

Aplicação de SIG na Visualização da Contaminação por Selênio no Aquífero da Região de Buena – Município de São Francisco do Itabapoana/ RJ

Luziane Ribeiro¹
Eliane Maria Vieira¹
Maria da Glória Alves¹
Frederico Terra de Almeida¹

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF/ CCT / LECIV
Av. Alberto Lamêgo, 2000 – CEP: 28.013-602 – tel/fax: (22) 2726-1517
{luziane, mgloria, fredericoterr}@uenf.br

Abstract. Alarming statistics indicate that great part of the diseases and deaths happened at countries in development are from of the consumption of polluted water. The use of the water, in its more several forms, so much of the amount depends as of the quality of the resource. However, the aspect quality in general tends to be neglected. This happens due a lot of times to the user's fact that needs the water, to disrespect the analysis of this important factor. The population of the municipal district of São Francisco do Itabapoana is not provisioned by surface water, being for this reason dependent of the reception of underground water. Starting from the Digital Models of Elevation and Underground Waters and of the location of the collection wells it was made the analysis and verification of the situation of this spring. It forms evaluated the elements Arsenic, Barium, Cadmium, Lead, Fluorine and Selenium, had as toxins and carcinogen, using as parameter the Regulation 1,469/2,000 of the Ministry of the Health. Of ownership of the data it was possible to detect that the underground waters used by most of the population for consumption are polluted. According to the norms, the water would not be adapted for the use due to the presence of Selenium, because this presents indexes above prescribed them, indicating to be necessary a special care. The remaining elements are inside of the rates recommended by the norm.

Palavras-chave: modelo digital de elevação, selênio; qualidade da água, digital model, selenium, water quality

1. Introdução

O uso da água, nas suas mais diversas formas, depende tanto da quantidade quanto da qualidade do recurso. No entanto, o aspecto qualidade, em geral, tende a ser negligenciado na prática. Isto ocorre devido, muitas vezes, ao fato do usuário, que necessita da água, desconsiderar a análise deste importante fator. Todavia esta situação tem mudado com o tempo, ou seja, o estado da qualidade da água vem sendo foco de preocupação dos órgãos competentes, sendo por isso alvo de monitoramento e análises.

O município de São Francisco de Itabapoana, localizado ao norte do Estado do Rio de Janeiro, não dispõe de recursos hídricos superficiais próximos para abastecimento da população local. São utilizados basicamente cacimbas e poços tubulares que captam água do aquífero sedimentar livre. Porém, a intensa atividade agrícola e a constituição geológica da região podem ocasionar concentrações fora dos padrões para metais pesados, pesticidas e outros, promovendo impacto na saúde da população local. Dessa forma, o estudo da zona espessura da zona vadosa, compreendida as superfícies do terreno e do lençol freático, torna-se de fundamental importância para se tentar detectar as possíveis origens da contaminação da água. A partir de então, pode-se fazer uma análise espacial das condições das águas do subsolo, mostrando sua adequabilidade ao padrão de uso para abastecimento humano.

Conforme IPIRA (1996 *in*: LOUSANO 2004), todo trabalho voltado para a avaliação de impactos ambientais de uma determinada área de estudo prescinde da criação de um banco de dados (BD). Esse BD – um valioso instrumento de gestão integrada dos recursos – deve atender à modelagem da realidade e identificação de problemas. Assim, pode-se embasar a elaboração de propostas sócio-econômicas e processos de tomada de decisão sob novas perspectivas, constituindo

cenários mais próximos à verdade de campo. É neste contexto que os produtos decorrentes da aplicação do SIG (Sistema de Informação Geográfica) se aplicam. Como essa conjectura se refere ao monitoramento ambiental, as técnicas de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Posicionamento (GPS) tornam-se imprescindíveis à espacialização do problema.

