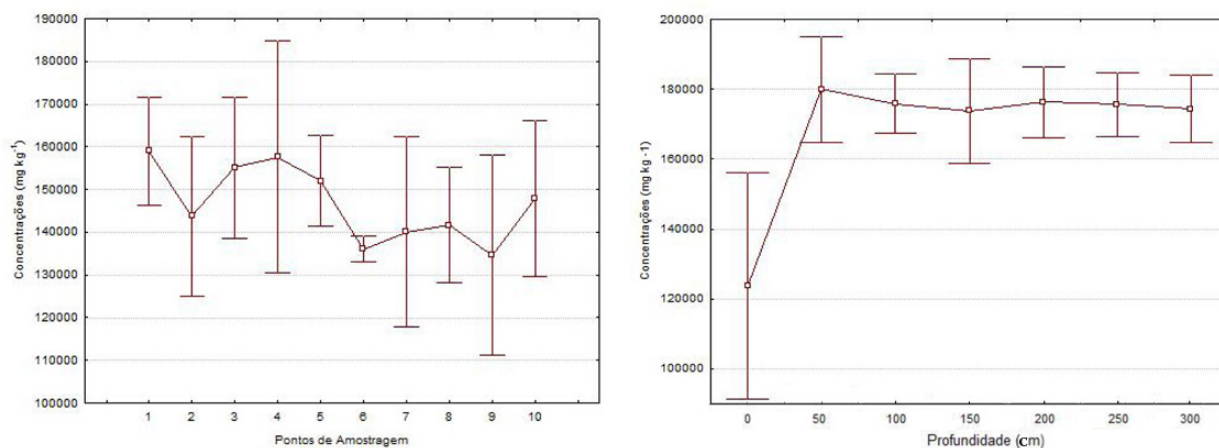


Figura 8. Variação da concentração de Fe (mg kg⁻¹) em um Latossolo vermelho aluminoférrico, nos 10 pontos de amostragem (A), e em 10 profundidades distintas (B).

outras amostras apresentaram valores superiores àquela faixa proposta de concentrações de Fe.

3.3 Vanádio (V)

A Figura 9 ilustra a variação das concentrações de V nas profundidades de 0 (A), 50 (B), 100 (C) e 150 cm (D). As menores concentrações ocorreram tanto nas amostras superficiais dos pontos P4 e P10, bem como ponto P1, em 300 cm de profundidade, onde os valores de concentração do elemento foram menores do que o Limite de Detecção (<L.D.) do aparelho Shimadzu EDX-720. Em 50 cm, a maior concentração do elemento ocorreu no P8, com $1.956,70 \text{ mg kg}^{-1}$, já a menor concentração ocorreu no P2 ($1.237,16 \text{ mg kg}^{-1}$). Na profundidade de 100 cm, a maior concentração encontrada ocorreu no P5 ($1.544,65 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto a menor ocorreu no P6, com $1.034,87 \text{ mg kg}^{-1}$. Na profundidade de 150 cm, a maior concentração ocorreu no P4, com concentração de $1.647,30 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto a menor ocorreu no P5, com $915,58 \text{ mg kg}^{-1}$. Não foi observado um gradiente de concentração da superfície da superfície do terreno para a base do perfil avaliado.

A Figura 10 apresenta a faixa de variação das concentrações de V nos 10 pontos de amostra-

gem (P1 a P10), em sete diferentes profundidades, obtidos em perfil do Latossolo. Na Figura 10A (profundidade de 200 cm), a maior concentração ocorreu no P4 com cerca de $1.696,78 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto a menor ocorreu no P5 ($1.027,59 \text{ mg kg}^{-1}$). Já na profundidade de 250 cm (Figura 10B), a maior concentração ocorreu no P10 ($1.605,26 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto que a menor ocorreu no P1 ($939,64 \text{ mg kg}^{-1}$). Na profundidade de 300 cm (Figura 10C), a maior concentração observada ocorreu no P8, com $1.651,57 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto a menor, ocorreu no P1 onde foi <L.D.

