

AQUÍFERO ALUVIONAR COMO ALTERNATIVA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO, EM SANTANA DO ARAGUAIA, SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ

Paulo Pontes Araújo¹ & Antonio Carlos F. N. S. Tancredi²

Resumo - Este trabalho desenvolvido na cidade de Santana do Araguaia, sudeste do Pará, em área de 25 km² e população de 25.000 habitantes. A principal drenagem é o rio Campo Alegre, intermitente, afluente do rio Araguaia. Há outros tributários do rio Campo Alegre, também intermitentes, sendo o principal deles o rio Acampamento. O objetivo deste trabalho é propor a melhor alternativa de abastecimento de água à população. O quadro geológico é constituído por unidades do Arqueano (Greenstone Belt Inajá) e do Fanerozóico (Coberturas Intempéricas e Quaternário Aluvionar). Foram individualizados três aquíferos livres, um do tipo aluvionar com índices de vulnerabilidade de moderado a extremo. As principais fontes potenciais de poluição são as fossas secas e os postos de combustíveis. Para atender a demanda de água, a forma mais apropriada é a da captação em aquíferos aluvionares posicionados longitudinalmente na margem direita do rio Campo Alegre, com bateria de 4-5 poços, em regime de bombeamento de 20 horas por dia, com expectativa de vazão máximo de 40,0 m³ / h.

Abstract – The investigations were carried out in the town of Santana do Araguaia, in eastern of Pará in na área of 25 km², with 25,000 peoples. The main drainage, Campo Alegre stream is intermittent, tributary of Araguaia river. It has others tributaries of Campo Alegre stream, intermittent too, the mainly Acampamento stream. The purpose of this study is to propose the best alternative for public water system. The geological setting is formed by Archean rocks of Greenstone Belt Inajá, the Bedrock and Quaternary Alluvium. Three unconfined aquifers are found, one of them of alluvial type with vulnerability of groundwater ranging form moderate to extreme. The main souces of groundwater contamination are septic tanks and fuel underground tanks. To supply water demand the most appropriate is the alluvial aquifer in a longitudinal section of the right bank of Campo Alegre stream in a system of 4 to 5 wells in 20 hour pumping time, may having 40 m³/hour upper discharge.

Palavras-chave: aquífero aluvionar – abastecimento público

¹ Serviço Geológico do Brasil – CPRM – DIGEAM – (0xx91) 276-8577 – ppontes@amazon.com.br - Belém – Pará.

² Laboratório Unificado de Pesquisas e Assessoramento – LUPA – (0xx91) 222-0983.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido na cidade de Santana do Araguaia. A principal drenagem é o rio Campo Alegre, intermitente, afluente do rio Araguaia. Os tributários do rio Campo Alegre, também intermitentes, sendo o principal deles é o rio Acampamento. A grande maioria destas drenagens recebe descargas de esgotos domésticos.

O objetivo principal deste trabalho preliminar foi propor a melhor alternativa de abastecimento de água à população da cidade de Santana do Araguaia, considerando-se como principais fontes de informação os trabalhos de pesquisa bibliográfica e os de reconhecimento realizados na área de estudo.

A cidade possui uma população estimada em 25.000 habitantes, a qual utiliza água dos aquíferos livres como principal fonte de abastecimento, através de poços tubulares e/ou escavados, com profundidades variando entre 5 e 12 m. A cidade não possui sistema de tratamento de água. O sistema de esgoto sanitário é individual, através da utilização de fossa do tipo seca. Não há nenhuma galeria pluvial instalada.

Diretrizes básicas para orientar a exploração destas águas freáticas são de particular importância, devido aos problemas diagnosticados em áreas urbanas relacionados à contaminação de águas subterrâneas por efluentes de fossas, tanques de armazenamento de combustíveis, resíduos industriais, dentre outras fontes potenciais geradoras de poluição, além da questão referente a poços improdutivos .

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Santana do Araguaia situa-se no extremo sudeste do Estado do Pará, com área em torno de 25 km². A sede municipal possui as seguintes coordenadas geográficas: 08°50'8" de latitude sul e 49°43'30" de longitude W. Gr (Figura 1). Está a 1.470 km de Belém. O acesso é rodoviário e com linhas irregulares de aviões de pequeno porte.

