

# VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO LIVRE NA ÀREA DOS VALOS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA ALBRAS- BARCARENA(PA)

**Eliene Lopes Souza<sup>1</sup>; Homero Reis de Melo Júnior<sup>1</sup>; Sara Fernanda Rodrigues<sup>1</sup> & Guilherme Luíz Pontes de Araújo<sup>1</sup>**

**Resumo** - Apresenta-se neste trabalho os resultados dos estudos visando a determinação da vulnerabilidade à contaminação, do aquífero livre, na área dos valos de disposição de resíduos sólidos da indústria Alumínio Brasileiro S. A. (ALBRAS), localizada no município de Barcarena-PA. O grau de vulnerabilidade foi avaliado considerando-se o tipo de ocorrência da água subterrânea, as características litológicas da zona não saturada e a profundidade do nível estático. Para tanto, foram realizados perfis de raios gama em poços de monitoramento, perfurações a trado, testes de permeabilidade da zona não saturada e análises granulométricas. Os dados obtidos revelaram que o aquífero considerado é livre, sem cobertura, que a condutividade hidráulica(K) da zona não saturada varia entre  $1,44 \times 10^{-4}$  cm/s e  $2,52 \times 10^{-4}$  cm/s, correspondente a um material silte arenoso até areia fina e que a profundidade do lençol freático varia de 6 a 9m. Tais características indicam uma alta vulnerabilidade à contaminação, fato que requer um monitoramento sistemático da qualidade da água desse aquífero, em poços adequadamente localizados, de forma que qualquer problema nos valos de disposição possa ser prontamente detectado e corrigido, evitando maiores danos aos recursos naturais da área, especialmente às águas subterrâneas.

**Palavras-chave** - vulnerabilidade, aquífero, resíduos

## **INTRODUÇÃO**

Apresenta-se neste trabalho os resultados dos estudos realizados com o objetivo de determinar a vulnerabilidade à contaminação do aquífero livre, em uma das áreas de

lançamento de rejeitos sólidos da indústria Alumínio Brasileiro S. A. (ALBRAS), localizada no município de Barcarena-PA, a qual processa alumina em alumínio, com uma produção estimada em 300.000 Ton./ano. A área de estudo situa-se na região NE do Estado do Pará, a 30 Km da cidade de Belém(Figura 1), na bacia hidrográfica do rio Pará.

A área estudada refere-se ao local onde estão situados os denominados Valos de Tratamento de Detritos(VTDs), impermeabilizados com camada de solo compactada, recoberta por membrana sintética. Após o preenchimento, os resíduos recebem uma cobertura de membrana sintética, sobreposta por camada de solo com gramíneas. Nos valos são depositados resíduos diversos, provenientes de diferentes etapas do processo industrial e, segundo formulário interno da empresa, predominantemente enquadrados na classe II (CETESB, 1993). Os mesmos resíduos possuem elevado teor de F e S, a exemplo da criolita- $\text{Na}_5\text{Al}_5\text{F}_6$ , e do pó de coque, constituindo, portanto, fontes potenciais de  $\text{F}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ (entre outras espécies químicas) para as águas subterrâneas

O trabalho representa os primeiros resultados de um estudo mais abrangente, financiado pela ALBRAS, incluindo uma tese de mestrado em Hidrogeologia Ambiental, realizada junto ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará. Nesse estudo, estão sendo determinados os riscos de contaminação das águas subterrâneas na área, considerando-se, além da vulnerabilidade natural do aquífero, fatores como o tipo de resíduos dispostos nos valos, as características construtivas dos VTDs, entre outros.

Ao financiar o trabalho, a ALBRAS objetiva obter dados que lhe possibilitem otimizar a disposição de resíduos no local, de forma a evitar danos ao meio ambiente, particularmente às águas superficiais e subterrâneas.

## **GEOLOGIA LOCAL**

A geologia da região de Barcarena é representada por sedimentos aluvionares quaternários sobrepostos a sedimentos flúvio-lacustres terciários, da Formação Barreiras. Esta última é constituída por sedimentos areno-argilosos, inconsolidados, compostos predominantemente por quartzo, com uma fração argilosa inferior a 25%. A Formação Pirabas, de origem marinha, não é encontrada na área, pelo menos até a profundidade de 150m(SOARES, 1998).

