

Avaliação Hidrogeológica da Zona Norte da Cidade de Natal e os Problemas Associados ao Desenvolvimento Urbano

José Geraldo de Melo, Mickaelon B. de Vasconcelos;
Samara Danielle O. de Moraes; Rafaela da Silva Alves

Departamento de Geologia da UFRN

jgmelo@ufrnet.br; mickvasconcelos@yahoo.com.br; samaradanielle.moraes@yahoo.com.br; alves.rafaelasilva@yahoo.com.br

Recebido: 17/02/11 - revisado: 10/06/11 - aceito: 28/09/11

RESUMO

A Zona Norte da cidade de Natal, RN, com cerca de 300000 habitantes, é suprida por um sistema misto composto de águas subterrâneas e águas superficiais (Lagoa de Extremoz). Os recursos exploráveis desta lagoa estão praticamente esgotados, o que tem levado a uma procura cada vez maior por águas subterrâneas. Estas, entretanto, estão bastante contaminadas por nitrato devido à disposição local de efluentes domésticos, o que gera uma situação delicada quanto ao suprimento da população com água potável. O objetivo deste trabalho é a avaliação hidrogeológica da área e da contaminação das águas subterrâneas por nitrato, como fundamentos para a definição de medidas estratégicas visando a solução do problema apresentado. A alternativa proposta para atender a este objetivo é a identificação de áreas para captação de águas subterrâneas fora dos limites urbanos, que reúnam condições hidrogeológicas e ambientais favoráveis. O novo recurso de água subterrânea a ser disponibilizado deverá propiciar uma oferta de água suficiente que atenda as necessidades atuais e futuras da população.

Palavras chaves: Recarga urbana, nitrato, suprimento hídrico.

INTRODUÇÃO

A área de estudo situa-se no Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), numa região úmida com precipitações pluviométricas da ordem de 1660 mm/anuais. Compreende o perímetro urbano e periurbano da Zona Norte da cidade de Natal, cuja superfície total é da ordem de 70 km². É limitada ao Norte pelo Rio Doce, ao sul pelo Rio Potengi, a oeste pela Lagoa de Extremoz e Riacho Olho d'água, dentro das seguintes coordenadas UTM: 242.000 e 258.000 m N e 9.372.000 e 9.356.000 m E.

Uma expressiva área da Zona Norte de Natal cuja população é da ordem de 300.000 hab, é abastecida por águas subterrâneas, abrangendo um percentual de 38% da sua população. O restante, 62%, são águas provenientes da Lagoa de Extremoz, localizada na periferia noroeste da área. O uso das águas da Lagoa de Extremoz praticamente atingiu os limites de suas potencialidades, o que tem resultado numa procura maior por águas subterrâneas. As águas subterrâneas, entretanto, estão sendo contaminadas por nitrato face ao sistema de saneamento adotado com disposição local de efluentes com o

uso de fossas e sumidouros (Melo 1998; Melo et al 2006).

Este artigo foi elaborado com base em dados e resultados obtidos no projeto "Avaliação das condições hidroambientais e definição de estratégias de manejo dos recursos hídricos nos domínios urbanos e periurbanos da

Zona Norte da cidade de Natal/RN" do Edital CNPq/CT-Hidro/CT-agro - Racionalização do uso da água e inclusão social no meio Urbano e Periurbano (Melo et al 2009). Neste artigo é feita uma avaliação hidrogeológica e da contaminação das águas subterrâneas por nitrato, bem como são apresentadas medidas estratégicas visando a garantia do suprimento hídrico da população da Zona Norte de Natal com água potável.

Este tema, contaminação de águas subterrâneas por nitrato devido às atividades do desenvolvimento urbano, especificamente pela disposição local de efluentes domésticos, tem sido bastante discutido nos meios internacionais merecendo destaque os trabalhos de Howard and Israfilov (2002); Tellam et al (2006) e Chilton (1999), os quais apresentam exemplos de casos com recomendações estratégicas de manejo das águas subterrâneas. Tem-

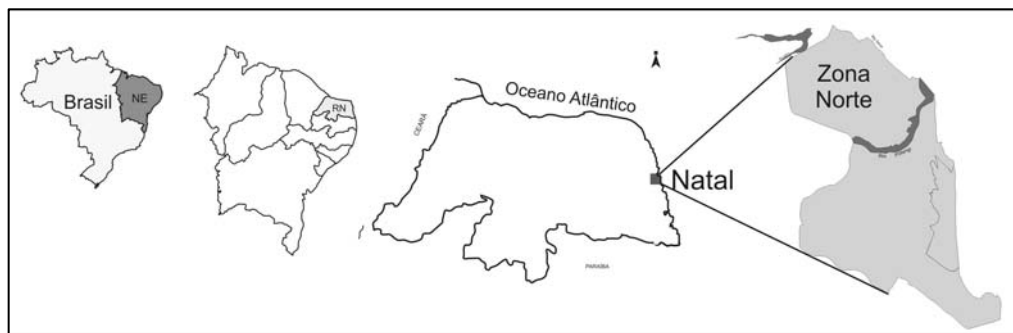


Figura 1 - Localização da área.

se observado que os problemas apresentados são de diferente natureza requerendo o uso de técnicas específicas para cada caso (Melo e Queiroz 2001). No Brasil, a situação vivenciada na cidade de Natal já é bastante conhecida (Melo, 1995; Righeto e Rocha, 2005) e até o momento não têm sido aplicadas medidas eficazes na solução do problema de contaminação das águas subterrâneas, e, estas têm sido utilizadas com riscos a saúde da população.

Existe um estudo preliminar realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte no qual é apresentada uma alternativa de Abastecimento da cidade de Natal com águas importadas do Rio Maxaranguape situado a cerca de 50 km ao norte da Zona Norte (FUNPEC, 2008). Entende-se, entretanto, que a continuidade do uso de águas subterrâneas no abastecimento da Zona Norte de Natal deva ser priorizada em função dos seguintes argumentos (Melo 2009):

- As águas subterrâneas estão armazenadas em um sistema aquífero de extensão regional e reconhecidamente de elevado potencial hidrogeológico, de forma que a oferta de água subterrânea complementar poderá vir de domínios que extrapolem os limites dos perímetros urbanos e Peri-urbano ou do próprio Município;
- As águas subterrâneas são de excelente qualidade em suas condições naturais, sem restrições ao uso humano, com teores de sais geralmente inferiores a 150 mg/L de sólidos totais dissolvidos;
- São fáceis de captar podendo ser exploradas através de poços tubulares relativamente rasos (inferiores a 100 m);

- Não necessitam de estações de tratamento, o que onera bastante o sistema de captação tal como ocorre com as águas superficiais;
- São de baixo custo, notadamente por permitirem projetos simples de captação;
- As águas subterrâneas são menos vulnerável a contaminação com relação aos corpos de água superficial por estarem sob a superfície do terreno;
- Existe uma estrutura já instalada com o uso de águas subterrâneas, portanto, com investimentos já aplicados, evitando, por conseguinte custos adicionais.

