



Universidade Federal do Pará

Centro de Geociências

Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS NOS BAIRROS DO REDUTO, NAZARÉ E UMARIZAL –
BELÉM/PA.**

TESE APRESENTADA POR

NATALINA MARIA TINÔCO CABRAL

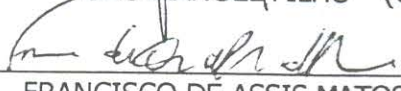
Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **29/01/2004**

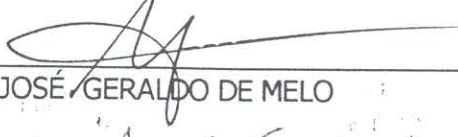
Comitê de Tese



JOÃO MANOEL FILHO (Orientador)



FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU



JOSÉ GERALDO DE MELO



RICARDO DE OLIVEIRA FIGUEIREDO



WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

Belém

RESUMO

O trabalho avalia os impactos urbanos na qualidade das águas do aquífero Barreiras ocasionados, por componentes nitrogenados (nitrato e amônio) oriundos de esgotos domésticos e por compostos aromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos – BTEX) provenientes de vazamentos em tanques subterrâneos postos de combustível. O estudo foi desenvolvido numa área aproximada de 15Km², cobrindo os bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal, na cidade de Belém/PA.

Os métodos utilizados consistiram em cadastramento de poços, análises e correlações de perfis litológicos, execução de 9 períodos de amostragem, análise de águas de poços para os diferentes parâmetros químicos e físico-químicos, além das interpretações dos resultados físico-químicos e químicos.

Na área de estudo, a zona não-saturada, tem espessura variando de 1 a 9m, estando condicionada a variações sazonais. Estudos mineralógicos de sedimentos coletados em poços de trado definiram um domínio de quartzo e, de forma mais subordinada, de caulinita. A análise granulométrica mostra que existe uma predominância das frações areia siltosa, silte arenosa e argila siltosa. Teste de infiltração indicou valor correspondendo a um material silte a silte arenoso. Sedimentos com essas características texturais, associados à capacidade de infiltração variada, composição mineralógica, nível estático raso e elevada carga de contaminantes, principalmente de fossas sépticas e ou rudimentares podem levar à contaminação dos aquíferos da área.

Os aquíferos identificados são correlacionados aos aquíferos do Grupo Barreiras, sendo definidos dois aquíferos principais. O primeiro, mais superficial, classificado como semilivre, e o segundo semiconfinado. Os níveis estáticos, por diversos motivos, não foram medidos durante a execução desse trabalho. Dessa forma, as medidas apresentadas correspondem àquelas feitas durante a época de perfurações dos poços, as quais variaram de menos de 1m, nas áreas de cotas topográficas mais baixas, até 11m nos poços localizados nas partes mais elevadas. Os dados da vulnerabilidade indicam que, em grande parte da área, o aquífero Barreiras apresenta risco de contaminação, na medida que sobre ele se concentram várias atividades potencialmente poluidoras.

A interpretação dos sentidos de fluxos, da área estudada, mostra que as principais linhas de fluxo estão preferencialmente orientadas para o centro da área, compreendida pelo bairro do Reduto e parte do bairro de Nazaré.

O comportamento global das variáveis mostrou que as características hidrogeoquímicas das águas estudadas estão diferenciadas se comparadas ao padrão regional. Os principais parâmetros que marcaram essa diferenciação foram a condutividade elétrica, cloreto, sódio, pH, amônio e nitrato. Ressalta-se que os teores de amônio e nitrato estão acima ou próximos ao limite de potabilidade vigente e que tais parâmetros são os principais indicadores da contaminação das águas por efluentes domésticos.

Na análise global, as correlações entre as variáveis, apresentou para o nitrato, uma correlação positiva com a condutividade elétrica e, de forma mais discreta com o cloreto, sódio, cálcio, sulfato e dureza. Para o amônio, observa-se uma correlação positiva com o cloreto e correlação negativa com o cálcio, sulfato, pH e dureza. Esse estudo permitiu indicar a condutividade elétrica, cloreto e cálcio como bons indicadores das contaminações. As análises fatoriais efetuadas vieram confirmar as principais observações obtidas no estudo de correlações.