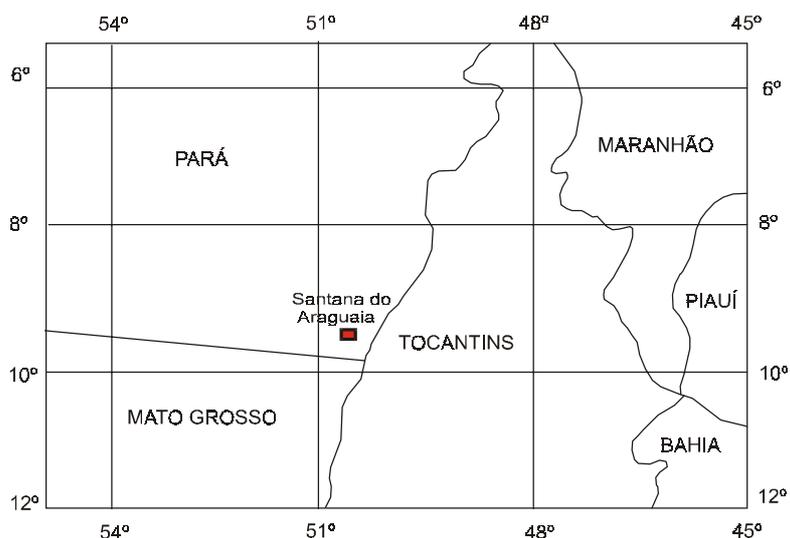


Figura 1 Mapa de localização da cidade de Santana do Araguaia

METODOLOGIA

Em Santana do Araguaia foram desenvolvidas as seguintes atividades: 1) mapeamento geológico, 2) cadastramento de poços com determinação das coordenadas geográficas, do nível hidrostático, e da profundidade do poço e, 3) coleta de amostras da zona não saturada com trado manual.

Foram estabelecidos os índices de vulnerabilidade natural dos aquíferos livres, através do modelo *GOD*, de Foster e Hirata (1988). Esses índices de 0,2 ou mesmo nulo (aquíferos confinados) até 1,0 (para os aquíferos livres sem cobertura) para a ocorrência de água subterrânea. De 0,3 a 1,0 para a litologia da zona insaturada. E de 0,3 a 0,9 para a profundidade do nível hidrostático. O fator foi obtido principalmente pela realização de medidas diretas nos poços.

O produto dos três parâmetros, acima referidos numa escala de 0 a > 0,6, permitiu definir os índices relativos de vulnerabilidade do aquífero, consistindo no grau de resistência natural do mesmo à penetração de contaminantes.

Com base na classificação obtida para os sedimentos estudados foi feita uma estimativa da condutividade hidráulica (*K*) do material.

GEOLOGIA

O quadro geológico para a zona urbana constituído por unidades do Arqueano (Greenstone Belt Inajá) e do Fanerozóico (Coberturas Intempéricas e Quaternário Aluvionar).

A unidade “Greenstone Belt” Inajá, apresenta manifestações básicas e ultrabásicas em plutons e lavas intercaladas com rochas sedimentares, principalmente, formações arenosas (Formação Quixadá). Na porção superficial predominam sedimentos intemperizados de rochas de natureza sedimentar com intercalações de sedimentos, também intemperizados, de rochas básicas (Formação

Morada da Prata). Todo esse conjunto foi submetido a um metamorfismo do fácies xisto verde. Na área em questão o contato em superfície entre as duas formações é gradativo.

A unidade geológica mais recente está representada por produto de alteração supergênica da litologia acima mencionada e, na área aluvionar do Rio Campo Alegre, por sedimentos areno-argilosos, com níveis de cascalho, depositados em ambiente continental fluvial.

HIDROGEOLOGIA LOCAL

A cidade de Santana do Araguaia apresenta dois tipos de aquíferos: o primeiro livre pertence às seguintes formações sedimentares: do quaternário aluvionar, das coberturas intempéricas de rochas básicas e das rochas de natureza sedimentar. O segundo fissural, em rochas cristalinas em subsuperfície. A análise de dados coletados através de futuros trabalhos de geofísica, utilizando-se o método da eletrorresistividade, na forma de caminhamento elétrico em arranjo dipolo-dipolo (detecção de falhas e fraturas), conjugado com as informações hidrogeológicas locais, devem proporcionar informações técnicas confiáveis para a alocação de alvos para furos de sonda destinados a prospecção de água subterrânea em fraturas.