Na área estudada, foi definida uma seção geológica associando-se dados de sondagens geotécnicas, realizadas antes da implantação dos VTDs, perfis de raios- $\gamma$

---

<sup>1</sup> Centro de Geociências/UFGA-tel/fax(0XX91)211-1107/211-1609;e-mail:eliene@interconnect.com.br

obtidos em poços de monitoramento existentes na área e perfurações a trado mecânico. A seção geológica típica do local apresenta dois níveis principais: o nível superior, constituído por um silte arenoso, e o inferior, essencialmente arenoso(Figura 2)

## **HIDROGEOLOGIA**

Na região de Barcarena os aquíferos livres são constituídos por sedimentos aluvionares quaternários e por sedimentos terciários da Formação Barreiras. Os primeiros são compostos por areias, areias argilosas, argilas arenosas e siltes, ocorrendo até 10 metros de profundidade. A partir daí, até cerca de 150 m de profundidade, ocorrem os aquíferos da Formação Barreiras. Localmente, estes últimos são cobertos por camadas de argila, silte, argila arenosa e areia argilosa, (IPT, 1984).

Os aquíferos do sistema Barreiras apresentam maior capacidade de produção para abastecimento, com testes de produção de poços indicando vazões de até 290 m<sup>3</sup>/h para os poços profundos(IPT, 1984). As vazões desses poços são próximas àquelas obtidas para os aquíferos da Formação Pirabas, em Belém.

As águas subterrâneas da área, embora apresentando teores de ferro relativamente elevados (em alguns pontos), podem ser consideradas de potabilidade aceitável para o consumo humano (Lima & Kobayashi, 1986).

## **METODOLOGIA**

O grau de vulnerabilidade na área estudada foi avaliado através do modelo GOD (Foster & Hirata, 1988), no qual o parâmetro **G** (**G**roundwater occurrence), representa o tipo de ocorrência da água subterrânea; **O** (**O**verall of litology of aquiperm), representa as características litológicas da zona não saturada e **D** (**D**epht of water), a profundidade do nível estático (Figura 3).

Na área, o índice **G** foi determinado com base na seção geológica definida para a área(Figura 2). O índice **O** foi obtido associando-se dados de sondagens geotécnicas, perfis de raios gama e análises granulométricas, realizadas em amostras coletadas nas perfurações a trado. O índice **D** foi obtido através de medidas diretas, nos poços de monitoramento, bem como nos furos de trado.. O cruzamento dos três parâmetros supracitados permitiu definir o índice relativo de vulnerabilidade do aquífero, propriedade intrínseca deste, consistindo no grau de resistência natural do mesmo à penetração de contaminantes.

As amostras da zona não saturada foram coletadas em 2 furos realizados na área com trado mecânico, utilizando-se uma broca de 100 mm de diâmetro. Os locais das perfurações a trado foram determinados com base na direção do fluxo subterrâneo, uma vez que esses furos seriam transformados em novos poços de monitoramento. Na coleta de amostras, seguiu-se as recomendações do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo(Lemos & Santos, Apud Rebouças, 1995). As amostras obtidas foram quarteadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas para análises no laboratório de sedimentologia do Centro de Geociências da UFPA. Nas mesmas amostras foram realizadas análises granulométricas, utilizando-se uma combinação de dois métodos: peneiramento e decantação por centrifugação. Tais análises objetivaram caracterizar o material coletado, particularmente quanto ao seu teor de argila. Este último dado é de fundamental importância para a determinação do papel da zona não saturada na atenuação da contaminação das águas subterrâneas, avaliado em estudos ainda em andamento.

Nos furos de trado também foram realizados ensaios objetivando determinar a condutividade hidráulica(K) da zona não saturada, Nesses ensaios foi utilizada a metodologia proposta pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia(ABGE, 1996), tendo sido empregado o teste recomendado para sondagens, optando-se pela técnica de medidas de rebaixamento.

## **VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO**

Com base no Método GOD(Figura 3), descrito anteriormente, foram definidos os três índices necessários para a determinação da vulnerabilidade do aquífero estudado.

A partir da seção geológica típica da área(Figura 2), constata-se que o aquífero considerado é do tipo livre, sem cobertura. Tal característica permite definir um índice 1 para o parâmetro **G**.

No que concerne às características da zona não saturada, os ensaios de permeabilidade forneceram uma condutividade hidráulica(K) mínima de  $1,44 \times 10^{-4}$  cm/s e máxima de  $2,52 \times 10^{-4}$  cm/s . Esses valores correspondem a um material variando de silte arenoso até areia fina, conforme ilustra a tabela 1, resumida de FETTER(1988). Essa constituição litológica foi reiterada pelas análises granulométricas. Essa característica conduz a um valor de aproximadamente 0,7 para o parâmetro **O**.

Material	K(cm/s)
Cascalho bem selecionado	$1 - 10^{-2}$
Areia bem selecionada	$10^{-1} - 10^{-3}$
Silte arenoso, areia fina	$10^{-3} - 10^{-5}$
Silte, areia siltica, argila arenosa	$10^{-4} - 10^{-6}$

**Tabela 1:** Valores de condutividade hidráulica(K) em cm/s para alguns materiais geológicos(resumida de FETTER, 1988)

Quanto à profundidade do nível estático, os dados obtidos nos poços de monitoramento, indicaram que a mesma varia entre 6 e 9m. Assim sendo, de acordo com o modelo considerado, esse parâmetro insere-se na faixa de 5 a 15m, fato que permite definir um valor de 0,8 para o parâmetro **D**.