Os produtos cartográficos gerados da aplicação destas técnicas permitem a visualização da situação atual do ambiente, podendo também contribuir para a predição de problemas futuros. Essa correlação está vinculada à simulação de cenários, metodologia amplamente empregada hoje em dia para monitoramento da qualidade da água. Os SIG's têm a funcionalidade de permitir que sejam visualizados parâmetros importantes dos processos de avaliação ambiental, tais como topografia, hidrografia, geomorfologia, demografia, uso e ocupação do solo, arruamento, redes de distribuição de energia, entre outros.

Agrupados neste contexto estão os Modelos Digitais do Terreno (MDT's), que por sua vez, atuam com mais relevância nos processos de monitoramento ambiental, pois por se tratar de visualizações tridimensionais, permitem uma abstração mais próxima ao do espaço estudado. Os MDT's são representações matemáticas contínuas da distribuição espacial das variações de altitude numa área. Eles servem de base para elaboração por computador de uma série de produtos cartográficos como o mapa de declividades, de exposição etc.

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo a espacialização e visualização da contaminação por Selênio da água subterrânea, na localidade de Buena, Município de São Francisco de Itabapoana, através da criação de modelos tridimensionais.

3. Área de Estudo

A área de estudo situa-se próximo à localidade de Buena, no município de São Francisco de Itabapoana. Este pertence à Região Norte Fluminense e faz divisa com os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra (**Figura 1**). Ele está no limite do Estado do Rio de Janeiro com o Espírito Santo. A principal via de acesso é a rodovia federal BR-101. O acesso a Buena se dá através da Rodovia RJ-224, que liga a cidade de Travessão a São Francisco de Itabapoana.

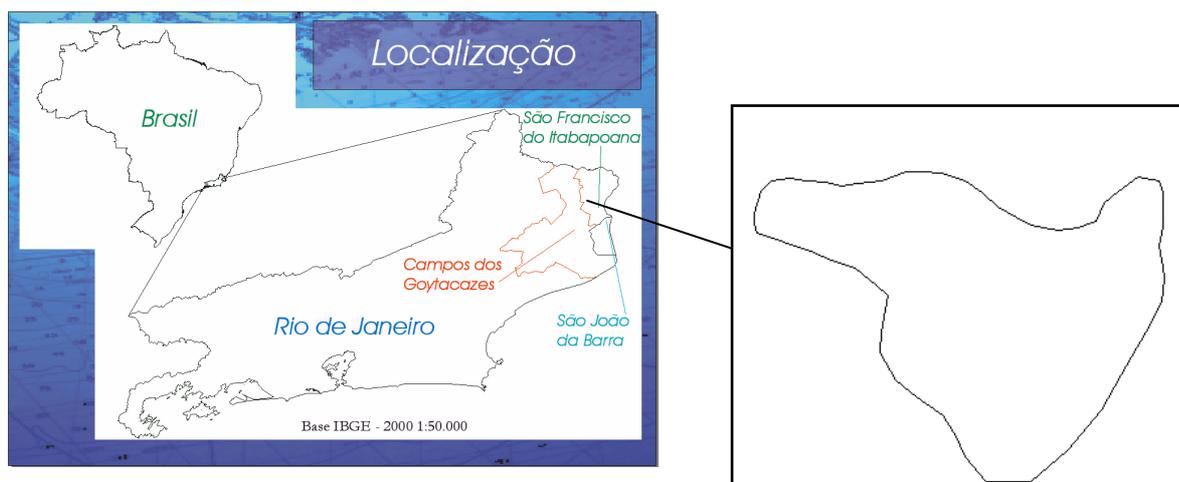


Figura 1 – Área de estudo

4. Principais Constituintes Tóxicos e Cancerígenos

ALVES *et al* 2004 cita que na área de estudo foram encontrados seis elementos com constituintes tóxicos e cancerígenos. Cinco deles em concentrações dentro das normas recomendadas pela Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde. A saber: Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Flúor (F). O sexto elemento, o Selênio (Se), foi encontrado em teores acima do recomendado pela norma citada.