Os aquíferos livres, associados a rochas sedimentares alteradas, possuem nível estático variando de 1,90 m na porção norte da cidade (PE-19), a 5,30 metros na área sul da mesma (PE-21). Nesta área, a capacidade de produção de água por poço oscila entre 4-5 m³/h.

No aquífero livre, pertencente a coberturas intempéricas de rochas básicas, o nível estático varia de 1,60m na porção norte da cidade (PE-18), a 10,30m na sudeste (PE-03). Nesta área, a capacidade de produção de água por poço está entre 5-6 m³/h.

No aquífero livre, do quaternário aluvionar, o nível estático varia de 3,40m (PE-10) a 5,10 m (ST-05). A capacidade de produção de água por poço está entre 8-10 m³/h. A espessura saturada nesta zona varia entre 18-24 metros.

POTENCIOMETRIA

O mapa potenciométrico da área (Figura 4.1) utiliza em 36 dos pontos cadastrados: poços tubulares, escavados e sondagem a trado manual. Determinou-se a direção do fluxo do aquífero freático no período seco do ano de 2001.

O material inconsolidado, produto da decomposição intempérica de rochas sedimentares e básicas, constitui a principal unidade de armazenamento e transmissão de águas subterrâneas locais, na parte superior do terreno.

De um modo geral, o fluxo da água subterrânea desenvolve-se a partir do limite oeste da cidade de Santana do Araguaia, fluindo com potenciais situadas entre os níveis 195 e 240 metros na direção do centro da área de estudo.

O rio do Acampamento, no curso situado na porção noroeste da área configura-se como uma drenagem de recarga do aquífero freático. Na sua porção leste, as direções de fluxo o referido rio atua como exutório natural.

A profundidade da superfície potenciométrica é de forma geral pequena, com valores entre os limites 191 e 241 m, como medidos nos poços 15 e 24, respectivamente. Sua variação ocorre a partir das margens dos rios Acampamento e Campo Alegre, crescendo na direção dos limites leste da cidade. A posição de base do aquífero livre situa-se em torno de 40 metros.

VULNERABILIDADE NATURAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA FREÁTICA

O material geológico pode constituir-se em filtros naturais e fornecer algum grau de proteção em relação ao contaminante que penetra em subsuperfície. Esta proteção natural varia em diferentes locais. O movimento da água na zona insaturada é geralmente lento e em ambiente aeróbico, propiciando a biodegradação da matéria orgânica, assim como a eliminação de microrganismos e a atenuação de substâncias químicas.

Os parâmetros dos índices de vulnerabilidade à contaminação, do aquífero do tipo livre, foram classificados entre 0,3 e $> 0,6$, considerando-se o tipo de ocorrência da água subterrânea, a litologia da zona não saturada e a profundidade da água.

Até o índice 0,1 o risco de contaminação é mínimo, entre 0,1 e 0,4; o risco de contaminação poderá existir havendo uma fonte de poluição persistente durante um tempo relativamente longo. A partir do índice 0,4 a probabilidade do aquífero ser contaminado está intimamente relacionado ao tipo, tamanho e persistência da carga contaminante, sendo maior quanto maior for o índice.