Visando aumentar a oferta de água subterrânea potável para a população e a diluição de águas contaminadas por nitrato, a procura por águas subterrâneas em domínios que extrapolem os limites do município tem sido posta em prática pela própria Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), empresa responsável pelo abastecimento de água da cidade.

O DESENVOLVIMENTO URBANO NA ZONA NORTE DA CIDADE DE NATAL

Nas últimas décadas o crescimento da população urbana nos países em desenvolvimento tem ocorrido numa proporção muito elevada. Muitas dessas cidades estão situadas sobre aquíferos livres e semi-confinados e dependem da água subterrânea para o seu suprimento. Essas cidades, entretanto, não estão adequadamente dimensionadas em termos da estrutura urbana composta pelo abastecimento de Água, saneamento e drenagem, o que tem modificado os mecanismos de recarga, criando novos mecanismos e contaminando as águas subterrâneas (Foster et al, 1998).

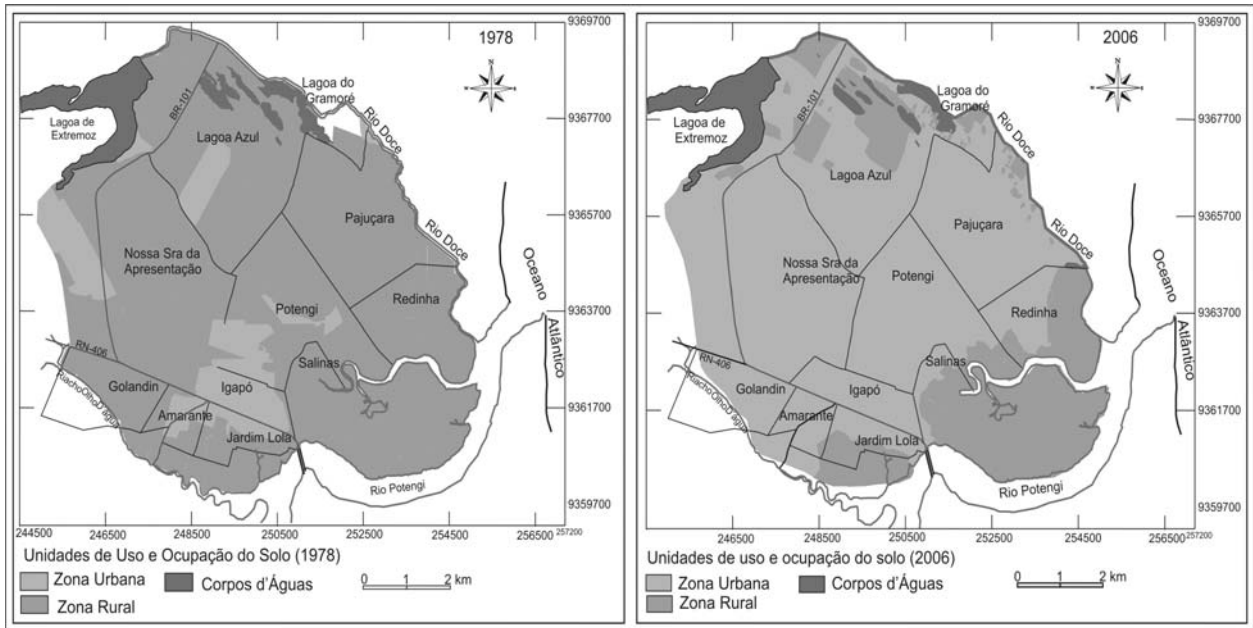


Figura 2 - Desenvolvimento urbano da Zona Norte de Natal.

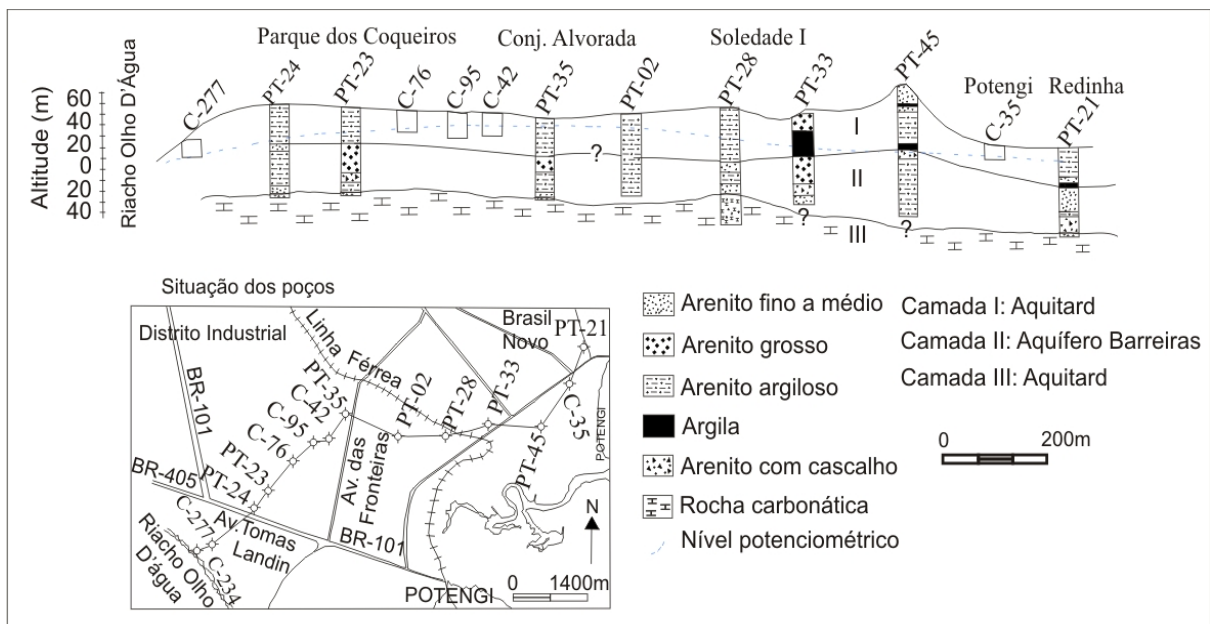


Figura 3 - Seção hidrogeológica 1.

A Zona Norte da cidade de Natal apresenta uma situação similar, cuja população nos últimos 30 anos cresceu cerca de cinco vezes e a área urbana se expandiu de 11% para 71% da área da Zona Norte (Figura 2). O resultado disto tem sido problemas

no abastecimento: insuficiência de água, problemas de drenagem e contaminação das águas subterrâneas. Neste caso, devido à disposição local de efluentes domésticos com o uso de fossas e sumidouros.

