

Desenvolvimento urbano e risco ambiental: uma avaliação da água subterrânea próxima ao cemitério municipal de Petrópolis

Autores: Roberta Dalvo Pereira da Conceição^{1,2}, Renata Gomes de Brito Mariano², Felipe Hiroshi Correia Katsumoto², Ronald Santos de Brito² e Erick Caetano Kraes²

- 1- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- 2- Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ – uned Petrópolis)

Resumo: Cemitérios consistem em áreas cujo impacto ambiental se assemelha ao de um aterro sanitário. A principal diferença está contida no resíduo contaminante liberados pela decomposição, que neste caso se dá através da dissolução pútrida dos corpos originando um líquido malcheiroso e acinzentado, o necrochorume. Essas substâncias são as principais relacionadas à contaminação causada pelo composto, podendo ser responsáveis pela transmissão de doenças como a febre tifóide e a hepatite. O Cemitério Municipal localizado no primeiro distrito de Petrópolis (região central) está situado em uma área residencial e estudos mostram que em circunstâncias similares, principalmente em terrenos em aclave, ocorre percolação de necrochorume no solo e conseqüentemente lixiviação de substâncias químicas para os cursos de água do entorno. Sendo assim, este trabalho pretende mapear os poços e minas presentes nas residências situadas no entorno do cemitério municipal de Petrópolis e avaliar a qualidade da água subterrânea desses poços e minas visando identificar possível contaminação por necrochorume. Serão adotados os parâmetros de análises relacionados à legislação vigente de potabilidade e balneabilidade (Microbiológicos: E. coli; e Físico-químicos: pH, cor aparente, turbidez) e a presença de contaminação por necrochorume por meio da detecção de C. perfringens. Essas coletas ocorrerão nos meses de fevereiro e maio, que coincidem, nesta região, com os períodos de baixo e alto índice pluviométrico, respectivamente. Espera-se que este trabalho possa auxiliar na tomada de decisão do poder público local para mitigar possíveis danos ambientais causados pelo aumento de novas áreas destinadas a sepultamentos assim como relacionadas à vulnerabilidade da população que reside em áreas no entorno do cemitério.

Palavras-Chaves: Água subterrânea; poluição; cemitérios; necrochorume

1. Introdução

No Brasil, cerca de 15,6% dos domicílios utilizam, para consumo humano e atendimento de suas necessidades, exclusivamente água subterrânea (IBGE, 2010) e, em geral, as pessoas não se dão conta da dimensão da problemática acerca dos cemitérios (MARCOMINI; CASTRO, 2010). Uma vez que um solo possui uma alta condutividade hidráulica temos uma situação de contaminação por necrochorume chamada de alto risco, que é mais agravada em regiões com alto índice pluviométrico, como é o caso da Região onde se situa o Cemitério em estudo. A contaminação de um cemitério por necrochorume pode chegar a um raio de 400 metros e acarretar doenças e distúrbios como vômitos, gastroenterite, diarreias e cólicas. Esta

contaminação acomete a saúde de pessoas que consomem águas oriundas de poços artesianos ou cisternas próximas ao cemitério (STIPP, SILVA e BERTACHI, 2011; SILVA, RODRIGUES e OLIVEIRA, 2012). Esta fala é corroborada por Espíndula (2004) e Goelzer e Carvalho (2023), onde este apresenta resultados de estudos que alertam para a necessidade de se promover investigações sistemáticas, principalmente, em áreas residenciais próximas a cemitérios, onde há exploração de água por meio de fontes e poços.

No caso específico deste cemitério municipal, não há nenhum tipo de barreira ou direcionamentos das águas advindas da parte elevada do cemitério e nem das águas que adentram as sepulturas. Estas águas da chuva advindas deste local misturam-se com outras advindas de localidades diferentes e infiltradas no solo. E sendo uma região carente ao seu entorno com ações de saneamento são apresentadas de forma incipiente, os poços tornam-se uma saída atrativa de uso. Desta forma, este cenário concretiza a fragilidade desta nesta região do entorno do cemitério e adjacências, onde existem muitas moradias que se abastecem por meio de poços ou das chamadas minas d'aguas.