A Figura 11A ilustra a faixa de variação das concentrações de V nos 10 pontos de amostragem (P1 a P10), já a Figura 11B ilustra a variação nas 7 diferentes profundidades.

As maiores concentrações desse elemento foram observadas no P8, já em relação às profundidades, as maiores concentrações estiveram presentes em 50 cm.

KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986) informam que a concentração média de V é superior em rochas ígneas básicas (ex. basaltos), apresentando uma faixa de variação entre 200 a 250 mg kg^{-1} , e ainda sugerem uma faixa entre, 30 a 300 mg kg^{-1} para os solos desenvolvidos sobre rochas

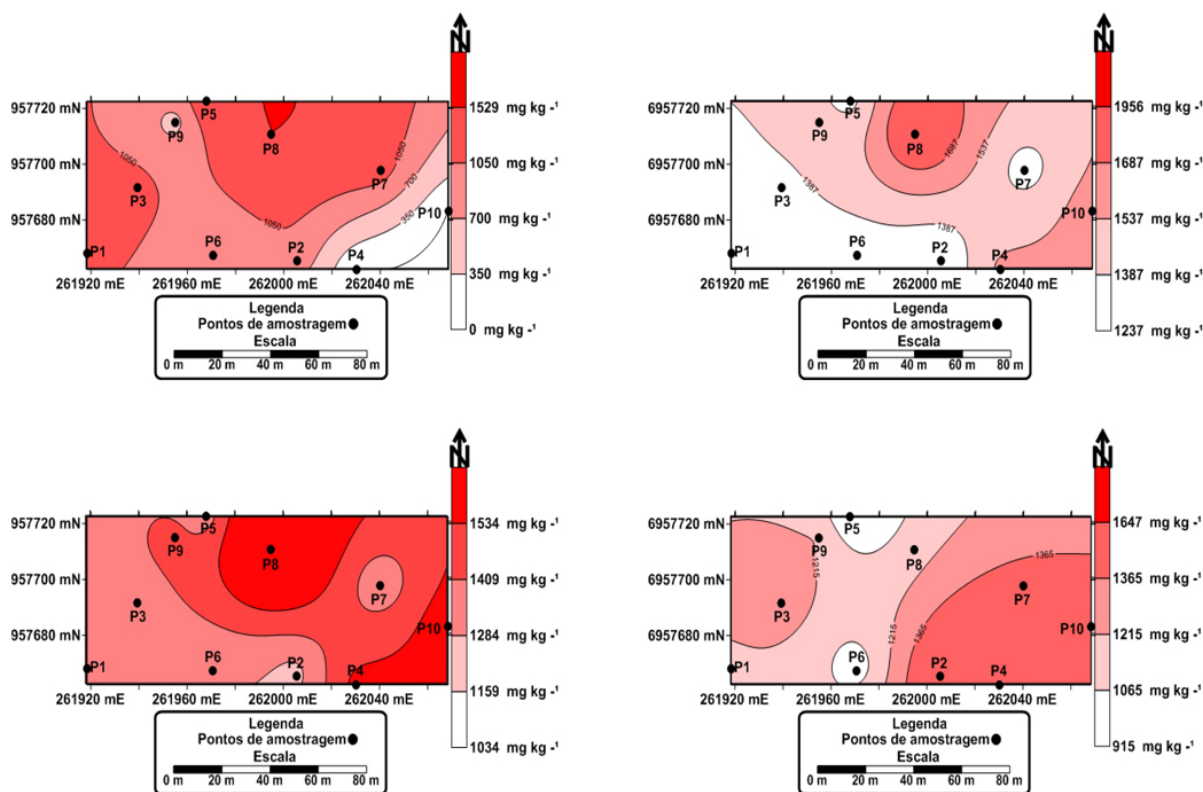


Figura 9. Variação da concentração de Vanádio nas profundidades de 0 (A), 50 (B), 100 (C) e 150 cm (D), nos 10 pontos de coleta (P1 a P10).

