



Estrutura Elétrica da Contaminação Hídrica sob os Depósitos de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Alagoinhas, Bahia

Patrícia de A. Pereira* (CPG/UFBA), Olivar A. L. de Lima (CPGG/UFBA) e Maria José M. do Rêgo (POSGEMA/UFBA)

Copyright 2005, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

This paper discusses the successful results of a geoelectrical survey conducted around the actual sanitary landfill of Alagoinhas, Bahia. Forty-nine Schlumberger IP-resistivity soundings were made in regularly distributed centers in the area to allow a good three-dimensional representation of its underground geohydrology. Apparent resistivity maps and cross-section were used to depict and correlate the geoelectrical sounding results. Each SEV was inverted assuming an horizontally stratified earth model prevailing below its center and along the extent covered by the maximum AB/2 spacing used in it. A careful and integrated interpretation of the data made possible to outline the spatial configuration of a large contaminant plume, being dispersed by the natural aquifer flow. These results were confirmed by drilling three new monitoring wells in the area and by an extensive program of chemical analysis of both surface and underground waters.

Introdução

As disposições de resíduos urbanos e industriais devem ser consideradas fontes potenciais de contaminação do ambiente, mesmo aquelas que foram implantadas com sistemas de proteção para assegurar a integridade da unidade, tais como camadas basais impermeáveis e drenagem dos efluentes. A ocorrência de contaminações de solos e de águas subterrâneas tem sido associadas a muitos dos depósitos de lixo existentes no mundo, inclusive daqueles considerados seguros.

A identificação geofísica da presença de poluentes em águas subterrâneas depende do contraste entre as propriedades físicas do meio quando completamente saturado com seu fluido nativo ou quando contém diferentes proporções de líquidos poluentes. Esta metodologia, integrada a estudos químicos e biológicos compõe uma forma precisa de diagnosticar a contaminação de uma determinada área, sendo também importante nas fases de monitoramento e remediação ambiental.

No município de Alagoinhas-BA, o despejo dos resíduos sólidos urbanos é, atualmente, efetuado em um aterro sanitário. Contudo, antes da construção do

mesmo, os resíduos urbanos eram depositados num aterro simplificado, localizado entre o atual aterro sanitário e o curtume da empresa BRESPEL (Fig. 2). Neste trabalho, para reconhecer a extensão da contaminação aquífera provocada por fluidos originados de todas essas fontes, foram usados métodos geofísicos elétricos, na forma de sondagens e perfilações de IP-resistividade. Seus resultados, além de contribuir para definir a estrutura geoeletrica de uma extensa pluma de contaminação com sua auréola de dispersão, serviram também para orientar a locação de três novos poços especiais para o monitoramento ambiental dessa área.

Características Gerais da Área

O município de Alagoinhas, delimitado pelas coordenadas geográficas e UTM indicadas no mapa da Figura 1, possui uma área de 1179km², correspondendo à 0,21% da área do estado. É o município mais populoso e melhor urbanizado da região litoral norte, abrigando mais de um quarto da sua população. É também o mais importante em termos comerciais, destacando-se como um relevante entreposto, com o maior número de estabelecimentos e pessoal ocupado, e a maior receita da região. Sua área inclui os tipos climáticos úmido e subúmido, com totais anuais de chuvas de 1.280mm e temperatura média em torno de 24°C.

A vegetação natural, bastante descaracterizada pelos constantes desmatamentos, apresenta manchas onde podem ser encontrados, com aspectos variados, remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual, capoeiras em regeneração entremeadas com cultivos e pastagens. Ocorrem ainda áreas de Cerrado e vegetação de transição para a Caatinga (tensão ecológica) ambas presentes em função da pobreza dos solos arenosos, que conferem aspectos de agreste, mesmo nas faixas de clima úmido.

Alagoinhas encontra-se incluída na área das bacias hidrográficas do Recôncavo Norte, onde destacam-se como rios principais o Catu, Cabuçu, Piabas e Sauípe. A área apresenta elevado potencial de recursos hídricos de subsuperfície representado pelo sistema aquífero São Sebastião, um reservatório natural de suma importância, uma vez que a maioria dos cursos superficiais de água encontram-se poluídos.

O rio Sauípe, de interesse desse trabalho, nasce no município de Alagoinhas e desemboca no Oceano Atlântico na localidade de Porto Sauípe, distrito de Mata de São João. Há algumas décadas atrás, o alto curso deste rio constituía importante fonte de pescado e de lazer para a população de Alagoinhas e de outras cidades distritais. Atualmente, apesar dos riscos a saúde

devido à poluição, alguns poucos moradores ainda se arriscam a pescar ou banhar-se.