Como forma de caracterização do ambiente de estudo, ressalta-se que o Cemitério Municipal localizado no primeiro distrito de Petrópolis (região central) está situado em uma área residencial e estudos mostram que em circunstâncias similares, principalmente em terrenos em aclave, ocorre percolação de necrochorume no solo e conseqüentemente lixiviação de substâncias químicas para os cursos de água do entorno (LEITE, 2009; BETTIATO et al., 2015). Chama-se a atenção, também, que o cemitério municipal entrou em funcionamento no ano de 1855, segundo Bretz (1931, p.4) e, atualmente, conta com 8120 sepulturas de acordo com a Prefeitura Municipal de Petrópolis (2022).

Por fim, este projeto visa contemplar os ODS 03 (Saúde e bem-estar) e o ODS 06 (Água limpa e saneamento), uma vez que tem por finalidade avaliar a qualidade da água oriundos de poços/minas presentes nas residências ao redor do cemitério municipal de Petrópolis com o intuito de verificar a presença de contaminação por necrochorume.

Problemas ambientais provenientes de águas subterrâneas podem ocorrer por meio de contaminação por cemitérios, levando em consideração que na projeção da maioria destas necrópoles não foram realizados estudos geológicos e hidrogeológicos. Sendo assim, estas instalações representam grande risco de contaminação por necrochorume.

A localização dos cemitérios geralmente se dá em lugares afastados do centro urbano, porém, o cemitério municipal de Petrópolis está localizado no Primeiro Distrito, no centro da cidade, em uma zona urbana com elevada densidade demográfica. No entorno do cemitério existe uma comunidade cujas dependência ocupam partes dos setores da região cemiterial, bem próximo às áreas de sepultamento. Algumas dessas residências, por questões de vulnerabilidade social, fazem o uso de água obtida por meio de poços ou das chamadas minas d'aguas.

Desta forma, a problemática resultante da vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos e de demais hidrossistemas nas imediações e abaixo dos cemitérios proporcionam riscos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais pelo necrochorume. Além disso, no último dia 22 de março de 2024, em virtude das fortes chuvas que atingiram o município, uma parte considerável das gavetas de sepultamentos localizadas na área superior do cemitério desabaram, o que possivelmente provocou percolação de necrochorume pelo solo, tornando mais urgente a avaliação das águas subterrâneas do entorno.

2. Fundamentação Teórica

De acordo com a resolução nº 335 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicada em 3 de abril de 2003, a decomposição do corpo humano libera um líquido chamado de “produto da coliquação”, conhecido popularmente como necrochorume. Tal produto possui textura viscosa, cor castanho-avermelhada, forte odor e um alto grau de patogenicidade. Sua densidade média é de 1,23 g/cm³ e possui relação entre volume de composto produzido e peso do corpo humano de 0,60L/Kg (CARNEIRO, 2008).

É possível encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana (HIRATA, & SUHOGUSOFF, 2004). Algumas sepulturas localizam-se próximo ao nível do lençol freático (cerca de quatro metros abaixo do nível do solo). Estas são as mais prejudiciais aos aquíferos subterrâneos, principalmente as que possuem menos de um ano de instalação. Ocasionalmente alto consumo de oxigênio, geram um aumento na quantidade de sais minerais, que eleva a condutividade elétrica da água, levando ao aumento da concentração dos íons como bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio. Tem-se também um aumento nos metais ferro, alumínio, chumbo e zinco (MACEDO, 2004).

Em São Paulo, Romanó (2005) identificou a presença dos patógenos causadores de poliomielite e hepatite em poços de profundidades de 40 a 60 metros, evidenciando que a contaminação pode alcançar grandes profundidades e vasta extensão, implicando na contaminação da água de toda a região que for abastecida com esta. A contaminação por meio de cemitérios, por exemplo, é um fator que pode levar a alteração da qualidade físico-química e microbiológica das águas, devido às substâncias e microrganismos oriundos da decomposição dos cadáveres e até de possíveis agentes causadores de doenças que podem, inclusive, ter vitimado, como causa mortis, o indivíduo sepultado.

De acordo com Santos, Silva, Chaves e Camponogara (2007), os cemitérios são equivalentes aos aterros sanitários. A principal diferença está contida no resíduo contaminante liberados pela decomposição, que neste caso se dá através da dissolução pútrida dos corpos originando um líquido malcheiroso e acinzentado, o necrochorume (SILVA, SOUZA, & ROCHA, 2006).