Segundo FEITOSA (2000), o **Selênio (Se)** é um elemento raro que tem a particularidade de possuir um odor pronunciado, bastante desagradável, e que ocorre no estado nativo juntamente com o enxofre ou sob a forma de selenietos em certos minerais. As principais fontes de selênio são, todavia, os minérios de cobre, dos quais o selênio é recuperado como subproduto nos processos de refinação eletrolítica. Os maiores produtores mundiais são os E.U.A., o Canadá, a Suécia, a Bélgica, o Japão e o Peru. À temperatura ambiente o selênio é uma substância sólida em pó ou em pedaços com diferentes formas físicas: uma forma amorfa vermelha ou negra ou uma forma cristalina vermelha ou cinzenta.

Exceto em algumas regiões do mundo, como a província de Keshan na China e na Nova Zelândia, a maioria das dietas apresenta quantidades de selênio que seriam suficientes para manter os níveis do selênio orgânico. No entanto, muitas regiões do mundo, pelas condições variáveis do solo, determinam estados marginais de deficiência, sobretudo considerando-se o stress oxidativo a que os indivíduos estão submetidos. Ou seja, em níveis recomendáveis, o Selênio deve fazer parte da dieta da população, haja vista que sua carência pode causar câncer, doenças degenerativas, deficiências imunológicas, artrite, reumatóide e doenças cardíacas. É agente protetor da pele contra os raios ultravioleta, pois aumenta a efetividade da vitamina E.

O selênio elementar é relativamente pouco tóxico. No entanto, alguns dos seus compostos são extremamente perigosos. A intoxicação por Selênio provoca, entre outras reações, gosto metálico na boca, unhas e cabelos frágeis, irritação das vias respiratórias e perturbação das enzimas hepáticas. A intoxicação aguda pode provocar convulsões. Nas crianças, o excesso de selênio pode atrasar o crescimento. Há grande ocorrência de intoxicações crônicas em populações indígenas de regiões cujo solo é muito rico em selênio e em pessoas expostas profissionalmente (indústria química, de semicondutores e de produtos cosméticos e dermatológicos) ao produto. Nestes casos o selênio é absorvido por inalação ou pela pele. Sua concentração nas gônadas masculinas é crítica para a higidez dos espermatozoides.

Sob condições naturais, a concentração de Selênio nas águas varia geralmente de 0,3 a 3 µg/L. As propriedades organolépticas da água podem ser afetadas a partir de concentrações de 10 a 25 µg/L (odor). Águas superficiais apresentam níveis de selênio menores do que as encontradas nas águas subterrâneas. Um estudo em Nebraska (USA), encontrou águas com altas concentrações de selênio, onde um terço dos 161 poços amostrados continham mais de 10 µg/L e aproximadamente 4% acima de 100 µg/L.

A principal via de exposição humana não ocupacional é por meio dos alimentos. A ingestão típica é de 20 a 300 µg/dia. Para exposição ocupacional a principal via é a inalação e, em alguns casos, contato com a pele. Os sinais de toxicidade mais marcantes documentados são queda de cabelos e problemas nas unhas. Enfraquecimento de dentes também tem sido associado ao excesso de selênio na dieta. Exposição industrial frequentemente resulta em respostas alérgicas e/ou de irritação, primeiramente nas mucosas e olhos. Efeitos crônicos são raros.

5. Metodologia

O presente trabalho apoiou-se em um cadastro georeferenciado, realizado na região de Buena e arredores, pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) em conjunto com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Dos 152 poços cadastrados foram consideradas as amostras coletadas em 99 poços para serem realizadas análises químicas e promover as suas classificações. As análises químicas foram realizadas no

Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN² da Companhia de Pesquisa e Recursos Mineraias – CPRM/RJ, por meio de um convênio firmado entre a UFF e o referido laboratório. Com as análises realizadas foram obtidos os teores de selênio para comparação com os valores máximos permitidos pela Portaria 1469/2000 do M.S, os quais, para este elemento, é de 0,01 mg/ L.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram gerados cinco planos de informação (layers) no software ArcView 3.2a, os quais estão sucintamente descritos na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Descrição das layers e de seus atributos