O estudo estatístico por período de amostragem indicou que a sazonalidade regional está influenciando apenas de maneira secundária no comportamento químico das águas estudadas. O ligeiro enriquecimento de alguns componentes no período chuvoso pode ser explicado porque, nesse período, o nível freático eleva-se até próximo à superfície do solo, ficando mais próximo das fontes de contaminação. No estudo de correlação por período de amostragem, os resultados podem ser considerados, sem exceção, similares aos obtidos na análise de correlação feita com os dados globais.

A análise estatística para uma série de poços indicou que os poços, quando analisados individualmente, mostraram um comportamento relativamente homogêneo ao longo dos períodos. Mas quando comparados entre si, foi possível distinguir poços com valores sempre mais elevados daqueles com os valores menos elevados. No estudo dos comportamentos para nitrato e amônio, observou-se que os poços, quando analisados individualmente, tiveram comportamentos homogêneos. Por outro lado, o estudo conjunto dos poços permitiu a classificação de 4 estilos principais de comportamento para nitrato e amônio. O estilo 1 corresponderia a poços com valores altos de nitrato e baixos de amônio; o estilo 2 seria caracterizado por teores elevados tanto de amônio quanto de nitrato; o estilo 3 corresponderia a

poços com concentrações baixas a intermediárias de nitrato e teores altos a relativamente altos de amônio e, finalmente, o estilo 4 seria traduzido por teores mais baixos para o amônio, acompanhado por teores intermediários de nitrato. Esses estilos podem significar maior ou menor distância de fontes ativas de contaminação que seriam, portanto, os fatores preponderantes na caracterização hidrogeoquímica dos poços numa área urbana como a estudada.

A amostragem de água realizada em dois poços com menor espaçamento temporal constatarem, mais uma vez, a pouca influência da sazonalidade na caracterização hidroquímica dos poços estudados.

Para identificar os principais tipos de água, amostras representativas dos poços cadastrados foram plotadas nos diagramas de Piper. Os resultados mostraram uma tendência para que as amostras, independente do período de amostragem, ficassem concentradas nos tipos de fácies hidroquímicas sulfatadas cloretas cálcicas, cloretadas sódicas e nitradas cloretadas sódicas. Esses comportamentos refletem que as águas estão sendo fortemente afetadas por fatores antropogênicos em detrimento dos processos naturais.

A análise da distribuição espacial dos principais parâmetros mostrou que, para o nitrato, os teores mais elevados estão localizados na porção central e sul da área. O amônio apresentou uma relação inversa ao do nitrato, com teores mais elevados a noroeste e nordeste da área, diminuindo para o centro da área. O mapa de condutividade elétrica coincide, em boa parte, com o de nitrato, enquanto que o mapa de iso-teores de cloreto é, de uma maneira geral, semelhante ao do amônio. O mapa de iso-teores de pH não mostrou qualquer tendência de correlação com o nitrato. Essas correspondências espaciais coincidiram com as observações dos estudos de correlações.

No estudo sobre a contaminação das águas estudadas por gasolina/diesel, foi possível definir 3 áreas críticas. Nas águas dos poços com identificação qualitativa de diesel e/ou gasolina, o principal processo de biodegradação atuante, depois do aeróbio, parece ser o via nitrato.

ABSTRACT

The study evaluates the urban impacts in the groundwater quality of Barreiras aquifer, caused mainly by nitrogen compounds (nitrate and ammonium) from domestic sewage and aromatical composites (benzene, tolueno, ethylbenzeno and xylenes - BTEX), from underground fuel storage tanks of gasoline and diesel. The study was carried out on an area of 15 Km², in the quarters of the Reduto, Nazaré and Umarizal in city of Belém/PA.

The used methods included a cadastre of wells, analyses and stratigraphic well log correlations, execution of 9 periods of sampling, chemical analysis of water from and interpretation of results.

The unsaturated zone, in the study area, has thickness varying of 1 to 9m, being conditional to the seasonals variability. Mineralogical studies of sediments collected in drill rig wells had defined a domain of quartz and, of a more subordinated form, caulinite. The grain sized analysis show a predominance of the fractions silte sand, silte arenaceous and silte clay. Test of infiltration indicated value corresponding to a material silte to silte arenaceous. Sediments with these textures, associates to the varied infiltration capacity, mineralogic composition, water level flat and raised load of contaminants, of mainly septic and casspools, can lead to the contamination of the aquifers of the area.