Considerando as características deste composto, Üçisik e Rushbrook (1998) afirmam que há utilidade em examinar os resíduos do escoamento cemiterial como um potencial análogo ao do destino dos lixiviados de aterros. O necrochorume, por ser levemente mais denso que a água, possui uma ótima mobilidade e dispersão, percorrendo o aquífero até a sua camada impermeável, sendo carregado no sentido do fluxo subterrâneo, contaminando toda a região.

As águas que entram em contato com o composto podem absorver os contaminantes microbiológicos, como bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, enterovírus e adenovírus. Pode ocorrer, ainda, um aumento do consumo de oxigênio, decorrente da decomposição biológica e transformações, especialmente dos compostos com nitrogênio, fósforo e enxofre (CUNHA et. al., 2008).

Alguns indicadores são utilizados para detectar a alteração ou contaminação de aquíferos subterrâneos por necrochorume, como a condutividade elétrica, cloretos, compostos de nitrogênio (nitrogênio total e amoniacal), amônia, nitritos e nitratos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD) (CUNHA et. al., 2008). Pode-se, ainda, realizar a análise dos bioindicadores, como os Streptococos, Salmonella, coliformes totais, E. coli, clostrídios sulfito-redutores como Clostridium perfringens, além de Pseudomonas aeruginosae,

bactérias proteolíticas (ESPÍNDULA, 2004). Destes, o *Clostridium* spp, *Streptococcus* e enterobactérias são colonizadores de cadáveres humanos, podendo representar grandes indícios de contaminação por necrochorume (ÜÇISIK, & RUSHBROOK, 1998).

Enetério (2009), acredita que amostras de água que apresentem baixa concentração de patógenos de poluição fecal (Coliformes Termotolerantes), porém, possuem maior número de bactérias anaeróbias, tais como os clostrídios sulfitos-redutores (CSR), indicam provável contaminação cemiterial.

Em relação as bactérias do gênero *Clostridium*, encontram-se os bacilos anaeróbicos gram-positivos, que podem habitar o trato intestinal humano e de animais de sangue quente (CARRILLO, 1998). Tais bactérias são patogênicas e podem sobreviver por longos períodos no solo e na água mais tempo do que organismos patogênicos entéricos, mesmo em condições desfavoráveis (PACHECO, 1991).

O conhecimento da mobilidade do líquido proveniente da decomposição humana no solo é fundamental para saber para qual meio físico o contaminante vai percolar: solo ou aquoso. Para isso é necessário analisar não apenas o líquido, mas também o tipo de solo onde está instalado o cemitério. O líquido derivado da decomposição humana possui cerca de 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, como bactérias e diaminas, que são consideradas tóxicas, tais como a cadaverina e putrescina (CAMPOS, 2007). Essas substâncias são as principais relacionadas à contaminação causada pelo composto, podendo ser responsáveis pela transmissão de doenças como a febre tifóide e a hepatite (FINEZA, 2008).

Objetivo Geral:

Mapear os poços e minas presentes nas residências situadas no entorno do cemitério municipal de Petrópolis e avaliar a qualidade da água subterrânea desses poços e minas visando identificar possível contaminação por necrochorume.

Objetivos Específicos:

Levantar a literatura científica para realização de revisão bibliográfica;

Levantar e mapear os poços/minas das residências no entorno do cemitério municipal;

Coletar amostras de água dos poços e minas mapeados para análise físico-química e microbiológica;

Desenvolver um relatório técnico conclusivo que possa servir de material de apoio a criação de política públicas.

3. Método de Pesquisa

O presente trabalho será desenvolvido em quatro etapas:

Etapa 1: Realizar uma revisão integrativa de fontes científicas: dissertações, teses e artigos científicos revisados por pares que abordam a contaminação de águas subterrâneas por necrochorume. O levantamento bibliográfico será efetuado nas bases de periódicos nacionais e internacionais da Capes/MEC utilizando combinações com as palavras-chave necrochorume, contaminação, água, recursos hídricos e residências. Serão considerados os documentos nas línguas inglesa, portuguesa e espanhola, com palavras-chave no “título” e/ou “resumo” e usando o operador boleano “AND” para publicações no período de 2002 a 2024. Realizar-se-á

uma revisão sistematizada com o intuito de eliminar os artigos em duplicidade e selecionar os mais relevantes por meio da leitura crítica individual e seleção das principais informações.