<i>Layers</i>	<i>Tipo - Atributos</i>	<i>Descrição</i>
MDLF	TIN – E, N, nível d'água	MD(*) do lençol freático
MDTCurvas	TIN – curvas de nível cotadas	MDT(**)
Limite	Polígono	Limite da área de estudo
ContamSE	Polígono – E, N, ContSE	Mancha de contaminação por Selênio
Poços	Ponto - E, N, nível d'água, ContSE	Localização dos poços de monitoramento e níveis de contaminação

(*)MD = Modelo Digital (**)MDT = Modelo Digital do Terreno

MDLF

A partir da localização e da profundidade do nível d'água dos poços, foi gerado o MD do lençol freático segundo a opção "Create TIN from Features" no modo 3D Analyst.

MDTCurvas

O MDT foi gerado a partir das curvas de nível da área. O interpolador usado foi também o TIN (Triangular Irregular Network).

Limite

O polígono da layer Limite foi definido com o intuito de envolver a área de maior ocorrência dos poços de monitoramento.

ContamSE

O elemento Selênio detectado nos 99 poços ocorrentes dentro da área de estudo foram registrados na layer ContamSE. Para visualização da contaminação nessa layer foi necessário criar nove classes distintas onde puderam ser vistos os intervalos correspondentes aos limites máximos e mínimos aceitáveis de Selênio.

Poços

A layer Poços, como já foi descrito, contém a localização dos poços e seus respectivos níveis d'água.

6. Resultados e Discussão

De posse da localização dos poços de monitoramento, das análises químicas e dos planos de informação gerados foi possível espacializar a toxicidade em relação ao Selênio das águas subterrâneas utilizadas pela população da região de estudo.

Segundo o Padrão de Potabilidade da Portaria 1469/2000, do Ministério da Saúde, o elemento Selênio acima do limite de 0,01 mg/L coloca as águas em condição não apropriada para o uso. Dos 99 poços, 33 encontraram-se com teores de Selênio acima do recomendado. Alguns poços apresentaram teores iguais a 0,020 mg/ L (o dobro do permitido por lei).

Para visualização da zona vadosa e da contaminação do aquífero, inicialmente foi gerado um MDT (**Figura 2**) mostrando as diferentes feições topográficas da área, observando-se uma predominância de baixadas que vão até uma altitude média de 22 m. Numa fase posterior criou-se o

Modelo Digital do Nível do Lençol Freático (MDLF), **Figura 3**. Para geração deste modelo, partiu-se do MDT de onde foram extraídas as informações referentes às cotas do terreno nos locais dos poços de monitoramento. Com a cota obtida do MDT, subtraiu-se dela o valor da profundidade do nível do lençol chegando-se às cotas da superfície freática naquele ponto. Com o conjunto de pontos formado foi realizada uma interpolação utilizando a função TIN e gerado o MDLF. A distância vertical entre as superfícies do terreno e do lençol freático (entre o MDT e o MDLF) em toda a área é que caracteriza a espessura da zona vadosa. **A Figura 3** mostra a espacialização do nível do lençol para a área de estudo. Observou-se na geração deste modelo que duas classes apresentaram valores negativos, respectivamente os intervalos de 4 a -1 m e de -1 a -6 m. Estes valores se deveram ao fato de o lençol apresentar poços com nível d'água abaixo da superfície de referência definida pelo sistema de coordenadas escolhido.