Os solos predominantes no município são profundos, ácidos e de baixa fertilidade natural. Predominam Argissolos (podzólicos) associados a Latossolos e Neossolos (areias quartzosas). Cobertos com vegetação rasteira, revelam uma paisagem estranha aos climas úmidos e subúmidos. O uso agropecuário é representado por grandes áreas dominadas por pastos, e também áreas com alta densidade de cultivos. Entre os cultivos destaca-se a fruticultura, com a laranja como principal produto.

A área de estudo situa-se na confluência da rodovia BR 101 com a via de ligação ao distrito de Rio Branco (Fig. 2). Além do curtiúme e dos depósitos de lixo do município a área inclui ainda as seguintes atividades de risco para a contaminação do subsolo e das águas superficiais e subterrâneas: (i) um poço de exploração de petróleo, no momento desativado; (ii) um auto-posto de serviços para veículos pesados; (iii) extensas zonas reflorestadas com eucaliptos; e iv) uma rodovia e ferrovia com tráfego de cargas perigosas.

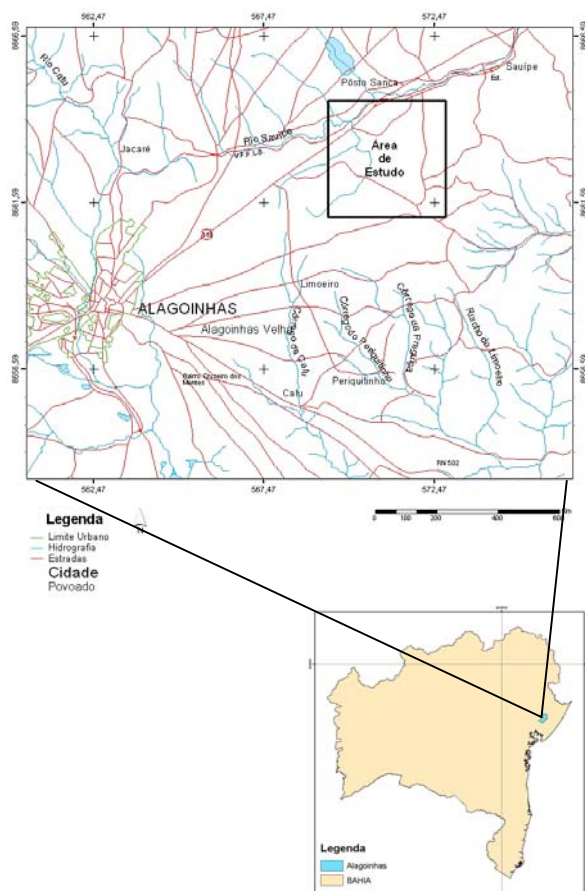


Figura 1. Mapa de localização e acesso à área de estudo.

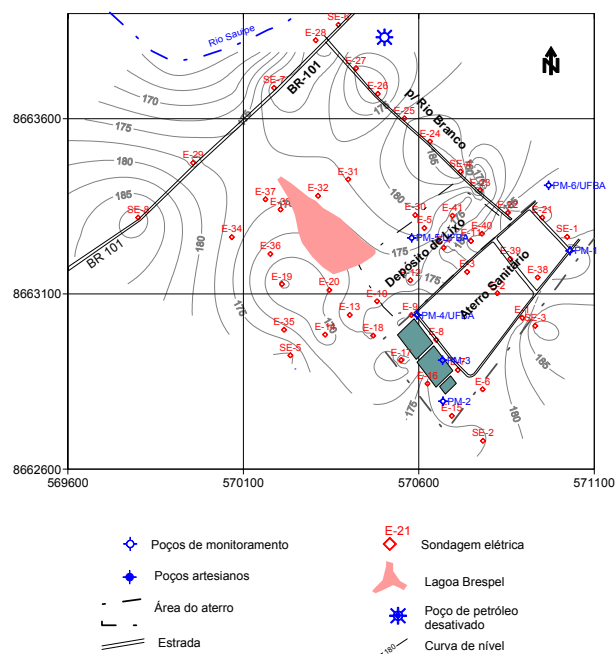


Figura 2. Mapa de distribuição dos centros das SEVs na área de estudo.

Os dois depósitos de lixo de Alagoíneas situam-se numa vertente suave do terreno, com inclinação de sul para norte (Fig. 2). O material terrígeno de recobrimento do lixo no aterro novo não possui textura adequada para isolá-lo da atmosfera, sendo rapidamente erodido pelas águas das chuvas. Somente o aterro novo dispõe de camada basal de argila impermeável, o que, todavia, não garante longevidade à proteção do subsolo.