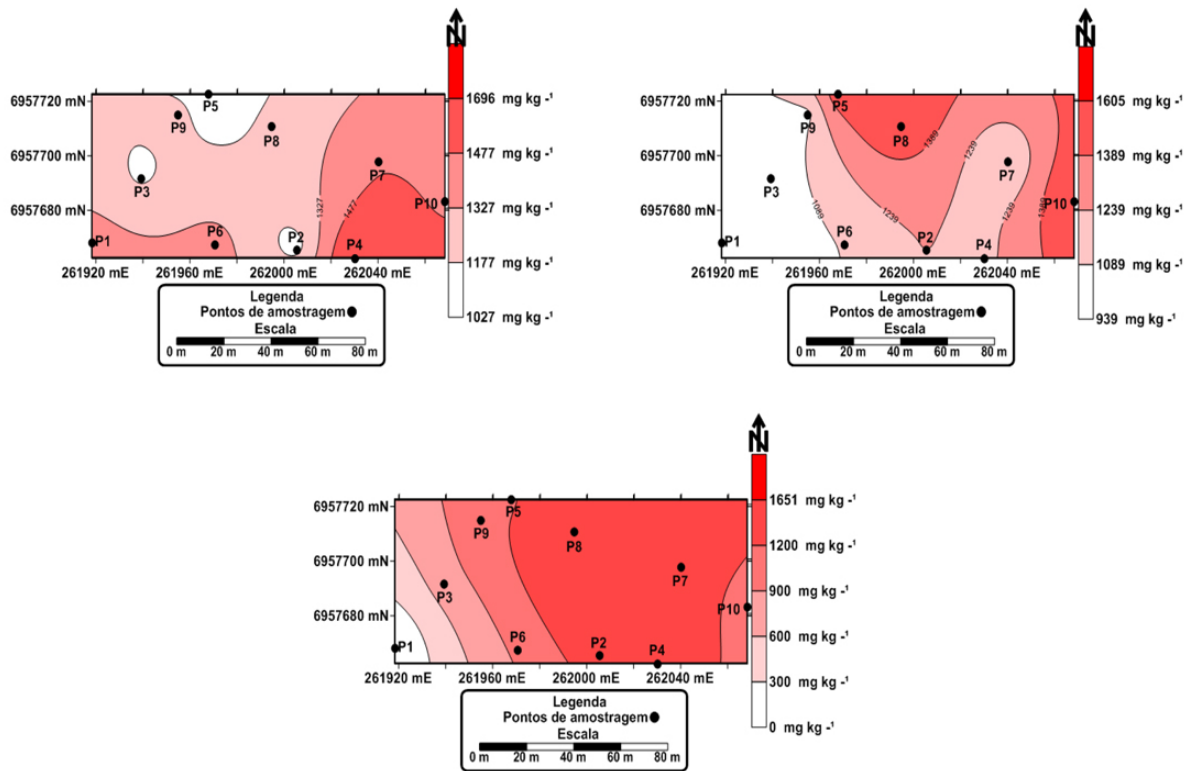


Figura 10. Variação da concentração de Vanádio, nas profundidades de 200 (A), 250 (B) e 300 cm (C), nos 10 pontos de coleta (P1 a P10).

vulcânicas, e como um valor médio de 136 mg kg⁻¹. O V é conhecido por formar complexos catiônicos e aniônicos e, hidróxidos, apresentando vários comportamentos. Ele, usualmente, não forma minerais próprios, mas substitui outros metais como (Al, Fe, Ti) nas estruturas cristalinas. As características geoquímicas do V são fortemente dependentes de seus estados de oxidação (+2, +3, +4 e +5). Durante o intemperismo, a mobilidade do V depende do mineral hospedeiro, e finalmente, o V permanece como parte de minerais residuais formadores de

rochas (ex. silicatos) ou, é adsorvido. Esse ainda pode ser incorporado a estrutura de argilominerais (ex. caulinitas, esmectitas, ílitas) ou, a óxidos de ferro. Aubert e Pinta (1977) sugerem uma faixa de concentração de V em solos entre: traços até 300 mg kg⁻¹, e um conteúdo médio de 100 mg kg⁻¹.