The aquifers ones identified are correlated to the aquifers of the Barreiras Group, having been defined two main ones. First, the most superficial one, was classified as unconfined-leaky, and as the second aquifer one was characterized as confined-leaky. The water level, by diverse reasons, had not been measured during the execution of this work. In this case, the presented measures correspond to those done ones during the time of drilling of the wells, in which had varied of less of 1m, in the areas of lower topographical quotas, until 11m in the wells located in the more raised parts. Vulnerability data had established mainly that, to a large extent of the area, the Barreiras Aquifer presents contamination possibility, considering that the studied area is urban and, consequently, concentrate some potentially polluting activities.

The interpretation of the directions of groundwater flows, of the studied area, shows that the main lines of preferential flow are guided for the center of the area, containning the quarter of the Reduto and part of the Nazaré.

The global behavior of the variables shows that the hydrogeochemical characteristics of studied waters are differentiated, when compared with the regional standard. The main parameters that had marked this differentiation had been the electric conductivity, chloride, sodium, pH, ammonium and nitrate. It is stood out that the grades of ammonium and nitrate are above or very close to the limit to potability standards, and that such parameters are the main contamination indicators of waters by effluent domestic sewage.

The global analysis showed for nitrate a positive correlations with electric conductivity and a weak correlation with chloride, sodium, calcium, sulphate and hardness. For ammonium one observes a positive correlation with chloride and negative correlation with calcium, sulphate, pH and hardness. This study it allowed to indicate the conductivity, chloride and calcium as good pointers of the contaminations. The effected factorial analyses had come to confirm the main comments gotten in the study of correlations.

The statistical study by period of sampling, they indicate that the regional seasonality is influencing only in secondary way in the chemical behavior the studied waters. The slight enrichment, of some components, in the rainy period can be explained because, in this period, the groundwater level is raised until next to the ground, being next to the contamination sources. In the study of correlation by period of sampling, the results can be considered, without exception, similars to the gotten ones in the analysis of correlation made with the global data.

The statistical analysis for a series of wells had indicated that the wells, when analyzed individually, they had shown a relatively homogeneous behavior along the periods, but when compared between itself, it was possible to distinguish wells with values always raised from those with the raised values less. In the study of the behaviors for nitrate and ammonium, it was observed that the wells, when analyzed individually, they had homogeneous behaviors. On the other hand, the joint study of the wells it allowed to the classification of 4 main styles of behavior for nitrate and ammonium. Style 1 would correspond the wells with high values of nitrate and low values of ammonium; style 2 would be characterized by high values to nitrate and ammonium; style 3 would correspond the wells with low to intermediate concentrations the nitrate and high the relatively high ammonium grades and, finally, style 4 would be translated by lower grades for ammonium, followed for intermediate nitrate grades. These styles can mean greater or minor distance of active sources of contamination, that would be, therefore, the

preponderant factors in the hydrogeochemical characterization of the wells in an urban area as the studied one.

In two wells a more detailed water sampling was effected. These samplings had evidenced, one more time, to little influence of the seasonality in the hydrochemical characterization of the studied wells.

To identify the main types of waters, representative samples of the registered in cadastre wells had been located in the diagrams of Piper. The results had shown a trend, so that, the samples, independent of the period of sampling, to be concentrated in calcium chloride sulfate, cl sodium chloride and sodium nitrate chloride hydrochemical facies. These behaviors reflect that they are being strong affected for antropogenic factors, in detriment of natural processes.

The analysis of the space distribution, of the main parameters, showed that, for nitrate, the more raised grades are located in the central and south portion of the area. The ammonium presented an inverse relation to the one of nitrate, with more raised grade the northwest and northeast of the area, diminishing for the center of the area. The map of electric conductivity coincides, in good part, with the one of nitrate, while that the chloride iso-grade map is, in a general, similar way to the one it ammonium. The iso-grade map of pH did not show any trend of correlation with nitrate. These correspondences had coincided with the comments of the studies of correlations.

In the study of water contamination by gasoline/diesel, three critical areas were defined. The study finally suggests that, in regard to water samples with qualitative identification of diesel and or gasoline, the main biodegradation process, beside the aerobic one, seems to be of nitrate one.