Multiplicando-se os valores acima definidos, foi obtido um índice de vulnerabilidade de 0,56. Portanto, o aquífero em apreço apresenta um alto índice de vulnerabilidade, ou seja, um baixo grau de resistência natural à penetração contaminantes.

## CONCLUSÕES

Os estudos já concluídos indicaram que a área estudada apresenta uma alta vulnerabilidade à contaminação, com índice de aproximadamente 0,56. Tal característica deve-se, principalmente ao fato do aquífero ser livre, associado às características litológicas da zona não saturada, constituída por material variando de silte arenoso até areia fina..

Uma vez que na área são depositados resíduos que apresentam em sua composição substâncias solúveis, a exemplo de  $F^-$  e  $SO_4^{2-}$ , em caso de vazamento em algum dos VTDs, tais substâncias poderão atingir facilmente o aquífero freático, já que este possui alta vulnerabilidade. Assim sendo, a disposição de resíduos industriais na área requer um monitoramento sistemático, de forma que qualquer problema nos VTDs possa ser prontamente detectado e corrigido. Dessa forma, a ALBRAS poderá evitar maiores danos aos recursos naturais da área, especialmente às águas subterrâneas, reafirmando a sua reconhecida preocupação com a preservação ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ALBRAS pelo apoio financeiro concedido ao trabalho e, particularmente, à química industrial Marilyn Gabbay de Souza, coordenadora do setor de Meio Ambiente da ALBRAS, bem como ao técnico do mesmo setor, Welben Ney dos Santos, pelo inestimável auxílio nos levantamentos de campo e na obtenção de dados disponíveis na empresa. Agradecem, ainda, à colega Natalina Tinoco Cabral, doutoranda em Hidrogeologia, pelas sugestões feitas no texto final e ao CNPq, pela concessão de uma bolsa de mestrado a um dos autores do trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). 1996. Ensaio de Permeabilidade em Solos. Boletim 04.
- CETESB. 1993. Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo. 234p.
- FETTER, C.W. Applied Hydrogeology. 1988. 2<sup>nd</sup> Ed. Macmillan Publishing Company. New York. 592p.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. 1988. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. CEPIS-PAHO/HWO. Lima. 78 p.
- IPT– Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Estudo Hidrogeológico Para a Definição da Possibilidade de Captação de Água Subterrânea na Usina de Alumínio da ALBRÁS em Barcarena – PA. Relatório n<sup>o</sup> 21 381, 1984.
- SOARES, J. A. 1988. Avaliação preliminar da vulnerabilidade dos aquíferos livres na área do Distrito Industrial de Barcarena-PA. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Geociências/UFPA.