Observando-se as figuras 10, 11 e 12 notou-se que as concentrações de V são amplas e variáveis, desde valores <L.D. até 1.956,70 mg kg⁻¹ (P8), na profundidade de 50 cm (figura 12a). Notou-se não haver um gradiente na concentração do V da

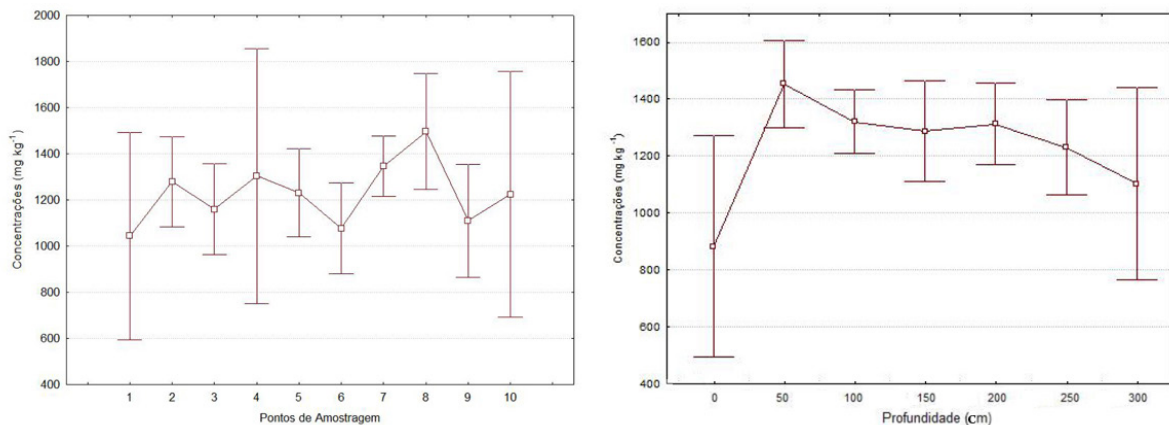


Figura 11. Variação da concentração de Vanádio nos 10 pontos de amostragem (A) e nas 7 diferentes profundidades (B).

superfície do terreno para a base do perfil de solos. Portanto infere-se que estes valores de concentração, acima da faixa observada nos solos por KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986), para os Estados Unidos da América, sejam diferentes daqueles dos solos brasileiros, associados a óxidos e/ou hidróxidos, em Latossolos Vermelho aluminoférricos. Salienta-se que não se observou em amostras de mão, a formação de crostas ferruginosas ou nódulos, as quais pudessem indicar a ocorrência de maiores concentrações pontuais do elemento.

Considerando-se que a Resolução N^o 420/2009 do CONAMA não estabeleceu valores orientadores para as concentrações em solos de (Al, Fe), possivelmente, devido a esses elementos apresentarem amplas faixas de variação nos solos tropicais do Brasil. Salienta-se que também não foram ainda, estabelecidos os valores orientadores, para V em solos. A resolução CONAMA, somente estabeleceu o valor para investigação, em usos industriais, de 1.000 mg kg⁻¹.

Acredita-se que os valores de concentração dos elementos Al, Fe e V, sejam relativos as reações de intemperismo dos materiais rochosos e/ou Latossolos vermelho aluminoférricos, oriundos de rochas vulcânicas básicas (basaltos) pertencentes a Formação Serra Geral, bem como seus produtos acessórios, associados aos óxidos, hidróxidos e/ou aos argilominerais. Acredita-se que as concentrações destes elementos, em sua maior parcela, sejam de origem natural e não de origem antrópica.