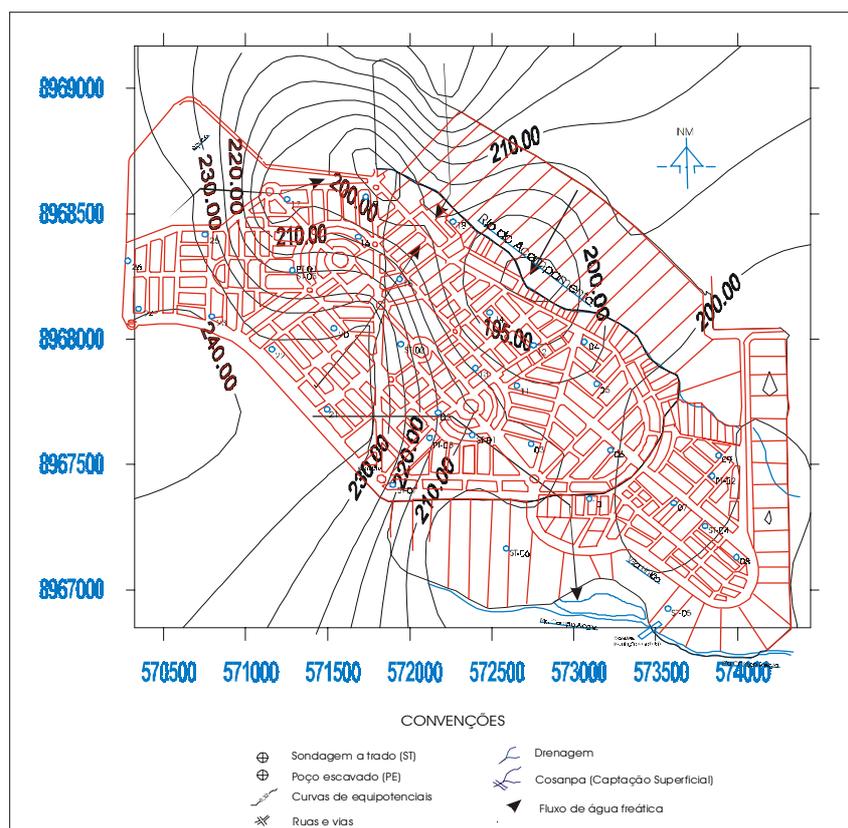


Figura 2 - Potenciometria da cidade de Santana do Araguaia, escala 1:6.000

Quanto ao tipo de ocorrência da água subterrânea há predominância de aquíferos livres, segundo a metodologia utilizada por Foster & Hirata (1988), com índices entre 0,6-1,0.

A zona não saturada é composta predominantemente por sedimentos classificados como areia média à grossa (faixa de grãos entre 0,25 e 1 mm), fornecendo índices de 0,5 e 0,7, respectivamente. Essas características indicam materiais com pouca capacidade de retenção de poluentes que possam estar presentes nas águas de infiltração.

Os dados de profundidade da água subterrânea, são do período seco de 2001, nos 29 poços cadastrados. Esses poços produziram, para profundidade de água entre 1,60 e 10,30 m, índices de 0,3 a 0,5 e $> 0,6$, respectivamente.

Os aquíferos livres possuem áreas com índices de vulnerabilidade à contaminação de moderada (0,3-0,5) a extremo ($> 0,6$). Esses valores, sinalizam a zona desse aquífero que pode ser adversamente afetada por cargas qualquer de contaminantes (Foster, 1988). Na zona onde o índice de vulnerabilidade é extremo, as águas dos aquíferos podem ser atingidas de forma relativamente rápida por contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus, sendo vulneráveis à maioria dos contaminantes (Costa, 1997).

RELAÇÃO ENTRE ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA

No caso do rio Campo Alegre a cota do nível d'água é menor (204 m), registrada no ponto de coordenada UTM-N 0574036 e UTM-E 8966585, do que a cota potenciométrica dos aquíferos livres, o que caracteriza como um rio efluente, ou seja, a água subterrânea é descarregada pelo fluxo de base para a água superficial inclusive, através de escoamento em fontes. Por outro lado, o rio Campo Alegre pode tornar-se um rio influente, ou seja, a água superficial infiltra-se para a água subterrânea através da percolação proveniente da elevação do nível d'água. Neste caso, em condições naturais, seria necessária a construção de uma barragem subterrânea elevando a cota do nível d'água acima da cota potenciométrica do aquífero, em local a ser sugerido "in situ".

A despeito de atender a demanda de água para a população de Santana do Araguaia, a forma mais apropriada é a da captação em aquíferos aluvionares posicionados longitudinalmente nas margens direita do rio Campo Alegre.