Contíguo a área do aterro antigo encontra-se o curtiúme BRESPEL. Os efluentes do curtiúme são despejados diretamente na confluência de duas drenagens afluentes do rio Sauípe, formando duas lagoas de decantação. Uma delas está sendo aterrada como parte de um processo de recomposição ambiental do local.

A área inclui depósitos detriticos das formações Barreiras e Marizal que repousam em discordância erosiva sobre uma espessa seqüência predominantemente arenosa da Formação São Sebastião. Em afloramentos, observa-se que tanto a Formação Marizal quanto a Formação Barreiras, são constituídas de arenitos pouco argilosos com raras e finas camadas de folhelhos.

Metodologia

A metodologia empregada consistiu na execução de sondagens elétricas verticais em centros selecionados na área, usando o arranjo geométrico de Schlumberger, até espaçamentos máximos entre eletrodos de corrente de 800m. O equipamento utilizado foi o sistema de IP-resistividade SYSCAL R-2, de propriedade do CPGG/UFBA. Amostras de água foram coletadas em poços na área e em seu entorno, bem como no rio

Sauípe que recebe também os efluentes do curtume. A interpretação dos resultados das análises se deu por comparação dos valores de concentração obtidos com os valores estabelecidos em listas de padrões definidas pela Resolução 20/86 do CONAMA, pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e outros dados obtidos em estudo sobre o rio Sauípe incluído no Plano Diretor de Bacias Hidrográficas feito pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado (SRH, 1995).

Os dados das 49 sondagens elétricas verticais foram quantitativamente interpretados e representados na forma de mapas e seções geoeletricas. Todas as sondagens foram correlacionadas entre si e invertidas adotando modelos de acamamento horizontal, válidos nos limites de cada expansão. A figura 2 mostra a distribuição dos centros das SEVs na área, com as designações de SE para as sondagens profundas e de E para as sondagens rasas.

A partir dos resultados obtidos nesta etapa, foram construídos três poços especiais de monitoramento localizados, um no antigo depósito de lixo do município (aterro simplificado), outro no aterro sanitário atual e outro num ponto fora destes depósitos, próximo à uma plantação de eucaliptos.

Resultados

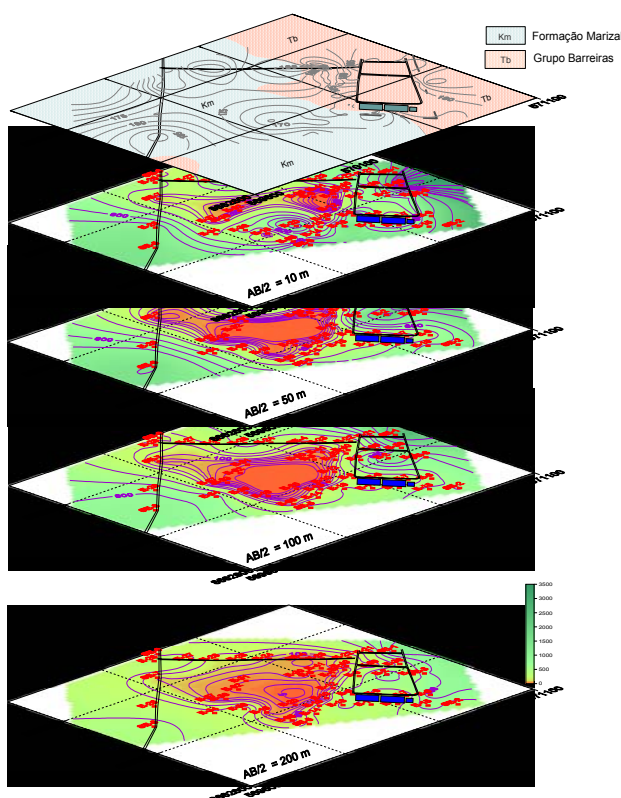


Figura 3. Mapas geológico e de isocontornos da resistividade aparente observada para espaçamentos de eletrodos AB/2 de 10 a 200m.

A Figura 3 contém mapas das funções resistividade aparente medidas com espaçamentos de eletrodos AB/2 variando de 10 a 200m. Eles delineiam, em sub-superfície, uma forte anomalia condutora ($\rho_a \leq 10$ Ohm.m), lateralmente limitada e que se estende da parte ocidental do aterro até o rio Sauípe. Tal anomalia, se insere num contexto regional resistivo ($\rho_a \geq 600$ Ohm.m), valor característico de arenitos limpos saturados com águas doces.