NEPOMOCENO (2006), destaca dentre os 21 elementos componentes da química do corpo humano, o Ferro apresenta uma concentração de cerca de 1.000 mg kg⁻¹, enquanto os elementos (Al, V, Sn, B, Si) são considerados elementos traços, e ocorrem em menor concentração. Para esses elementos, ainda não foi encontrada uma função no corpo humano.

4 CONCLUSÃO

A técnica de Espectrometria Fluorescência de Raios – X por Energia Dispersiva demonstrou ser rápida e eficiente para quantificação de metais (Fe, Al) e metalóide (V) em perfis de solos formados a partir de rochas vulcânicas basaltos da Formação Serra Geral, ocupados por cemitério. Portanto, apresenta um potencial para uso em estudos de investigação ambiental.

Pela análise dos solos por EDXRF, foi possível determinar as concentrações de Alumínio,

Ferro e Vanádio. Esses elementos apresentaram concentrações variadas nos perfis do Latossolo vermelho aluminoférrico, na maioria dos pontos amostrados, principalmente nas profundidades acima de 150 cm, profundidade esta, onde se encontram sepultados os corpos.

Uma vez que a rocha matriz basáltica (Ígnea Máfica), a qual deu origem ao Latossolo vermelho aluminoférrico desenvolvido em Clima Temperado, pode-se dizer que:

-A faixa de variação das concentrações de Al, entre 78.672,03 até 185.479,30 mg kg⁻¹ foi superior àquela proposta KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986), para as rochas máficas 78.000 até 88.000 mg kg⁻¹;

-A faixa de variação das concentrações de Fe, entre 54.815,23 até 205.796,30 mg kg⁻¹ foi bastante superior àquela proposta KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1986), para as rochas máficas 37.000 até 59.000 mg kg⁻¹;

- A faixa de variação das concentrações de V, foi inferior em cerca de 12,8% nas amostras avaliadas, em relação ao Valor de Referência, para solos desenvolvidos em atividade antrópica industrial;

-Não foi encontrado no perfil de solos um gradiente de concentração dos elementos Al, Fe e V;

-Não foram identificados nódulos e/ou concreções ferruginosas de óxidos e/ou hidróxidos de Al e Fe no perfil;

-Os resultados obtidos com a técnica de EDXRF são semiquantitativas e podem contribuir na estimativa da faixa de concentração dos valores orientadores de qualidade em solos tropicais a temperados.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. do T. de.; NASCIMENTO, C. W. A. do. Redistribuição entre frações e teores disponíveis de zinco em solos incubados com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do solo, Vol.29, p.635-644, 2005.

AUBERT, H.; PINTA M. Trace elements in soils. Development ins soil science 7. Published for O.R.S.T.O.M. Elsevier Scientific Publishing Company. 395 p, 1977.

BARROS, J. I.; MELO, V. DE F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. DE L.; LUCIANO, P. R. Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). Revista Brasileira de Ciência do solo,

Vol.32, p.1763-1773, 2008.

BECK, M. H. Investigação de área degradada pela disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo. 2005. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

BENAMAR, M. A.; OUMERT, I.; TOBBECH, S. Assessment of the state of pollution by heavy metals in the surficial sediments of Algiers Bay. Appl. Radiat isotopes, Vol.50, p.975-980, 1999.

BONA, I. A. T.; SARKIS, J. E. S.; SAVADOR, V. L. R.; SOARES, A. L. R.; KLAMT, S. C. Análise arqueométrica de cerâmica Tupiguarani da região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, usando Fluorescência de raios X por Dispersão de Energia (EDXRF). Revista Química Nova, Vol.30, p.785-790, 2007.

BRITO, M. A. de. Tratamento de Resíduos de Cromo (VI). Disponível em: <http://www.qmc.ufsc.br/marcos/tabela.swf>. Acessado em: 10 de dezembro de 2011.