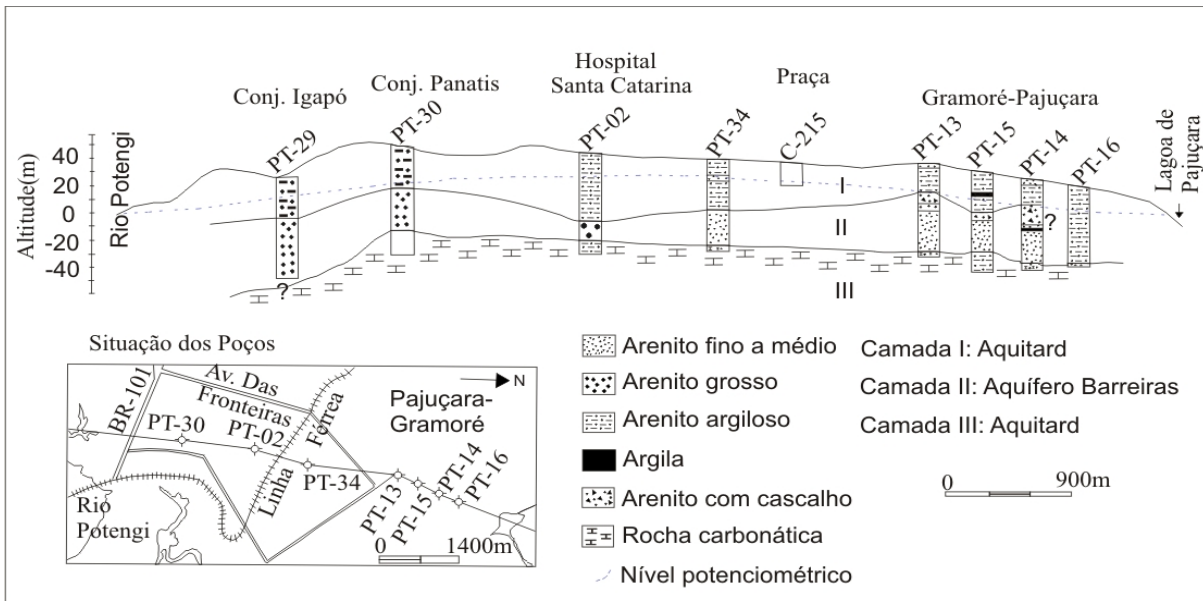


Figura 4. - Seção hidrogeológica 2.

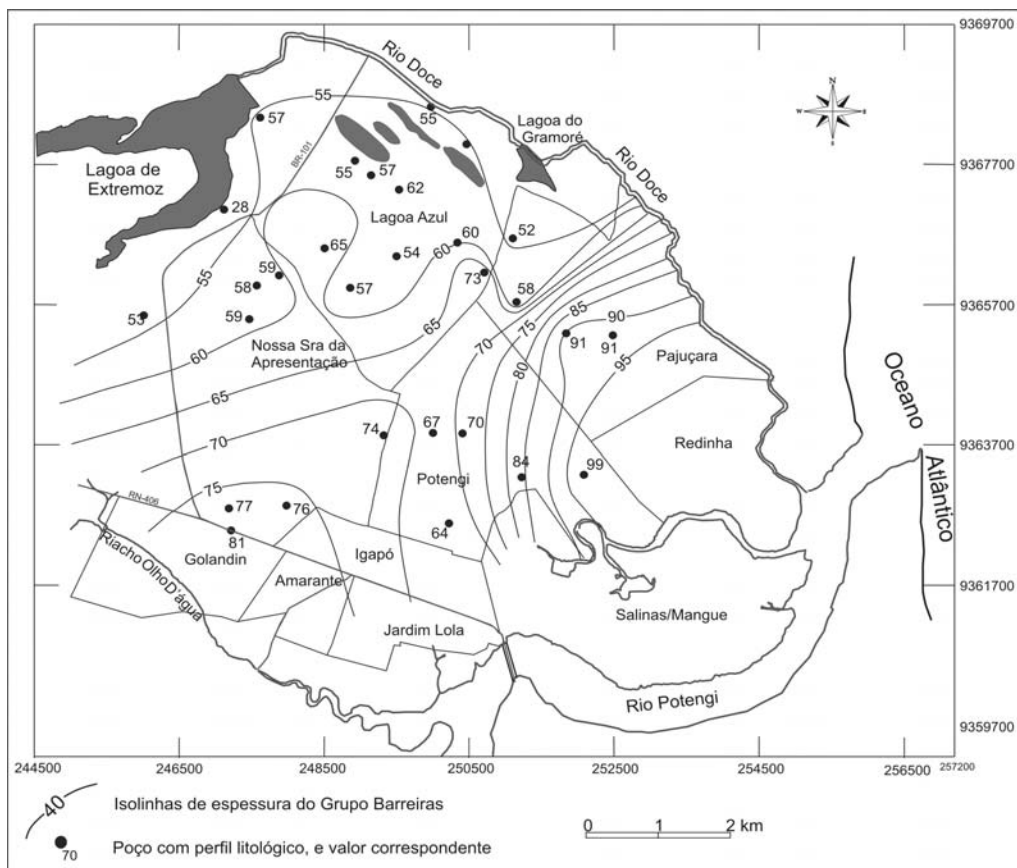


Figura 5 - Isopacas do Grupo Barreiras.

O SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS

Geologia e Estrutura hidrogeológica

A área de estudo é constituída de arenitos e argilitos do Grupo Barreiras, de idade Tercio-Quaternária, sobrepostos as rochas carbonáticas atribuídas ao cretáceo, formadas de arenitos calcíferos, calcários e dolomitos.

Com base nos perfis litológicos de 36 poços tubulares penetrando os sedimentos do Grupo Barreiras, dos quais 28 poços são totalmente penetrantes nesta formação, foi feita a caracterização da estrutura hidrogeológica.

A correlação entre perfis de poços (Figuras 3 e 4) permitiu a identificação de três camadas que constituem o sistema aquífero Barreiras. A camada II, formada de arenitos finos a grossos, constitui o aquífero Barreiras propriamente dito, cuja espessura varia, efetivamente, de 15,0 a 61,0 m, com média de 35,0 m. Essa camada está limitada no topo por uma camada argilo-arenosa e areno-argilosa com características de aquitard, que constitui a camada designada de camada I cuja espessura varia de 14,0 a 38,0 m, com média de 31,5 m. O aquífero Barreiras é limitado na sua base por rochas carbonáticas com característica de aquitard que constitui a camada III.

A espessura do sistema aquífero Barreiras varia, portanto, de 28,0 a 99,0 m, cuja média é de 66,5m (Figura 5).

