



Condutividade LIN em áreas de inumações de diferentes idades do Cemitério do Tapanã, Belém/PA

Lúcia Maria da Costa e Silva¹ & Danusa Mayara de Souza², 1 – Faculdade de Geofísica a, 2 – Curso de Pós-Graduação em Geofísica, IG/UFPA

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Cemitérios geram diferentes impactos e se destaca o impacto ambiental provocado pelo necro-chorume, cuja composição compreende desde sais minerais a substâncias orgânicas. O mapeamento da pluma de necro-chorume tem sido apontado como possível devido ao aumento na condutividade provocado pelos sais. O teste realizado com LIN em cemitério da Amazônia não mostrou que isso seja possível.

Impactos Ambientais dos Cemitérios

Cemitérios geram impactos ambientais, urbanísticos, sócio-econômicos e psicológicos, mas sem dúvida são os impactos ambientais que mais chamam a atenção.

Os impactos ambientais dos cemitérios atingem o ar, o solo e, especialmente, a água.

O primeiro é provocado pelos chamados gases funerários, entre os quais se destacam: o gás metano (CH₄), cuja inflamação espontânea resulta no fogo fátuo, e, especialmente, o gás sulfídrico (H₂S) e as marcaptanas (RSH), gás ou líquido volátil de odor extremamente desagradável.

O impacto no solo e na água, por sua vez, é provocado pelo líquido humoroso ou necro-chorume, um líquido castanho-acinzentado de odor forte e desagradável, com a seguinte composição: 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas complexas como as diaminas putrescina e cadaverina, que são responsáveis pelo chamado cheiro da morte. As diaminas, resultado da decomposição dos aminoácidos, possuem dois grupos de NH₂ unidos a um ou mais carbonos de radicais de hidrocarbonetos, ou seja, no caso da putrescina C₄H₁₂N₂ (1,4-diaminobutano) e da cadaverina C₅H₁₄N₂ (1,5-diaminopentano). A toxicidade do necro-chorume é extremamente elevada devido à presença dos venenos orgânicos complexos e da carga patogênica associada aos micro-organismos que proliferam durante a decomposição dos corpos e também aos que já estavam alojados nos corpos e podem ter sido a causa mortis. Um cadáver de 70 kg produz cerca de 30 a 40 litros de necro-chorume (cada 1 kg produz cerca de 0,5 litro)(CETESB 1994).

Os cemitérios são, portanto, projetos que põem em risco o meio ambiente e a saúde pública. Apesar disso, eles têm recebido muito pouca atenção, mas esse quadro tende a mudar, porque passaram a ser exigidas investigações referentes a cemitérios 1) antes da licença de instalação, para assegurar a sua implantação ambientalmente correta, 2) durante o funcionamento, para monitorar o impacto ambiental, e 3) após o fechamento, para acompanhar a depuração biológica e, no caso dos cemitérios rotativos, liberar a área para re-utilização.

A Geofísica pode e deve ser usado em todas essas fases. Geralmente, as investigações geofísicas em cemitérios são conduzidas com os métodos elétricos: sondagens e caminhamentos com o método da eletrorresistividade e, mais raramente, mapeamentos com o método do potencial espontâneo. Mais recentemente, vem sendo utilizado o método eletromagnético Slingram, especialmente o LIN (abreviatura de "low induction number"), o Slingram para trabalhos sob a condição de baixo número de indução.

Vários trabalhos vêm apontando relação de anomalias de condutividade com sais minerais e outras substâncias liberadas durante a decomposição dos corpos (por exemplo, Barreira et al. 2008).

De um modo geral, contudo, os trabalhos em cemitérios visam conhecer os aquíferos, em especial a profundidade do aquífero livre bem como a direção e o sentido do fluxo da água nele presente.

Esses têm sido os objetivos de vários trabalhos realizados com diferentes métodos em cemitérios da Amazônia (por exemplo, Carvalho 1997, Carvalho & Silva 1997, Damasceno 2001). Na Amazônia, o elevado índice pluviométrico é considerado fator de dispersão tão forte dos sais que a identificação de plumas de contaminação do necro-chorume saíria enormemente prejudicada.

Com o surgimento do LIN e o aparecimento de novos trabalhos que consideram que a pluma de necro-chorume pode ser detectada pela sua condutividade, resolvemos testar essa hipótese, como parte das aulas da disciplina de Métodos Eletromagnéticos do Curso de Graduação em Geofísica em 1997, em áreas de inumações de diferentes idades do Cemitério do Tapanã em Belém do Pará (Foto 1).



Foto 1 – Vista do cemitério do Tapanã (modificada de CODEM, 1996). Linha vermelha: perímetro do cemitério. 0: área sem inumação (estacionamento). 2m: área de inumações realizadas há dois meses. 4a: área de inumações de quatro anos.