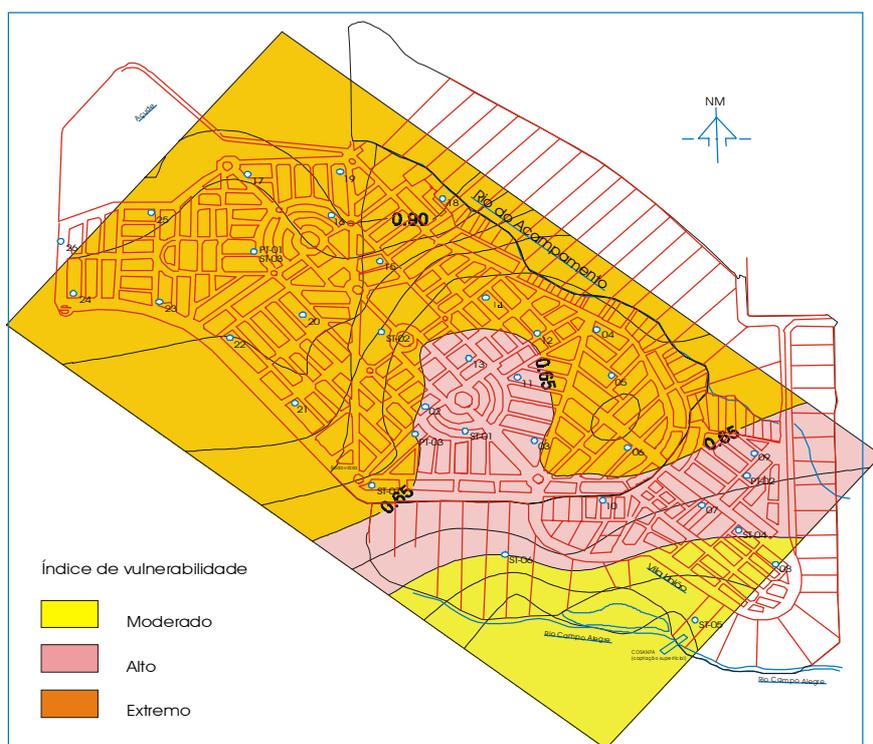


Figura 3 - Vulnerabilidade natural do aquífero livre da cidade de Santana do Araguaia, escala 1:6.000

FAVORABILIDADE PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os três aquíferos livres individualizados no item 4.2.1, apresentam baixa favorabilidade em termos do potencial de água subterrânea para abastecimento público. Contudo, o aquífero livre relacionado à zona aluvionar passa a configurar-se como uma das melhores alternativas de água para a população de Santana do Araguaia. É importante lembrar que este aquífero apresenta um índice de vulnerabilidade natural classificado como extremo. Quando feita a exploração do aquífero

livre, o bombeamento reduz a pressão da água e reduz a sua descarga para o rio. A provável pluma de contaminação começará a avançar, podendo atingir os poços e contaminar todo o aquífero. Deve-se eliminar toda e qualquer fonte potencial de contaminação.

Considerando-se as limitações quanto a provável qualidade das águas do lençol freático e a eliminação de toda e qualquer fonte de poluição, sugere-se que os poços a serem perfurados sejam posicionados nos aquíferos aluvionares, a margem direita do rio Campo Alegre. Atualmente, partes destes locais ainda encontram-se preservados em sua paisagem natural.

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

Os aquíferos aluvionares são essencialmente arenosos. A granulometria dos grãos, segundo a classificação sedimentológica, varia de seixos a siltes, com predominância absoluta da fração arenosa muito grossa a grossa, compreendendo diâmetros de 2 a até 0,5 mm (Driscoll, 1987). Alguns autores indicam valores de coeficiente de armazenamento ou porosidade efetiva, compreendida entre 10 e 30%. Estima-se, de acordo com valores existentes na literatura, que o material aluvionar possua condutividade hidráulica (K) entre $3,7 \times 10^{-2}$ e 2×10^{-3} cm/s e transmissividade (T) variando de 7 a 128 m²/dia. Estes valores de transmissividade sugerem vazões por unidade construída da ordem de 3,6 a 40 m³/h. Para efeito de melhor entendimento dos elementos hidrodinâmicos, a transmissividade foi calculada admitindo-se um aquífero livre com espessura saturada média de 4,0 metros.

Estas condições permitem a imediata recarga do aquífero aluvionar. Os valores obtidos representam aquíferos de composição litológica arenosa, grosseira, características do rio Campo Alegre, onde se sugere serem construídas as captações com baixas a médias vazões e pequenos rebaixamentos.