Parâmetros hidrodinâmicos

Na localidade de Gramorezinho foi executada a perfuração de um poço tubular totalmente penetrante no aquífero Barreiras (Melo et al 2009), com profundidade de 56,0 m, que mostra no local a presença de um aquífero superior livre até a profundidade de 30,00m e de um aquífero inferior, semi-confinado no intervalo de 44,0 m a 55,0 m, separados por uma seqüência de argilitos com intercalações arenosas, portanto, com características de aquitard com espessura total de 14,0 m. A uma distância de 15 m do poço tubular/ pesquisa foi instalado um sistema múltiplo de piezômetros, um raso e um profundo, com profundidades de 28,0 e 50,0 m, respectivamente (Figura 6). O poço tubular (P1) foi submetido a bombeamento com vazão constante por um período de 12 horas com observação dos abaixamentos nas unidades pz1 e pz2, porem somente se verificou reação na unidade mais profunda, Pz2, cujo nível d'água rebaixou 1,77 m.

Os resultados do teste foram interpretados com o a utilização do software “aquifer test” da Sc-

hlumberger, com a obtenção dos seguintes resultados para os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Barreiras: Transmissividade (T): $1,1 \times 10^{-3}$ m²/s; Condutividade hidráulica (K): $2,6 \times 10^{-5}$ m/s; Condutividade hidráulica da camada semi-confinante (K²): $7,0 \times 10^{-9}$ m/s. Melo (1998) obteve para transmissividade valores variando de $1,05 \times 10^{-3}$ a $3,5 \times 10^{-2}$ m²/s; condutividade hidráulica de $1,9 \times 10^{-5}$ a $1,4 \times 10^{-3}$ m/s, e, porosidade efetiva de 10%.

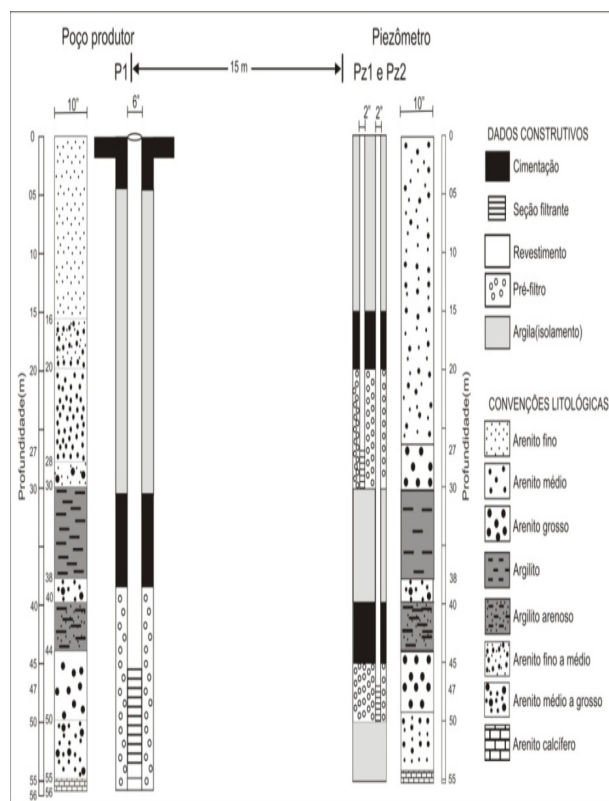


Figura 6 - Perfis litológicos e construtivos de poço de bombeamento (P1) e sistema múltiplo de piezômetros (pz1-pz2) na Localidade de Gramorezinho.

Fluxo das águas subterrâneas

Pode-se observar nas correlações hidrogeológicas (e também no mapa potenciométrico, figura 7) que o nível d'água dos poços com diferentes profundidades, tende a se ajustar a uma mesma superfície potenciométrica, indicando elevada conexão hidráulica entre os diferentes níveis e a presença de um sistema aquífero único. A configuração das equipotenciais do aquífero Barreiras na Zona Norte de Natal (figura 7) sugere a ocorrência de fluxos subterrâneos localizados ou intermediários diver-

gentes em direção a Lagoa de Extremoz e aos vales dos rios Doce e Potengi. Esses corpos de águas superficiais apresentam, portanto, condições de efluência com relação às águas subterrâneas, ou seja, os mesmos são alimentados por água subterrânea. Este comportamento não parece mudar significativamente ao longo do tempo, conforme sugere o padrão do fluxo subterrâneo em diferentes épocas (Melo et al 2009). Localmente, o comportamento do fluxo subterrâneo pode ser alterado em função do bombeamento de poços com a formação de superfícies fechadas (depressões).

A avaliação cuidadosa da configuração das equipotenciais e das direções do fluxo subterrâneo permite a caracterização de duas frentes principais de escoamento: a frente de escoamento em direção ao Rio

Doce e Lagoa de Extremoz, identificada como Frente de escoamento Norte e a frente de escoamento em direção ao Rio Potengi e riacho Olho D'Água, identificada como frente de escoamento Sul, separadas por um divisor principal de águas subterrâneas. As vazões do fluxo subterrâneo natural nas diferentes direções foram obtidas a partir da Lei de Darcy, mediante a aplicação da equação: $q = TiL$, onde: q é vazão do fluxo subterrâneo numa determinada direção (m^3/s); T é transmissividade do aquífero no setor ou faixa considerada (m^2/s); I é o gradiente hidráulico (%) e L é a frente de escoamento (km). A vazão total do fluxo subterrâneo (Q), correspondente ao somatório das descargas parciais nas diferentes direções, foi bastante próxima nas correspondentes datas de Abril 1997; Outubro 2006 e Março 2008, ou seja, de 2,20; 1,87 e 1,91 m^3/s , respectivamente (Melo et al 2009). Apesar da pequena diferença entre esses valores, observa-se que o menor valor obtido (1,87 m^3/s) corresponde as medições efetuadas no mês de menor precipitação pluviométrica (Outubro 2006).

Comportamento hidráulico observado nas relações águas subterrâneas X águas superficiais

Os principais corpos de águas superficiais a serem incluídos neste contexto, são as águas da Lagoa de Extremoz e Rio Doce, nos setores noroeste e norte, e, o riacho Olho D'Água e Rio Potengi, no setor sul da área de estudo.