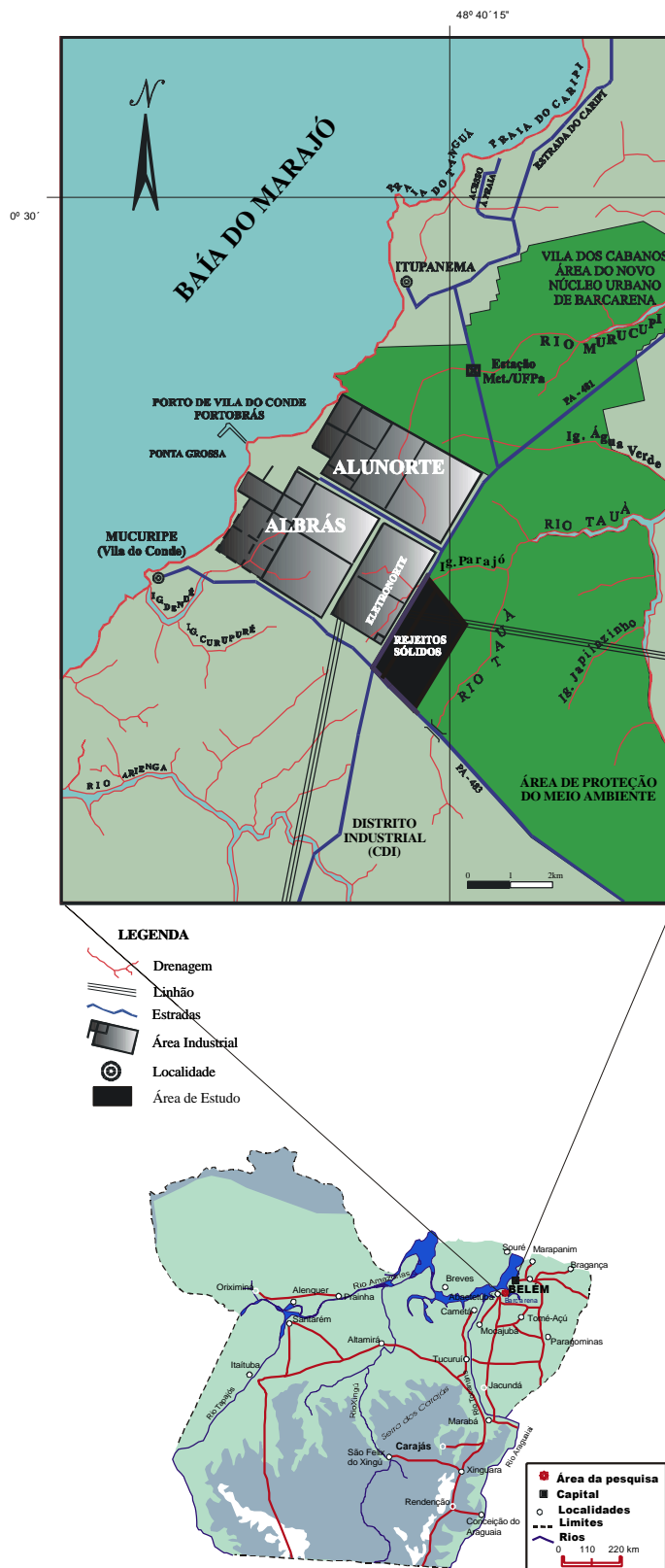
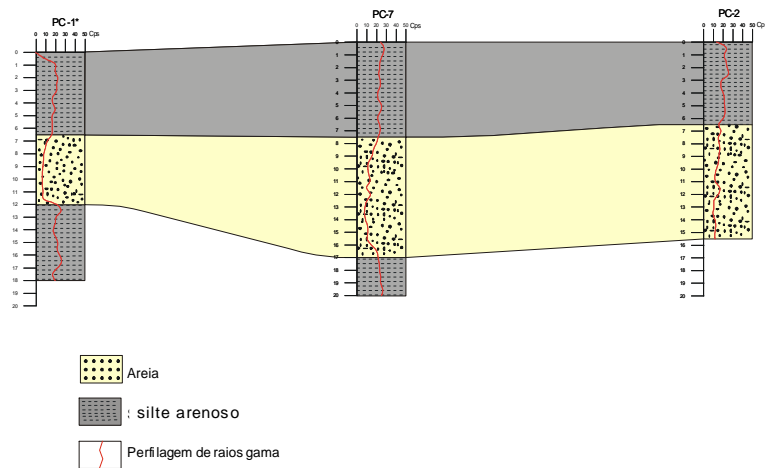
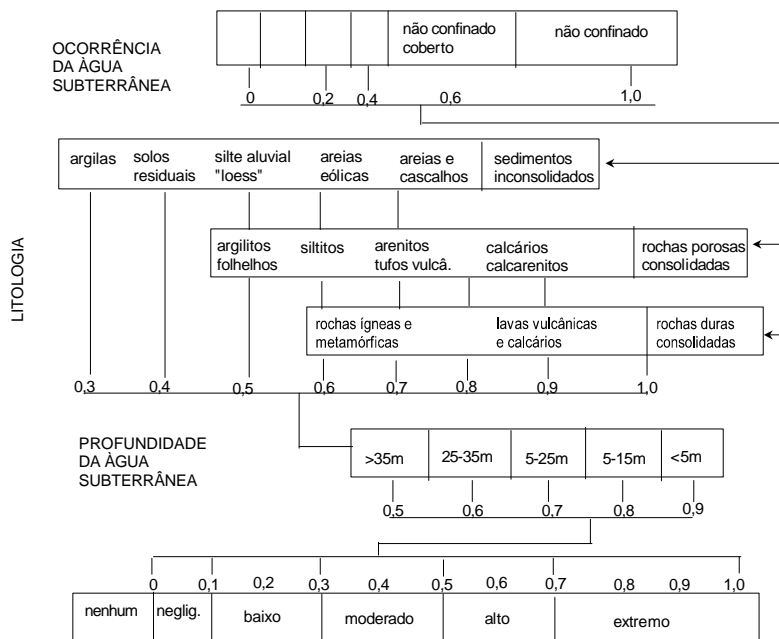


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



**Figura 2:** Seção geológica da área, definida com base em dados de sondagens geotécnicas, perfis de raios gama e perfurações a trado mecânico



**Figura 3:** Esquema para a determinação do índice de vulnerabilidade de aquíferos. Modificado de FOSTER & HIRATA(1988)