CARVALHO, C. N. Geoquímica Ambiental - Conceitos, métodos e aplicações. Revista Brasileira de Geociência, Vol.03, p.17-22, 1989.

CASTRO, D. L. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza □ CE. Revista Brasileira de Geofísica, Vol.26, p.251-271, 2008.

CELLIGOI, A.; SOUSA, R. V. B.; MEDEIROS, H. R.; LAMÔNICA, D.; MACHADO, A. De C. Utilização do permeâmetro de guelph na determinação da condutividade hidráulica da zona não saturada do aquífero freático nas imediações do lixão de Londrina - PR. XIV Congresso Brasileira de Água Subterrânea, 2006. Anais eletrônicos... Curitiba: ABAS, 2006. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23194>. Acessado em: 23 de dezembro de 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Decisão de Diretoria Nº 195-2005- E, de 23 de Novembro de 2005. Disponível em: http://www.agsolve.com.br/pdf/artigos/novatabelacetesb_2005.pdf . Acessado em: 23 de dezembro de 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Nº335, de 3 de Abril de 2003. Disponível em: <http://www.sedhab.df.gov.br/sites/300/379/00001249.pdf>. Acessado em: 23 de dezembro de 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Nº368 de 28/03/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=488>. Acessado em: 10 de junho de 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução 420, de 28 de Dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acessado em: 23 de dezembro de 2011.

COSTA, C. das N. Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul. 2005. 111f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

COSTA DA SILVA, R. W.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios – Fontes potenciais de contaminação. Revista Ciência Hoje, Vol.24, p.24-29, 2009.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Sistema de informações de águas Subterrâneas/SIAGAS. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acessado em: 10 de Junho de 2013.

CUNHA, F. G.; MACHADO, G. J. Estudos de geoquímica ambiental e o impacto na saúde pública no município de São Gonçalo do Piauí. Brasília: CPRM, 2004.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Fortaleza, CPRM, 3ª Ed. Revisada e ampliada, 812 p, 2008.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - Secretaria de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br>. Acessado em: 10 de setembro de 2012.

DREVER, J. I. The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments. New York: Prentice Hall, 1997.

- FORTESCUE, J. A. C. Environmental geochemistry. A Holistic Approach. Ecological Studies. New York – Heidelberg – Berlin: Springer Verlag, 1980.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Brasília: Funasa, 2007.
- GUEDES, J. Do N. Diagnóstico e estudo da variabilidade espacial da contaminação por metais pesados em solos e águas superficiais de área de destruição de munícipio. 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.
- HAN, X. Y.; ZHUO, S. J.; SHEN, R. X.; WANG, P. L.; JI, A. Comparison of the quantitative results corrected by fundamental parameter method and difference calibration specimens in x-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Vol.97, p.68-74, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Contagem da população. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=432020>. Acessado em: 23 de dezembro de 2011.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater Quality Protection: a Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environmental Agencies. Washington: The Word Bank, 2002.
- HEATH, R. C. Hidrologia básica de água subterrânea. United States Geological Survey Water Supply 2220. (1983). Dept. of Natural resources and community development. North Carolina. USA. Tradução para o Português: Mário Wrege e Paul Potter. Porto Alegre: IPH/ UFRGS, 1983.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace Elements in Soil and Plants. Florida: CRC Press, 1986.
- KEMERICH P. D. C., SILVÉRIO DA SILVA J. L., BARROS G., BORBA W. F., UCKER F.E., FOLETTO C. V. Caracterização química da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva (EDRFX). *Revista. Ambi-Água- Revista interdisciplinar de Ciências Aplicadas*. Vol.7, p.166-182, 2012.
- KORF, E. P.; QUEVEDO, M. E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo-RS. *Revista Ciências Ambientais*, Vol.2, p.43-60, 2008.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. Geologia Geral. São Paulo: Editora Nacional, 1980.
- MARGUÍ, E.; HIDALGO, M.; QUERALT, I.; VAN MEEL, K.; FONTÁS, C. Analytical capabilities of laboratory, benchtop and handheld X-ray fluorescence systems for detection of metals in aqueous samples pre-concentrated with solid-phase extraction disks. *Journal Trends in Analytical Chemistry*, Vol.28, p.362-372
- MÂCEDO, J. A. B. De. Introdução à Química Ambiental – Química e Meio Ambiente e Sociedade. Juiz de Fora: O lutador, 2006.
- MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. Projeto Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM/SEMA/DRH, 2005.
- MARQUES, J. F.; SKOPURA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.
- MERLINO, L. C. S. Bário, Cádmiio, Cromo e Chumbo em plantas de milho e em latossolo que recebeu lodo de esgoto por onze anos consecutivos. 2010. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- MIRANDA, C. R. De.; SALVI, R. R.; SEGAN-FREDO, M. A.; GUIDONI, A. Riscos ambientais do uso de dejetos suínos como fertilizante: avaliação no âmbito de uma microbacia hidrográfica. CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIA ESPECIALISTA EM SUÍNOS. Anais eletrônicos... Florianópolis: CRMV, 2007. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/206.pdf. Acessado em: 12 de junho de 2012.
- Da SILVA, J. E.; MOTA SOBRINHO, M. A.; OLIVIER, S.; Da SILVA, L. V. Metodologia para extração de Cromo de lodo galvânico. XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007. Anais... Belo Horizonte: ABES, III-03, 2007.
- NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; SANTOS, R. P.;