Um dos mais importantes aspectos da hidrologia de lagoas é a sua interação com as águas subterrâneas (Fetter, 2001). Esta interação desempenha um papel importante no estabelecimento de balanço de água da lagoa ou de forma mais ampla no balanço hidrogeológico de uma área. As lagoas ou

um rio de um modo geral podem ser classificados hidrogeologicamente segundo a predominância de águas subterrâneas ou de águas superficiais em um balanço anual de água. Assim sendo lagoas com predomínio de águas superficiais geralmente contêm tanto fluxo de entrada de água superficial como de saída, e, podem alimentar as águas subterrâneas, enquanto que lagoas com predomínio de águas subterrâneas podem ou não conter fluxo superficial de entrada e saída, porém são principalmente alimentadas por águas subterrâneas. No primeiro caso temos o que se conhece como condições de influência e no segundo caso ficam caracterizadas as condições de efluência da lagoa com relação às águas subterrâneas, que é o caso observado na Lagoa de Extremoz. A contribuição de águas subterrâneas para a Lagoa de Extremoz considerando todo fluxo subterrâneo a montante da área de estudo foi avaliada em 0,238 m^3/s ou 238 l/s (Melo et al, 2004).

As águas superficiais dos rios e riachos no domínio da área de estudo também apresentam uma íntima relação com as águas subterrâneas. O mapa potenciométrico (figura 7) mostra o fluxo subterrâneo na Zona Norte de Natal em direção a Lagoa de Extremoz, rio Doce e Potengi, e, riacho Olho D'água.

O Rio Doce limita a área de estudo no seu setor norte num trecho de aproximadamente 12,0 km que se inicia no sangradouro da Lagoa de Extremoz e segue no sentido oeste-leste até a foz com o Rio Potengi (próximo ao mar). O fluxo superficial a jusante da lagoa é interrompido nos períodos de maiores estiagens, porém a perenidade do rio é mantida logo em seguida por descargas do fluxo subterrâneo. As descargas do fluxo superficial do Rio Doce são conhecidas em duas seções do rio, designadas de S1 e S2 (Figura7): na seção S1, distanciada de 6,7 km da Lagoa de Extremoz, o fluxo superficial apresentou uma descarga de 0,162 m^3/s , portanto uma contribuição média de 0,024 $m^3/s/km$; a seção (S2), situada a cerca de 3,7 km do ponto anterior, já na localidade da Redinha, forneceu uma descarga de 1,143 m^3/s , em termos médios, uma contribuição de 0,26 $m^3/s/km$ (Melo et al 2009).

Recarga natural urbana e balanço hidrogeológico

A recarga de águas subterrâneas constitui um parâmetro de fundamental importância no conhecimento e manejo adequado dos aquíferos. Em outras palavras, não se pode explorar e garantir o uso sustentável de um aquífero ou reserva de água

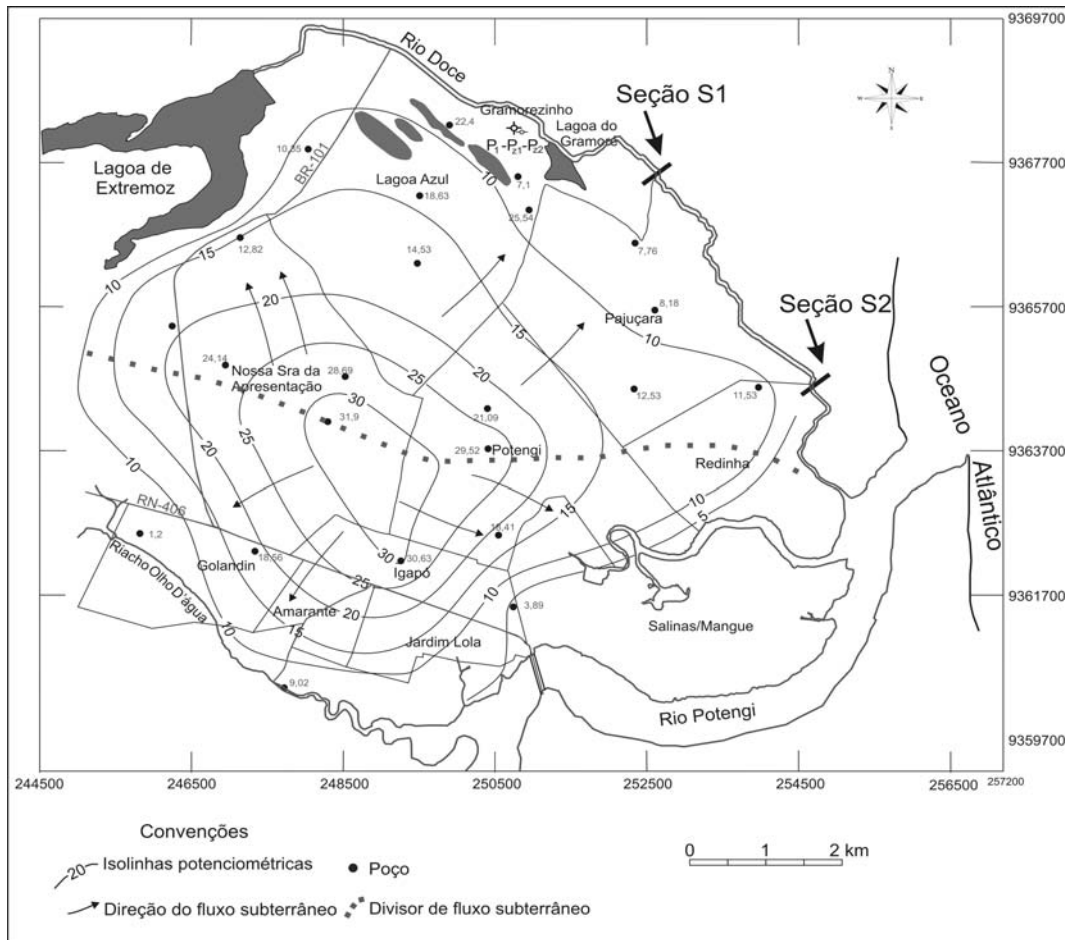


Figura 7 - Mapa potenciométrico de Março 2008 (Melo et al, 2009).

subterrânea sem o conhecimento dos mecanismos e montante da recarga anual a que o mesmo é submetido.

Várias técnicas são disponíveis para quantificar recarga; entretanto a escolha de técnicas apropriadas é frequentemente difícil. Técnicas baseadas em dados de águas superficiais e da zona insaturada geralmente fornecem estimativas da recarga potencial, enquanto que aquelas baseadas em dados de águas subterrâneas fornecem estimativas da recarga real (Healy and Cook, 2002). As dúvidas associadas a cada método corroboram a necessidade de aplicar várias técnicas distintas para aumentar a confiabilidade nas estimativas da recarga. A ausência de dados e o contexto hidrogeológico, podem, entretanto, limitar esta possibilidade.