Investigação Realizada

O Cemitério Municipal do Tapanã é um cemitério rotativo, ou seja, os corpos de adultos são exumados após cinco anos, enquanto os de crianças, após três anos, e os restos seguem para ossoário, para que as covas possam ser re-utilizadas. Por isso, foram selecionadas áreas no cemitério do Tapanã onde ainda não ocorrerá a rotatividade de corpos, com cota topográfica aproximadamente igual para que tanto o nível hidrostático como também a seção geológica das áreas pudessem ser presumidos como muito semelhantes.

A foto 1 mostra o cemitério do Tapanã e as três áreas selecionadas para a medição: 0 – área sem inumações, 2m – área com inumações ocorridas há dois meses e 4a – área com inumações com idade de 4 anos.

A figura 1 permite observar que as áreas selecionadas estão situadas na parte alta do cemitério e têm cotas topográficas muito próximas. O nível hidrostático nessa porção do cemitério está situado em torno dos 7,5 m.

Litologicamente, as áreas possuem na sua base seixos derivados de Grés-do-Pará (arenito com matriz ferruginosa), cobertos por sedimentos areno-argilosos e aterro argilo-arenoso.

A foto 2 mostra a área 0, sem inumações, coberta quase toda com bloquete de cimento de 8 cm, ou seja, uma camada fina resistiva. A foto 3, por sua vez, mostra área com inumações em que se pode notar que elas são realizadas muito próximas umas das outras (note que nem todas possuem cruz ou alvenaria).

As medidas foram realizadas em diversas posições de cada área com o único equipamento disponível de LIN, o EM34-3 da Geonics, com cabo para o sinal de referência de 10 m.

Com as bobinas dispostas segundo o arranjo coplanar vertical (dipolo horizontal - DH), a profundidade aparente de investigação seria de 7,5 m, mas como o ambiente é rico em argila, essa profundidade seria ainda menor.

Resultados

A figura 2 mostra os resultados obtidos com 23 medições DH, após a eliminação tanto da maior como da menor medida obtida para cada uma das áreas.

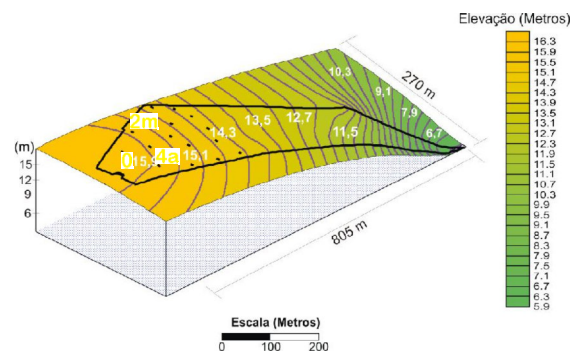


Figura 1 – Topografia do cemitério. Linha preta: perímetro do cemitério. 0: sem inumações. 2m e 4a: inumações de 2 meses e quatro anos, respectivamente (modificada de Nascimento, 2008).



Foto 2 – Área sem inumação 0 (estacionamento) e parte da equipe instalando o LIN.



Foto 3 – Área 2m (inumação há dois anos).

A resistividade média para a área sem inumação é 4,9 mS/m, para a área com inumação há dois meses é 5,1 mS/m e, finalmente, para a área com inumações de quatro anos é 4,4 mS/m, como mostra a figura 2.

Após dois meses de inumação, a condutividade do terreno aumentou ligeiramente em relação à condutividade observada na área sem inumação. Considerando-se seja o fato da diferença entre as medidas ser mínima, seja o desvio padrão das medidas, as duas áreas têm o mesmo valor de condutividade. Se a contribuição resistiva do bloquete existe, então pode ser que tenha havido após a inumação uma ligeira elevação da condutividade, como outros pesquisadores já observaram.

Após 4 anos de inumação, contudo, o ambiente teria ficado mais resistivo do que o ambiente sem inumação (mas cujo efeito dos bloquetes não foi considerado).

Discussão

Barreira et al. (2008) mostram pseudo-seções de condutividade obtidas no cemitério de Fonte de Angeão (Vagos, Portugal) com os equipamentos EM-34 e EM-31 da Geonics, usando as bobinas dispostas segundo os arranjos coplanar vertical e coplanar horizontal e diferentes cabos de referência de modo a alcançar as profundidades aparentes de investigação de 2,2 a 50,6 m.

O cemitério de Angeão está localizado sobre areias médias a finas de origem eólica, acumuladas sobre um substrato impermeável de argila. O trabalho mostra uma pluma de condutividade correlacionável com o cemitério, localizada entre cerca de 10 a 30 m de profundidade, que se estende dezenas de metros. Os valores de condutividade variam de 10 a 120 mSm.