- BARBIÉRI, R. S. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. *Natureza on Line*, Vol.6, p.36-41, 2008.
- NEPOMOCENO, M. G. S. A fórmula do corpo humano. São Paulo: Química Ensino Médio, 2006.
- OMOTE, J.; KOHNO, H.; TODA, K. X-Ray fluorescence analysis the fundamental parameter method for the determination of the elemental composition in plant samples. *Journal Analytica Chimica Acta*, Vol.307, p.117-126, 1995.
- PATACA, L. C.; BORTOLETO, G. G.; BUENO, M. I. M. S. Determinação de arsênio em águas contaminadas usando fluorescência de raios-X por energia dispersiva. *Revista Química Nova*, Vol.28, p.579-582, 2005.
- PACHECO, A. Meio ambiente & cemitérios. São Paulo: Editora Senac, 2012.
- RODRIGUES, L.; PACHECO, A. Groundwater contamination from cemeteries cases of study. Disponível em: <http://waylandwells.info/wp-content/uploads/2012/07/Groundwater-Contamination-from-Cemeteries-Case-Studies-2010.pdf>. Acessado em: 20 de Junho de 2013.
- SANTOS, M. M. dos. Avaliação hidrogeológica para determinação de vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR). 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Geociências) □ Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- SILVA, C. S.; PEDROSO, M. F. M. Ecotoxicologia do cromo e seus compostos. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2001.
- SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A. O contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008. Anais eletrônicos... Natal: ABAS, 2008. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~laam/rgsg/artigos/abas.pdf>. Acessado em: 12 de julho de 2012.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. Do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008.
- SOUZA, M. C. M. R.; MONTEIRO, R. N. F.; DOS SANTOS, F. R. M.; CAMELO, F. M. B.; SALES, M. L. M.; NUNES, P. J. F. Avaliação dos teores de Alumínio encontrados em análises de solo do município de Ibiapina - CE. II WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO & I SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O USO MÚLTIPLO DA ÁGUA, 2008. Anais eletrônicos... Fortaleza: ABAS, 2008. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/soloagua-clima/doc/Raimundo/RE7.pdf>. Acessado em: 23 de Junho de 2012.
- WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. Da; CHERUBIN, M. R.; RIGO, J. P. G. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF). *Revista Química Nova*, Vol.07, p.1449-1452, 2010.