Em ambientes urbanos, como é o presente caso, a recarga é bem mais difícil de ser avaliada haja vista que a urbanização causa mudanças na recarga natural das águas subterrâneas, modificando

os mecanismos existentes e criando novos mecanismos. Essas mudanças estão associadas em parte ao processo de impermeabilização do terreno com obras de engenharia que tendem a reduzir as taxas de recarga das águas subterrâneas, e, em parte, a estrutura urbana da cidade formada pela rede de abastecimento de água, sistema de rede esgotos e drenagem. Neste contexto, são feitas as seguintes observações:

- a) É freqüente a existência de fugas na rede de suprimento de água, o que influencia bastante no processo da recarga;
- b) A ausência de rede de esgotos contribui para o aumento da recarga, mediante a infiltração dos mesmos no terreno, porém contaminado as águas subterrâneas;
- c) As redes de esgotos são propensas a vazamentos e também contribui com a recarga e

- contaminação das águas subterrâneas, porém, em geral com extensão muito menor;
- d) A disposição da rede de drenagem das águas pluviais tem grande influência no processo recarga, reduzindo substancialmente a recarga no caso da drenagem para drenos superficiais (rios) e para o mar ou contribuindo para manutenção da recarga mediante a instalação de dispositivos de recarga artificial.

A recarga propiciada pelas descargas de efluentes domésticos além de contribuir para a contaminação das águas subterrâneas apresenta outra influência importante no contexto hidrogeológico, que é a tendência em elevar o nível das águas subterrâneas ou as cargas hidráulicas. Nestas condições, a recarga urbana no seu contexto geral tende a reduzir os possíveis efeitos de abaixamentos devido ao processo de impermeabilização do terreno com a conseqüente redução nas taxas de recarga e devido a exploração das águas subterrâneas para fins de suprimento. Diante dessas considerações, verifica-se que na avaliação da recarga das águas subterrâneas em ambientes urbanos tem-se a considerar a recarga natural oriunda das precipitações pluviométricas e a recarga urbana, que é a recarga propiciada pelas descargas de efluentes urbanos lançadas na superfície ou sob a superfície do terreno; vazamentos de rede de esgotos e vazamento em tubulações de suprimento de água (perdas de água na rede). A recarga urbana da Zona Sul da cidade de Natal foi objeto de estudo por Melo & Queiroz (2001). A recarga das águas subterrâneas do aquífero Barreiras no âmbito deste trabalho foi estimada através da aplicação da lei de Darcy. A aplicação da lei de Darcy, no caso de fluxos no meio saturado, é particularmente vantajosa quando o aquífero é alimentado por várias fontes. As dificuldades ou imprecisões na aplicação deste método são apontadas pela susceptibilidade de ocorrência de fluxos verticais. No caso de fluxos de mais de um ano o método vai fornecer uma boa estimativa da recarga (Lerner; Issar; and Simmers, 1990).

Em sistemas aquíferos livres, não influenciados por atividades antrópicas, suas potencialidades estão condicionadas principalmente as infiltrações diretas das águas de chuva, cujo volume efetivamente infiltrado restituem as reservas de águas subterrâneas que se perdem nos escoamentos naturais e exploração por poços e, também, alimentam o fluxo subterrâneo. Por definição, em condições de equilíbrio, sem considerar a exploração por poços, a infiltração eficaz é equivalente a vazão do fluxo subter-

râneo natural. No presente caso a possibilidade de recarga a partir dos corpos de água superficiais não é considerada, devido as condições de efluência que os mesmos apresentam com relação as águas subterrâneas. Pelo princípio da conservação das massas é estabelecida a seguinte equação:

$$R_n = Q + V_{exp} - R_u$$

$$\text{ou } R_n = (Q + V_{exp}) - (q_c + q_v),$$

onde: R_n é a recarga natural; Q é a vazão do fluxo subterrâneo; R_u é a recarga urbana; V_{exp} é o volume anual de água explorado; q_c é a descarga dos esgotos; q_v são as perdas de água na rede.

A equação anterior pode ser expressa por:

$$R_n = Q + V_{exp} - (0,90V_f + 0,40V_s)$$

$$\text{Onde: } q_c = 0,90V_f \text{ e } q_v = 0,40V_s$$

Sendo V_f , o volume faturado, que corresponde a 60% do volume de suprimento (V_s).

Unidades em m^3/ano ou mm/ano .

Tomando por base a medição efetuada em Outubro 2006, a vazão do fluxo subterrâneo (Q) obtida na área de estudo é da ordem de $1,87 m^3/s$ o que equivale a aproximadamente $56,1 \times 10^6 m^3/\text{ano}$. Os recursos explorados anualmente (V_{exp}) no aquífero Barreiras foram da ordem de $17,9 \times 10^6 m^3/\text{ano}$, assim sendo o volume de água efetivamente infiltrado anualmente no terreno admitindo condições de equilíbrio e incluindo a recarga urbana é da ordem de $74,0$ de m^3/ano .

O volume total do suprimento de água para a Zona Norte de Natal (V_s) é $39,8 \times 10^6$ de m^3/ano , incluindo água superficial e água subterrânea. O uso consumptivo ou que é efetivamente consumido é da ordem de 10%, de forma que o volume de água que é descarregado em direção as águas subterrâneas (q_c) é de 90% do volume faturado (V_f), avaliado em 21,4 milhões de m^3/ano , sabendo que V_f corresponde a 60% de V_s . As perdas de água na rede (q_v) segundo informações da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte são da ordem de 40% do total do suprimento de água, atingindo, portanto o montante de 15,9 milhões de m^3/ano . Portanto, a recarga urbana (R_u) foi estimada em 37,3 milhões de m^3/ano .

Nessas condições, desde que a recarga total é de $74,0 \times 10^6$ milhões de m^3/ano , a recarga natural proveniente de águas das precipitações pluviométricas (R_n) é de 36,7 milhões de m^3/ano ou 524 mm/ano , o que corresponde aproximadamente a 30% das do total precipitado de 1660 mm/anuais .