Um mapa da distribuição da resistividade verdadeira do aquífero, imediatamente abaixo do nível freático, é mostrado na Figura 4. Com ele foi possível demarcar a extensão lateral e a intensidade da pluma de contaminação. Supondo matriz arenosa limpa foi estimado que a salinidade da água na zona condutora estaria ampliada por um fator de quase 100 com respeito a salinidade normal da água subterrânea. Resultados de análises físico-químicas das águas, praticamente confirmam tal inferência.

Esta anomalia geoeletrica diretamente relacionada às áreas de despejos superficiais, combinada aos dados físico-químicos das águas confirmam tratar-se de uma extensiva contaminação provocada pelo lixiviado dos depósitos de resíduos urbanos e possivelmente também das lagoas de rejeito do curtume.

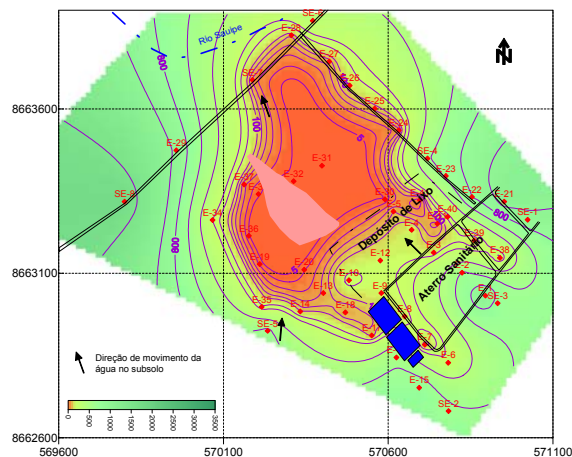


Figura 4. Resistividade verdadeira no topo da zona saturada do aquífero.

Em profundidade a pluma se caracteriza por possuir um núcleo central mais concentrado, envolvido por uma auréola de transição para as condições normais do aquífero (Fig. 5). Esta mancha parece flutuar, de forma gravitacional instável, sobre águas doces abaixo de uma profundidade de cerca de 40m. A expansão da zona mais homogênea da pluma se concentra sob a área dos depósitos de lixo e sob as lagoas de rejeito do curtume, onde a resistividade da zona saturada alcança valores inferiores a 10 Ohm.m.

Os resultados das análises químicas apontam para existência de contaminação tanto na água superficial quanto na subterrânea. O rio Sauípe recebe o efluente do curtume praticamente sem tratamento. Os sinais de sua poluição são percebidos pela cor rósea das águas e

pelos odores desagradáveis. Em suas águas há alterações na dureza total, na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), na demanda química de oxigênio (DQO), nos sólidos totais suspensos e dissolvidos, nos nutrientes, nos cátions e ânions, nos óleos e graxas e no cromo (CrIII). O teor de sódio, por exemplo, está bem acima dos valores de referência, o que pode estar associado aos insumos usados no processo de curtimento, que incluem o sulfeto de sódio, cloreto de sódio, bicarbonato de sódio, bissulfito de sódio, dentre outros.

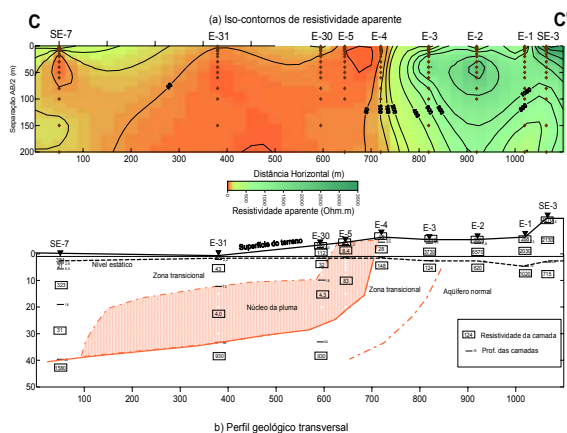


Figura 5. Variação da resistividade com a profundidade na linha C-C'.

Alterações na concentração do cromo trivalente, usado hoje em curtumes como forma de estabilizar as fibras de colágeno da pele animal, também caracterizam a contaminação como proveniente das lagoas de rejeito da BRESPEL.

As amostras de água coletadas em quatro poços de monitoramento, dois no aterro sanitário e dois da UFBA, certificam o que foi revelado pelas anomalias geoelétricas mapeadas. Os dados químicos obtidos no poço PM-5, no depósito de lixo simplificado, demonstram contaminação com alterações elevadas em quase todos os parâmetros analisados. Os resultados para o poço PM-4, no aterro sanitário, mostram que há, também, alterações sensíveis na qualidade da água nativa do aquífero, contudo mais discretas que as observadas em PM-5. Este poço localiza-se em zona sujeita à infiltrações do lixiviado, proveniente da célula atualmente utilizada para deposição, a qual não possui nem sistema de drenos e nem cobertura terrígena para os resíduos. Há alterações também no poço PM-2, situado à montante dos depósitos de lixo, indicativas de que a pluma pode ter um fluxo centrífugo direcionado para esta parte do terreno.