Os resultados obtidos no Tapanã mostram que a pluma de necro-chorume não parece ter grande influência no ambiente, embora o número de sepultamentos por dia no Tapanã seja igual ao número de sepultamentos que o cemitério de Angeão recebe em um ano (cerca de 10 a

23 corpos). A quantidade de necro-chorume no Tapanã é, portanto, muito maior do que a do cemitério referência.

O clima de Angeão é, contudo, seco, ao invés do Tapanã, que se encontra submetido ao clima extremamente úmido.

De fato, a Amazônia tem aspectos que lhe são muito peculiares. Por exemplo, as intensas chuvas promovem a lixiviação dos íons para as porções inferiores da seção, de modo que não é raro obter-se condutividades baixas para a subsuperfície, ao contrário do que se espera devido à elevada umidade (e presença de argila).

Conclusões

Merece especial atenção o comportamento da pluma de contaminação do necro-chorume pela possibilidade que existe dela ser detectada pela sua condutividade. Essa é uma pluma que poderia, devido aos compostos orgânicos e a biodegradação dos mesmos, ter um comportamento que guardasse alguma analogia com as plumas de hidrocarbonetos (que, de maneira simplista, são resistivas inicialmente e, depois, condutivas).

O teste realizado, contudo, apóia a hipótese de que as chuvas dispersam os sais do necro-chorume, prejudicando a identificação da pluma com esse contaminante na Amazônia.

Certamente, a premissa que as áreas escolhidas para os testes possuem a mesma geologia pode não estar correta, porque lentes de argila são comuns, por exemplo.

O interesse despertado com o referido experimento fomentou a criação do campo de testes controlados de Geofísica no Cemitério do Tapanã em Belém do Pará (FORAMB), onde vários métodos geofísicos estão sendo usados buscando compreender mais a fundo o problema sob investigação ao longo do tempo.

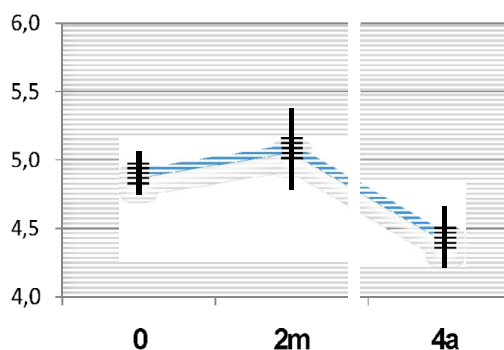


Figura 2 – Média e desvio padrão das medidas de condutividade (mS/m) nas áreas de inumação 0 e com inumacões 2m (dois meses) e 4ª (quatro anos).

Agradecimentos

A turma de 2005 do Curso de Graduação em Geofísica e ao colega Waldemir Gonçalves Nascimento por ajudar na coleta dos dados.

Ao Prof. José Gouvêa Luiz por ter lançado a idéia de que, na Amazônia, a despeito da intensa pluviosidade, deveria ser investigado se o necro-chorume pode gerar plumas detectáveis pela sua condutividade. Ao colega de Portugal Carlos Barreira pela gentil troca de informações. A Sra. Meyre Esther Mendes Chagas, diretora do Departamento de Necrópoles da Secretaria Municipal de Administração, pela autorização dos testes.

Pedro e Figueiredo, F. P. O. de Contaminação provocadas Estudo no Cemitério de Fonte Congresso de Água, Cascais APRH Associação Portuguesa . Disponível em: HTTP//gua2008/comunicações/92.pdf.

7. Aplicação de Métodos Geofísicos Subterrâneas na Grande Beengui). Belém, DGF/CG/UFPA.

Ilva, L.M.C. 1997. SP e Eletror- Estudo Hidrogeológico de um ESSO INTERNACIONAL DA DE GEOFÍSICA, 5. V. 1. São

Paulo. Anais. p. 4/1-4/4.

CETESB - 1994 - Roteiro para Elaboração de Estudos de Viabilidade Geológica de Cemitérios. São Paulo, CETESB. 15 p.

CODEM, 1996. Ortofotos do Município de Belém – Áreas urbana e de expansão urbana. Prefeitura Municipal de Belém/Pará.

Damasceno, F. F. 2001. Levantamento Geofísico do Cemitério do Tapanã., DGF/CG/UFPA. TCC. 67 p.

Nascimento, W. G., 2008. Investigação Geofísica Ambiental e Forense com os Métodos Radar e LIN nos Cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém, PA). Dissertação de Mestrado. CPGF/IG/UFPA, Belém. Inédito.