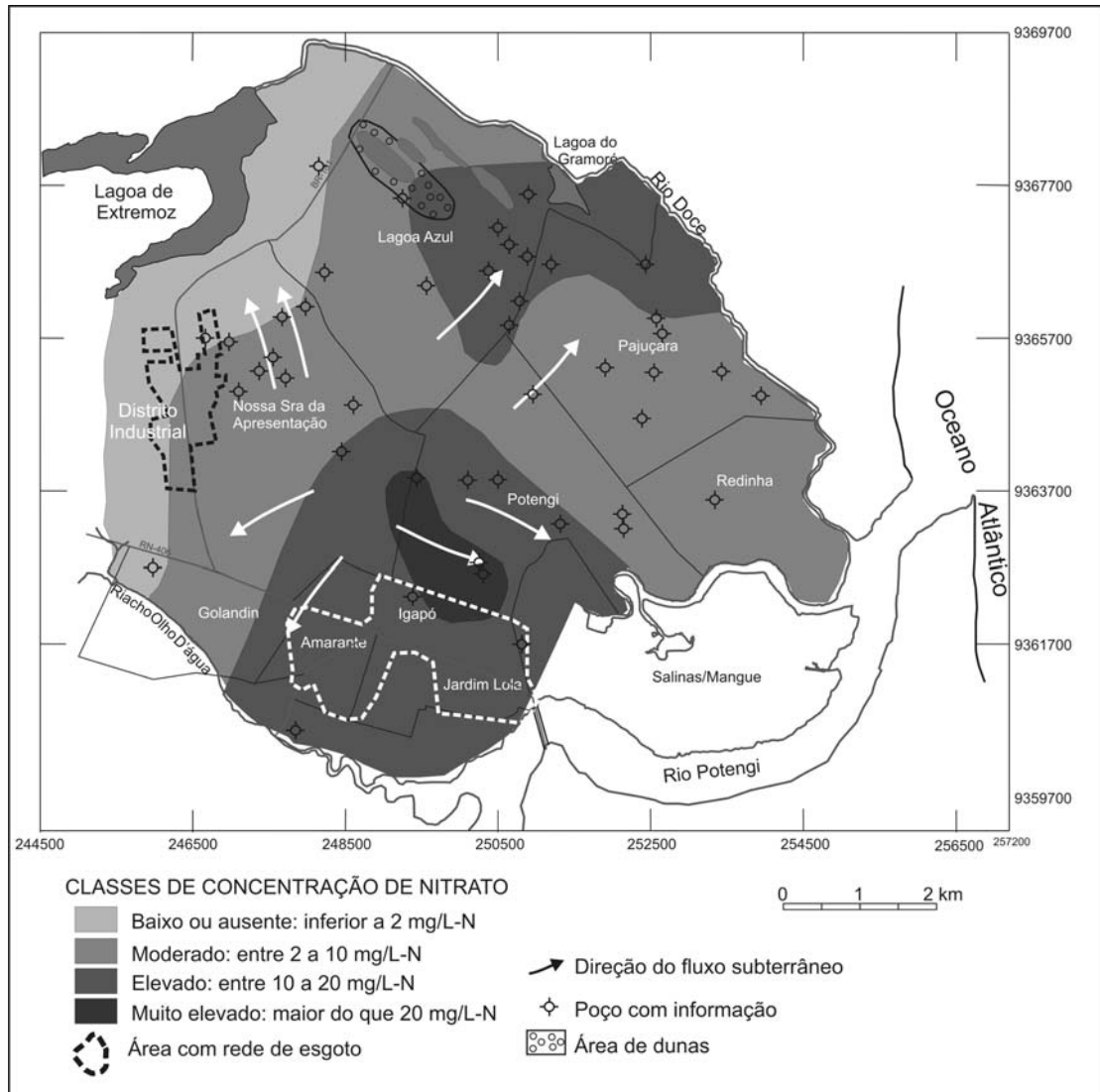


Figura 8 - Nitrato nas águas subterrâneas do aquífero Barreiras na Zona Norte de Natal (Setembro 2006).

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NITRATO

A recarga urbana proveniente dos esgotos está contaminando as águas subterrâneas localizadas sob o domínio da cidade por compostos de nitrogênio. O processo de contaminação encontra-se num estágio bastante acentuado e tem sido motivo de preocupação por parte da população que a consome, já que em uma área expressiva da cidade os teores de nitrato são superiores ao limite estabelecido pela Organização Mundial da Saúde de 10 mg/L de N ou 45 mg/L de NO₃. Existem vários casos de

poços do sistema público de captação d'água ser abandonados devido ao teor de nitrato elevado nas suas águas. A estratégia utilizada pela companhia de abastecimento público para manter a água dentro de uma qualidade aceitável é utilizando o processo de diluição. Condição esta, que não tem evitado a distribuição de águas contaminadas em alguns setores da cidade.

A contaminação por nitrato está condicionada aos seguintes elementos: maior densidade populacional, maior tempo de atividade urbana, maior vulnerabilidade do sistema hidrogeológico e a potencialização do fluxo subterrâneo oriundo de áreas já contaminadas. A contaminação das águas subterrâneas por nitrato tem se revelado como um

processo cumulativo e praticamente irreversível (Melo 1995).

De acordo com a amostragem de 23 poços realizada em Outubro 2006 (Melo et al, 2006) as concentrações de nitrato são baixas na região do Distrito Industrial de Natal, com valores de nitrato inferiores a 2 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$; Moderadas, na região da Redinha até Lagoa Azul, com concentrações de 2 a 10mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$ e, elevadas a muito elevadas, em toda a região sul incluindo potengi e Igapó, e em domínios localizados de Pajussara, Gramoré e Lagoa Azul, cujas concentrações vão de 10 a mais de 20 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ (Figura 8). Observe que a área com rede de esgotos é pequena, abrangendo apenas parte dos Bairros de Amarante, Jardim Loia e Igapó, e, também no Distrito Industrial.

DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS DE MANEJO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A descontaminação de aquíferos contaminados por nitrato é reconhecidamente um processo bastante difícil, de custo elevado e quase sempre não fornece resultados satisfatórios. Diante disto, a definição de estratégias de manejo das águas se apresenta como a medida factível na solução de problemas de abastecimento.

O aumento da oferta de água subterrânea tem sido uma preocupação constante por parte da Companhia de

Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Isto porque o elevado nível de contaminação das águas subterrâneas da Zona Norte de Natal tem frustrado de forma acentuada a perfuração de poços tubulares buscando maximizar o uso das águas subterrâneas potáveis. Diante deste quadro, a referida Empresa tomou a iniciativa de perfurar poços fora dos limites urbanos e periurbanos da Zona Norte de Natal. O resultado disso foi a perfuração recentemente de quatro poços tubulares, penetrando o aquífero Barreiras, a margem esquerda do Rio Doce que serão integrados ao sistema geral de captação. Verificou-se que a bateria de poços formada apresenta uma capacidade de produção de 350 m³/h com águas isentas de nitrato.

Essa oferta adicional de água, entretanto apenas reduz localmente ou setorialmente o problema, verificando-se, portanto a necessidade de adoção de medidas que levem a garantia do suprimento de água potável com sustentabilidade.

A medida de manejo proposta para atender a este objetivo continua sendo a identificação de áreas produtoras de captação de águas subterrâneas fora dos limites urbanos, porém à distâncias suficientes que reúnam condições hidrogeológicas e ambientais favoráveis, deixando de certa forma os aspectos econômicos para análise posterior. De conformidade com a estratégia definida, o novo recurso de água subterrânea a ser disponibilizado deverá propiciar uma oferta de água suficiente que atenda as necessidades atuais e futuras da população.

Diante dos riscos de contaminação das águas subterrâneas por atividades agrícolas e pela disposição local de efluentes domésticos ou outras atividades que possam afetar as águas subterrâneas urge a necessidade de adoção de medidas visando a proteção desses recursos nas áreas a serem identificadas como potencialmente produtoras.