Etapa 2: Levantar e mapear os poços/minas das residências no entorno do cemitério municipal. Realizar-se-á uma busca ativa de poços rasos e de surgências à montante e à jusante do Cemitério, especialmente próximos à área de inumação direta no solo, com obtenção e registro de informações por meio de formulário a respeito de características do poço, tais como, profundidade, conservação, propriedades organolépticas e destinação da água explorada, sendo então realizada a seleção dos poços para o estudo.

Etapa 3: Coletar amostras de água dos poços e minas mapeados para análise físico-química e microbiológica. Serão adotados os parâmetros de análises relacionados à legislação vigente de potabilidade e balneabilidade (Microbiológicos: E. coli; e Físico-químicos: pH, cor aparente, turbidez) e a presença de contaminação por necrochorume por meio da detecção de C. perfringens. Essas coletas ocorrerão nos meses de fevereiro e maio, que coincidem, nesta região, com os períodos de baixo e alto índice pluviométrico, respectivamente.

Etapa 4: Desenvolver um relatório técnico conclusivo de possa servir de material de apoio a criação de políticas públicas. Nesta etapa será confeccionado um relatório técnico para apresentação junto ao poder público municipal responsável pelo cemitério, além da submissão de artigo científico à comunidade acadêmica.

4. Resultados Esperados

Espera-se que o estudo obtenha os seguintes resultados como produtos: um levantamento bibliográfico a respeito do tema central do estudo. Os resultados com relação a contaminação ou não das águas subterrâneas na região do entorno do cemitério de estudo. Espera-se ainda que este trabalho possa auxiliar na tomada de decisão do poder público local para mitigar possíveis danos ambientais causados pelo aumento de novas áreas destinadas a sepultamentos assim como relacionadas à vulnerabilidade da população que reside em áreas no entorno do cemitério.

Referências Bibliográficas

BETIATTO, A. C.; SOUZA, F. X. D.; BINI, M. C. **A morte, a atividade cemiterial e o meio ambiente.** Gepesvida, v. 1, n. 2, p. 121-141, 2015.; Disponível em: <<http://www.icepsc.com.br/ojs/index.php/gepesvida/article/view/72>>; Acesso em: 23 ago 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 abr. 2003. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>>. Acesso em: 02 jun. 2021.

- CARNEIRO, V. S. (2009) Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. *Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo*. São Paulo, SP, Brasil.
- ENETÉRIO, N. G. P. (2009). *Avaliação da suscetibilidade do aquífero freático à contaminação por necrochorume em Bonito-MS*. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, MS, Brasil
- ESPINDULA, J. C. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do Cemitério da Várzea – Recife**. 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- FINEZA, A. G. (2008) *Evaluation of contamination of groundwater by graveyards: a case study Tabuleiro – mg*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.
- GOELZER, D. P.; CARVALHO, T.S. Contaminação de águas subterrâneas por necrochorume. *Revista Foco*, v.16, n.6, p.1-16, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2231/1408>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=292740. Acesso em: 22 out. 2022.
- LEITE, E. B. **Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA**. *Candombá*, v. 5, p. 132-148, 2009. Disponível em: <http://web.unijorge.edu.br/sites/candomba/pdf/artigos/2009/a3.pdf>; Acesso em: 23 ago 2023.
- MARCOMINI, L.P.; CASTRO, R. **Avaliação de impacto ambiental e aspectos legislativos aplicáveis em cemitérios-parque: Estudo de caso do Cemitério Jardim dos Lírios, Município de Bauru - São Paulo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, São Carlos, SP. Anais. São Carlos: Associação Brasileira de Engenharia de Produção-ABEPRO, 2010.
- SILVA, C. D. O.; RODRIGUES, L. B. D. O.; OLIVEIRA, R. D. S. Impactos ambientais causados pelo necrochorume do cemitério municipal da cidade de São José da Laje/AL. *Revista Científica do IFAL*, v. 3, n. 2, p. 22, 2012.
- Stipp, M. E., Silva, M. A., Bertachi, M. H. Caracterização de impactos ambientais visuais causados por cemitérios em cidades de grande porte. Estudo de caso do cemitério São Pedro na cidade de Londrina-PR. *Revista Geografia e Pesquisa*, Ourinhos, 2011.