Conclusões

A aplicação do método geoelétrico de investigação geofísica na detecção e mapeamento de plumas contaminantes, tem como principais vantagens, em comparação aos métodos tradicionais de investigação de subsuperfície, a rapidez na avaliação de

grandes áreas com custo relativamente menor. Além disso, por sua versatilidade e pela possibilidade de múltiplas aquisições com diferentes arranjos de eletrodos, se constitui numa técnica avançada para apoiar estudos de natureza geoambientais. Neste trabalho fica demonstrado que a partir do uso integrado de mapeamentos geoelétricos detalhados na forma de seções transversais e mapas diversos com análises físico-químicas de águas superficiais e subterrâneas pode-se efetuar um diagnóstico seguro da contaminação de uma determinada área, e desta forma, subsidiar o aprofundamento dos estudos para as fases de recomposição e monitoramento.

As altas concentrações de DBO e DQO encontradas no rio Sauípe apontam para uma depleção do oxigênio dissolvido, resultante tanto da demanda elevada para os processos microbiológicos de oxidação do excesso de matéria orgânica presente na água, quanto para os processos químicos. Estes parâmetros, avaliados conjuntamente com os teores dos nutrientes nitrogênio e fósforo, revelam processo de eutrofização nas águas do rio, fato este também circunstanciado pelas condições de barramento e alteração do fluxo normal ao qual foi submetido. Neste caso as implicações para a biota aquática são sérias, uma vez que, o processo de eutrofização quebra a estabilidade do ecossistema (homeostasia), resultado do equilíbrio existente entre a produção de matéria orgânica e o seu consumo e decomposição. Com o rompimento do estado de equilíbrio, o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor.

Alagoinhas e os municípios adjacentes possuem um histórico de dilapidação de seus recursos naturais por toda sorte de intervenções antrópicas, que incluem dentre outras, a implantação de pequenos pólos industriais (FERBASA, DISAI), prospecção de petróleo (PETROBRAS) e extensas áreas reflorestadas com eucaliptos. Neste processo, pouca ou nenhuma atenção foi dada à conservação de alguns recursos naturais importantes como os cursos d'água superficiais e os remanescentes de Mata Atlântica que cobrem a região. O que se observa atualmente é que o município de Alagoinhas, por exemplo, não possui nenhuma área natural importante para ser desfrutada por sua população. Boa parte de toda a diversidade biológica existente nesse ecossistema natural foi perdida em nome de um desenvolvimento desordenado que não trouxe a riqueza esperada para as populações locais.

O modelo de desenvolvimento deste pequeno município reflete o padrão adotado historicamente em nosso país. Segundo Furtado (1974 apud Lisboa, 1996) a idéia de desenvolver tem sido útil para mobilizar as populações de baixa renda e levá-las a aceitar enormes sacrifícios, para legitimar a destruição de formas de cultura ditas arcaicas, para explicar e fazer compreender a necessidade de destruir o meio físico e para justificar novas formas de dependência que reforçam o caráter predatório do sistema produtivo.

Apesar disso, na área do Distrito Industrial de Sauípe (DISAI), degradada pela intervenção humana, ainda se

pode ver garças, patos mergulhões, galinhas d'água e uma avifauna remanescente importante, convivendo com urubus, catadores de lixo e crianças desnutridas, reflexo de um tal desenvolvimento que não possui nada de harmônico, mas que pode ser retomado de forma a permitir uma boa qualidade de vida para humanos e diversidade biológica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa PROSAB da FINEP e a Prefeitura Municipal de Alagoinhas pelo apoio a realização do presente trabalho, ao CPGG/UFBA pelo ambiente e suporte ao projeto e ao CNPq pelo financiamento de bolsas de pesquisa.

Referências

BAHIA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos**. Bacia do rio Sauípe. Disponível em: <http://www.cra.ba.gov.br>. Acesso em: 28/05/2004.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras, e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 de julho de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 28/05/2004.

BRASIL. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ms.gov.br>. Acesso em: 28/05/2004.

LISBOA, A. de Melo. Desenvolvimento, uma idéia subdesenvolvida. **Cadernos do CEAS**, Salvador, n. 161, p. 15, 1996.