A adoção de medidas de restrição e controle deve ser antecedida de estudos hidrogeológicos comprobatórios das reais possibilidades hidrogeológicas do aquífero Barreiras nas áreas especificadas para fazer face ao abastecimento pretendido.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento urbano da Zona Norte da cidade de Natal ocorreu nos últimos anos numa proporção muito elevada e a estrutura urbana que engloba o abastecimento de água, rede de esgotos e drenagem muito pouco evoluiu. Em razão disso os problemas ambientais associados aos recursos hídricos, em especial a qualidade das águas são muito elevados, pondo em risco a saúde da população. De fato, as atividades do desenvolvimento urbano, principalmente o sistema de disposição local de esgotos domésticos tem contaminando as águas subterrâneas da Zona Norte por nitrato. O processo de contaminação já atingiu grandes proporções, o que tem levado a desativação de poços e a perfuração de novos poços que muitas vezes não chegam a serem utilizados devido ao mesmo problema. As intervenções postas em prática pela companhia responsável pelo abastecimento Público (CAERN) na solução dos problemas de contaminação e de maximização da oferta d'água tem contribuído apenas na solução de problemas localizados ou setoriais.

Em ambientes urbanos, como é o presente caso, a recarga das águas subterrâneas é bem mais difícil de ser avaliada haja vista que a urbanização causa mudanças na recarga natural das águas subterrâneas, modificando os mecanismos existentes e

criando novos mecanismos. Essas mudanças estão associadas em parte ao processo de impermeabilização do terreno com obras de engenharia que tendem a reduzir as taxas de recarga das águas subterrâneas, e, em parte, a estrutura urbana da cidade formada pela rede de abastecimento de água, sistema de rede esgotos e drenagem. A recarga propiciada pelas descargas de efluentes domésticos além de contribuir para a contaminação das águas subterrâneas apresenta outra influência importante no contexto hidrogeológico, que é a tendência em elevar o nível das águas subterrâneas ou as cargas hidráulicas. Nestas condições, a recarga urbana no seu contexto geral tende a reduzir os possíveis efeitos de abaixamentos devido ao processo de impermeabilização do terreno com a conseqüente redução nas taxas de recarga e devido a exploração das águas subterrâneas para fins de suprimento.

A estratégias de manejo visando a garantia do suprimento hídrico da população da Zona Norte de Natal com água potável abrange a identificação de áreas produtoras fora dos limites urbanos e periurbanos que permitam a maximização da oferta de água. O novo recurso a ser disponibilizado deverá propiciar uma oferta de água suficiente que atenda as necessidades atuais e futuras da população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores da BRRH pela valiosa colaboração nas sugestões e nas correções.

REFERÊNCIAS

- CHILTON, J., 1999 - *Groundwater in the Urban Environment. Selected City Profiles*. International Association of Hydrogeologists. Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 837 1
- FETTER, C., 2001. *Applied Hydrogeology*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 3 rd ed., 691p.
- FUNPEC, 2008. *Estudo das Potencialidades Hídricas das bacias hidrográficas de Maxaranguape, Punau e Boa Cica*. Relatório Técnico, CAERN, Natal, RN.
- HEALY, R. W. & Cook, P. G., 2002 – *Using groundwater levels to estimate recharge*. Hydrogeology Journal, 10 (1), 91-109.
- HOWARD, K. W. F.; Israfilov, R. G., 2002 – *Current Problems of Hydrogeology in Urb areas, Urban Agglomerates and Industrial Centres*. Kluwer Academic Publishers. IV. Earth and Environmental Sciences –Vol 8. ISBN1-4020-0600-4, Netherlands.
- LERNER D.N.; Issar, A.S.; Simmers, 1990. *Groundwater Recharge, a Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge*. International Association of Hydrogeologists, Kenilworth, Rep. 8, 345 pp.
- MELO, J. G., 1998. *Avaliação dos Riscos de Contaminação e Proteção das Águas Subterrâneas – Zona Norte de Natal, RN*. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Divisão de Hidrogeologia. Rel. Interno, Natal, RN.
- MELO, J. G., 1995. *Avaliação dos Impactos do Desenvolvimento Urbano nas Águas Subterrâneas de Natal – Zona Sul, Natal RN*. Tese de Doutorado, USP,. São Paulo, SP.
- MELO, J. G., 2009. *Águas subterrâneas em regiões metropolitanas: O caso da região metropolitana de natal*. Banco Internacional Para Reconstrução E Desenvolvimento (BIRD). Agência Nacional da Água (ANA).
- MELO, J. G.; Figueredo, E. M., 1988. *Avaliação das Possibilidades de infiltração de Efluentes Domésticos no Aquífero Dunas, município de Natal, RN*. ACQUAPLAN- Estudos, Projetos e Consultoria. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).
- MELO, J.G.; Queiroz, M., 2001. *The effects on urban development of the groundwater and it's quality in Natal, Brazil*. In New approaches characterizing groundwater flow. XXXI International of Hydrogeologists Congress, Munique, 2001.
- MELO, J. G.; Vasconcelos, M. B.; Oliveira, J.; Medeiros, J. I.; 2009. *Avaliação das Condições Hidroambientais e Definição de Estratégias de Manejo dos Recursos Hídricos nos Domínios Urbanos e Periurbanos da Zona Norte de Natal/RN*. MCT/CNPq/CT-Hidro/CT-Agro. Relatório Final de pesquisa.
- RIGHETTO, A. M.; ROCHA, M. A., 2005. Exploração Sustentada do Aquífero Dunas / Barreiras na Cidade de Natal, RN. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto alegre, RS, v. 10, n. 2, p. 27-38.
- TELLAM, J. H.; Rivett, N. O.; Israfilov, R. G.; 2006 – *Urban Groundwater nanagement and Sustainability*. IV Earth and Environmental Sciences – vol. 74. Springer , Netherlands.

Hydrogeological Evaluation of The North Zone of Natal City and The Problems Associated With Urban Development

ABSTRACT

The Natal City North Zone has a population of about 300,000 inhabitants and it is supplied by a system composed by groundwater and surface water (Extremoz Lake). The exploitable resources of the lagoon are almost exhausted, which has led to an increasing demand for groundwater. This water, however, is heavily contaminated by nitrate due to local disposal of domestic sewage, which creates a delicate situation for supplying drinking water to the population. The purpose of this article is the evaluation of the area hydrogeology and groundwater contamination by nitrate, as the foundation for defining strategic measures aimed at solving the problem presented. The alternative proposal to meet this goal is the identification of areas for groundwater abstraction outside urban limits fulfilling favorable hydrological and environmental conditions. The new groundwater resource should be available to provide a sufficient water supply that meets the current and future needs of the population.

Key words: *Urban recharge, nitrate, Water supply.*