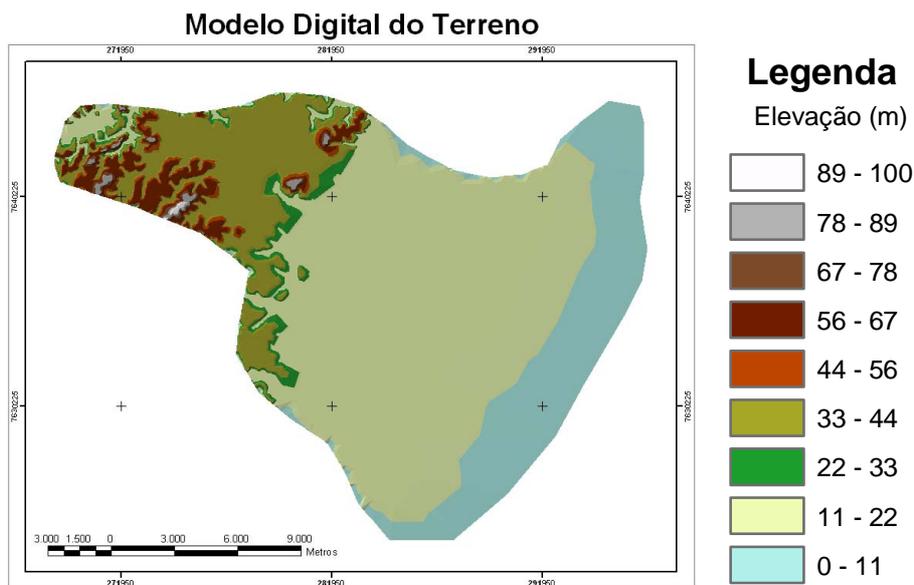


Figura 2 – MDT

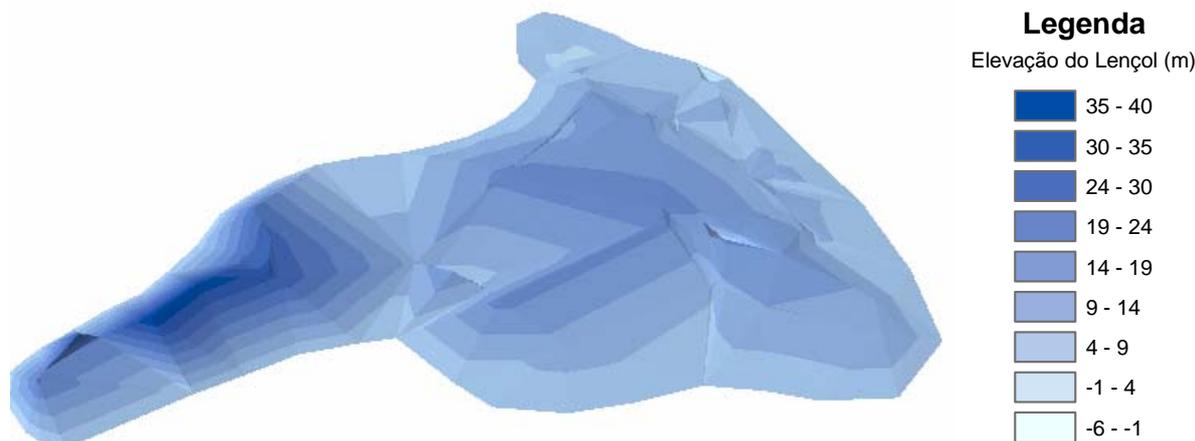
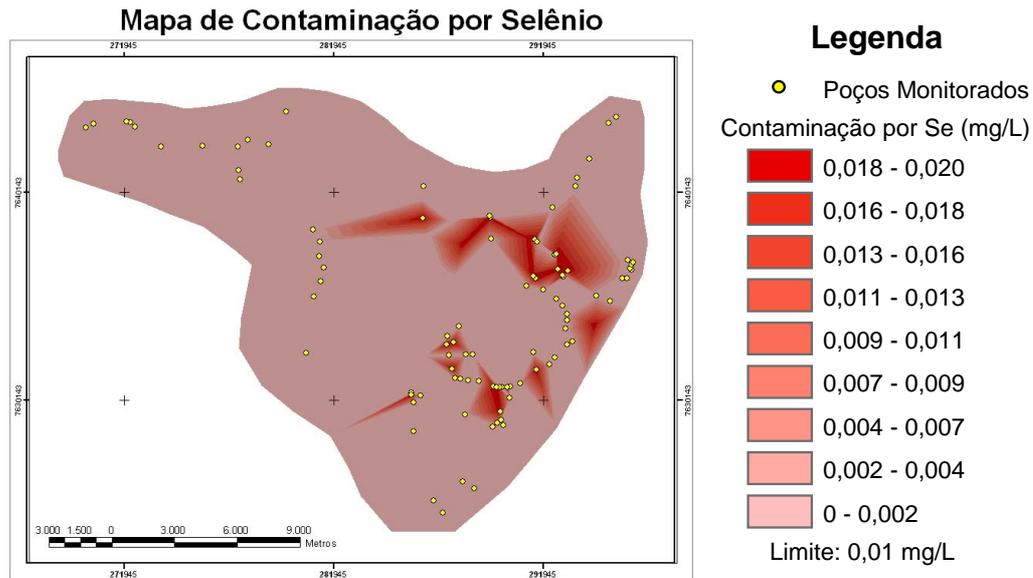