ESPECIFICAÇÕES DOS POÇOS TUBULARES RASOS

Definida a área-alvo, ou seja, os aquíferos aluvionares do rio Campo Alegre, sugere-se a locação de poços tubulares rasos com expectativa de vazão máxima em torno de 40,0 m³ / h, constituindo-se emergencialmente em solução alternativa para o atendimento de demanda da cidade de Santana do Araguaia. Recomenda-se uma bateria de 4-5 poços, em três seções distanciadas de pelo menos 150 metros, em regime de bombeamento de 20 horas / dia. Contudo, se o manancial possuir elevada espessura, 10 ou mais metros, e outros condicionamentos, as vazões por unidade construída poderão extrapolar, alcançando valores da ordem de 100 m³ / h, o que resultaria numa redução de 50% no número de poços sugeridos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dois tipos de aquíferos livres relacionados a unidades do Arqueano apresentam-se, em condições naturais, desfavoráveis a exploração de águas subterrâneas, visto que a distribuição espacial destes aquíferos sugere que em toda área da cidade de Santana do Araguaia, as águas do lençol freático encontram-se, provavelmente, afetadas por contaminação provenientes de fossas. Os índices de vulnerabilidade mostram que os referidos aquíferos livres possuem áreas com índices de vulnerabilidade à contaminação variando de moderado à extremo, com valores de 0,3 a 0,9 e sinalizam a zona desse aquífero que pode ser adversamente afetada por cargas qualquer de contaminantes. Entre o índice 0,1 e 0,4 o risco de contaminação existe, visto que ocorrem fontes de poluição persistente durante um tempo relativamente longo (fossas secas). A partir do índice 0,4 a probabilidade do aquífero ser contaminado está intimamente relacionado ao tipo, tamanho e persistência da carga contaminante, sendo tanto maior quanto maior for o índice. Os principais tipos de fontes de poluição identificados foram às fossas secas e os tanques submersos de armazenamento de combustível.

A despeito de atender a demanda de água para a população de Santana do Araguaia, merecem maior atenção os aquíferos livres relacionados à zona aluvionar situada à margem direita do rio Campo Alegre. Estes aquíferos podem constituir-se na melhor alternativa de água para a população., através de uma bateria de 4-5 poços, em regime de bombeamento de 20 horas, com expectativa de vazão máxima, por unidade, em torno de $40,0 \text{ m}^3 / \text{h}$.

O rio Campo Alegre é efluente. O fluxo da água subterrânea desenvolve-se a partir do limite oeste da cidade, fluindo com potenciais situadas entre os níveis 195 e 240 metros na direção do centro da área de estudo. O rio Acampamento, no curso situado na porção noroeste da área de estudo, configura-se como uma drenagem de recarga dos aquíferos freáticos. Na sua porção leste, as direções de fluxo sugerem que o referido rio atua como exutório natural.

Como manancial hídrico alternativo para a região sudeste do Estado do Pará, os aquíferos aluvionares não são ainda explorados com racionalidade, embora vastamente conhecido da população rural, que o utiliza para consumo animal e doméstico durante o período de recessão pluviométrica, através de simplórias escavações manuais nas áreas de inundação ou utilizando “lagos naturais” existentes ao longo do leito dos rios intermitentes, que nada mais são do que o afloramento do lençol freático.

Finalmente, recomenda-se futuros trabalhos geofísicos de eletrorresistividade no âmbito do cristalino de Santana do Araguaia, o qual deve ser usado sistematicamente na forma de caminhamento elétrico em arranjo dipolo-dipolo, objetivando a detecção de falhas e fraturas em rochas cristalinas, precedidas da análise estrutural e coleta de informações hidrogeológicas. A

conjugação destas informações, deve proporcionar dados confiáveis para a alocação de alvos mais favoráveis a realização de furos de sonda, destinados à prospecção de água subterrânea em fraturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, W. D. 1997. **Contaminação e programas de monitoramento de águas subterrâneas.** Impactos Ambientais e Águas Subterrâneas no Brasil – Rio de Janeiro.
- DRISCOLL, F. G. 1986. **Groundwater and Well.** 2 ed. Johnson Divison, St. Paul Minnesotd 1089p.
- FOSTER, S. S. D. 1987. Fundamental concepts In aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. In: CONF. VULNERABILITY OF SOIL AND GROUNDWATER TO POLLUTANTS, **Proc...** Noordwijk, The Netherlands.
- FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. 1988. **Groundwater pollution risk evaluation:** the methodology using available data. CEPIS-PAHO / WHO. Lima. 78 p.