Figura 3 – MDLF

A espacialização da contaminação por Selênio pode ser visualizada na **Figura 4**. Este mapa foi elaborado por meio da interpolação dos teores de Selênio em cada poço monitorado, podendo-se então visualizar a expansão da mancha de contaminação e sua concentração na baixada da área.



Figuras 4 – Manchas de contaminação por Selênio

Para melhor visualização da relação entre a proximidade do terreno e o lençol, os poços de monitoramento foram adicionados à cena (**Figura 5**). Para tanto, foi necessário derivá-los de sua forma original (ponto) para a forma de linhas verticais. A partir da função Extrusion, encontrada nas propriedades da layer do modo 3D Analyst, calculou-se uma expressão de derivação (Extrusion Expression), subtraindo-se o nível d'água dos poços da elevação do terreno. A **Figura 5** mostra o MDT com 58% de transparência e toda a cena com fator de exagero vertical igual a 12.

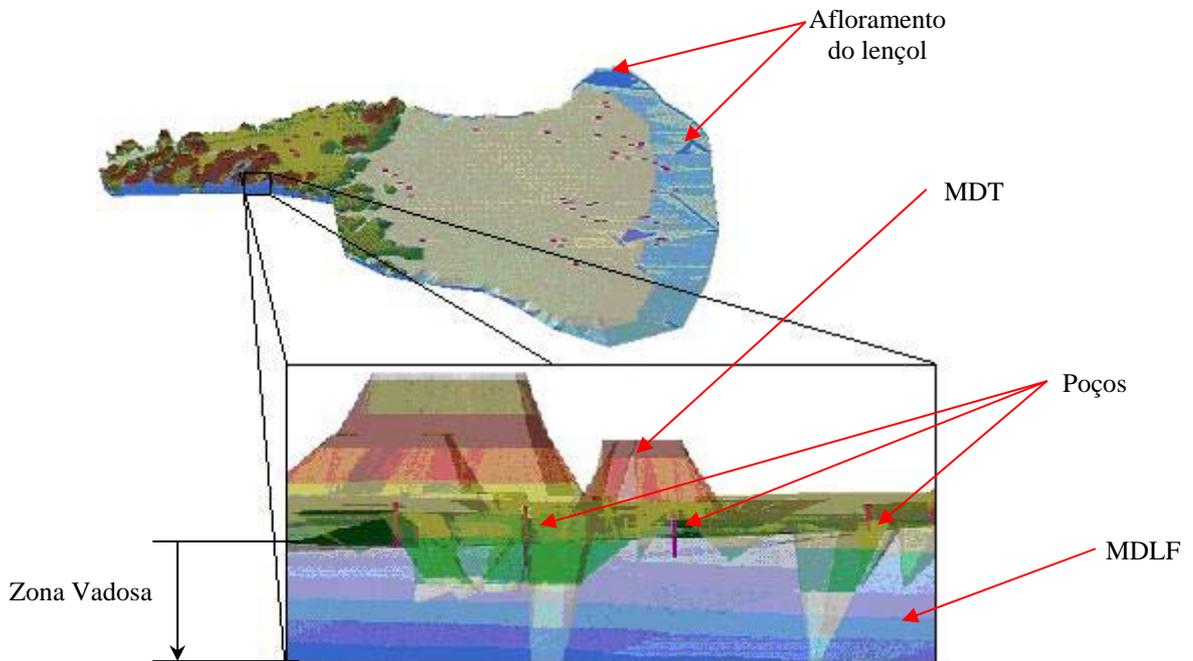


Figura 5 – Visualização 3D do terreno, do lençol e dos poços de monitoramento.

Por meio desta visualização pôde-se observar a zona vadosa compreendida entre as superfícies do terreno e do lençol. É por essa zona que o contaminante se dissipa por todo o aquífero, de onde se pode concluir que quanto menor sua espessura, mais perto estará o lençol do terreno e a contaminação naquele ponto mais pronunciada. Medidas preventivas devem ser tomadas quanto ao uso e ocupação da região de baixada da área.

Mostra a literatura que a utilização do Selênio está muito ligada a processos industriais. Outro motivo de atenção deve ser dado ao fato de que a região de Buena possui depósitos de minerais pesados, originados principalmente da erosão direta dos sedimentos do Grupo Barreiras devido à ação das ondas. Não se pode desconsiderar que a região situada no platô da área estuda é destinada ao uso agrícola.

7. Conclusões e Recomendações

A explicação para os altos teores de Selênio encontrados carece de maiores informações e, concomitantemente, de mais pesquisas. Devem ser feitas mais investigações e análises geoquímicas, além da determinação do uso e ocupação do solo, estudos hidrogeológicos e determinação do escoamento superficial.

Com os resultados do presente trabalho agregado a estudos futuros, poderia ser definido o a direção do fluxo da água do aquífero e então determinar a direção em que cresce a pluma de contaminação do Selênio.

Sendo conhecido o escoamento superficial da área, também poderia ser dito se os resíduos dos defensivos agrícolas utilizados na porção mais elevada da área foram carreados para a baixada, como indicou o mapa de contaminação por Selênio.

Dados de estudos hidrogeológicos (BARRETO, 2001) indicam que a permeabilidade dos solos da área varia de média a elevada, indicando a vulnerabilidade do aquífero. Com base nesta prerrogativa recomenda-se com mais ênfase cuidado especial nas localidades onde a água subterrânea aflora, pois a contaminação pode ser ainda mais acentuada se houver escoamento de produtos tóxicos oriundos de manejo agrícola, industrial ou de descarga de dejetos.

A preocupação quanto à questão da saúde pública deve ser consideravelmente revista. Seria interessante que fossem incluídos em estudos futuros análises em época diferente para quantificar e melhor observar o problema da sazonalidade.

8. Referências Bibliográficas

Barreto, A.B.C.; Monsores, A.L.M.; Leal, A.S. & Pimentel, J. **Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro. texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília: CPRM, CD-ROM. 2001

Feitosa, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – conceitos e aplicações.** 2ª Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391p.

Lousano, J. de Souza Junior, (2004) **Caracterização Hidrogeológica Preliminar das Águas Subterrâneas na Região de Buena Município de São Francisco do Itabapoana/ RJ.** (Mestrado), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Federal do Norte Fluminense, Departamento de Engenharia Civil.

Lima, A. B. N. Rondon, (2001) **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá.** (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil), Rio de Janeiro/ RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Alves, M. da Glória; Lousano, J. de Souza Junior; Lira, E. dos Santos Júnior; Terra, F. de Almeida. **Avaliação dos Elementos Tóxicos nas Águas Subterrâneas no Município de São Francisco de Itabapoana/RJ.** Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Federal do Norte Fluminense, Departamento de Engenharia Civil.