

# AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA BÁSICA OBJETIVANDO O ABASTECIMENTO URBANO DE RIO DO OURO E VÁRZEA DAS MOÇAS EM NITERÓI, RJ

Rodrigo Menezes Raposo de Almeida<sup>1</sup>; Dante Luiz Luvisotto<sup>2</sup> & José Bedran Simões<sup>33</sup>

**Resumo** - Este trabalho descreve a metodologia utilizada para avaliar o potencial hidrogeológico de dois bairros de Niterói, RJ, objetivando o abastecimento urbano. Destaca-se, também, a relevância destes estudos para a locação de novos poços de abastecimento e, principalmente, para orientar a avaliação do processo de outorga do recurso junto ao órgão estadual competente.

**Abstract** - This work describes the methodology for groundwater evaluation for public consumption of east part of Niterói city, Rio de Janeiro state. The main result of this study was the evaluation of groundwater balance, directions to locate new wells and technical support for future water use authorization to be presented to governmental institutions.

**Palavras-chave:** avaliação do potencial, cadastro de poços

## INTRODUÇÃO

A avaliação hidrogeológica básica (AHB) é a etapa mais importante dos estudos prévios à locação e construção de poços profundos para abastecimento (Walton, 1970). A AHB é um estudo que deve compreender o cadastro de todos os poços existentes na área de interesse e na respectiva área de influência, bem como as suas características construtivas, vazões específicas e qualidade das águas, além da avaliação da capacidade total anual de exploração do aquífero. Entretanto, na maioria dos casos, apesar de recomendado em norma brasileira (ABNT, 1989), estes estudos não são realizados. Acredita-se que as principais razões são o desconhecimento na necessidade do estudo e os riscos de insucesso associados, por parte do contratante e, por último, mas não menos importante o custo destes estudos. O desconhecimento por parte do interessado pode ser facilmente explicado, pois, em geral, o contratante é uma pessoa física, proprietário de um estabelecimento comercial, ou mesmo o gerente de uma empresa e, portanto, não tem ou não buscam os

---

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Civil, Rua Passo da Pátria 156, s.133 Niterói – RJ – 24.210-240 tel. 21 2613 0976 email: rraposo@civil.uff.br

<sup>2</sup> Águas de Niterói S.A., Gerencia Operacional, Rua rua Marquês do Paraná, nº 110, Centro, Niterói RJ – tel. 21 2729 9204

<sup>3</sup> S. Simões Engenharia Ltda. Consultor, Niterói, RJ, tel 21 7893 4957

conhecimentos ou informações necessárias para realizar uma contratação adequada, provavelmente, por não acharem necessário.

Quando se deseja construir um galpão, uma nova instalação, ou até mesmo ampliar a estrutura existente, a empresa interessada contrata um profissional para desenvolver o projeto construtivo detalhado, o planejamento da obra e o orçamento final e, a partir daí, contrata uma empresa para construir ou executar o projeto de engenharia. Dependendo da situação, a contratante contrata também um profissional para acompanhar a execução do projeto, de modo fiscalizar as etapas construtivas, de modo a garantir a qualidade dos materiais e a técnica empregada. Entretanto, quando o interesse é água subterrânea, a empresa contratante, contrata diretamente uma empresa de construção de poços para atender o seu objetivo, pulando as etapas principais de avaliação e projeto, aumentando, portanto, o risco de insucesso e o descrédito das águas subterrâneas como fonte estratégica de abastecimento.

No estado do Rio de Janeiro, poucos projetos de construção de poços têm sido realizados a partir de uma AHB. Em geral, quando a vazão requerida é elevada e a empresa interessada dispõe de profissionais competentes e preocupados com a avaliação do custo-benefício dos investimentos, procura-se um profissional habilitado para orientar a implantação do projeto. Na verdade, a diferença principal é o conceito inicial do problema, pois o cliente mal informado pensa a curto prazo e deseja um poço e o outro cliente, bem informado, pensa a longo prazo e deseja água.

**Daí, a principal diferença, o cliente que deseja um poço contrata uma empresa de construção de poço e o cliente que deseja água contrata um profissional de recursos hídricos.**

A questão do custo também está intimamente relacionada ao objetivo do cliente e a sua visão de futuro, pois comparativamente, pelo menos no estado do Rio de Janeiro, um estudo para AHB pode custar até de 50% do custo final de construção e instalação de um poço, o que de certo modo, desestimula a contratação do mesmo. Entretanto, se o cliente deseja água e pensa a médio e longo prazo, pode-se facilmente demonstrar que o custo dos estudos prévios ou da AHB são amortizados até mesmo durante a construção dos poços. É exatamente este tipo de informação que pretende-se apresentar neste trabalho.

## **CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de Niterói, antiga capital do antigo Estado da Guanabara, tem uma área de 131,8 km<sup>2</sup> e localiza-se a 13,0 km da cidade do Rio de Janeiro, às margens da Baía de Guanabara. Segundo o último censo do IBGE (2000), a população da cidade é de 450.364 hab. O município limita ao sul com o Oceano Atlântico, a leste com a Baía de Guanabara, ao norte e a leste com os

municípios de São Gonçalo e Maricá. A área de estudo, bairros de Rio do Ouro e Várzea das Moças está localizada no extremo leste do município de Niterói, conforme apresentado na Figura 1 e identificado pelos números 34 e 35 respectivamente.

A área de estudo tem uma área de 17,5 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 13,0 % da área do município de Niterói. A topografia da área é do tipo montanhosa, com vales estreitos e vales abertos. O ponto mais elevado da área tem 334 m e o mais baixo 45 m. A partir de uma mapa topográfico na escala de 1:10.000 e do sistema de drenagem, foi possível sub-dividir a área em 4 sub-bacias principais. O sistema de drenagem das bacias é perene, entretanto, as vazões são mínimas durante o período de seca. Tendo em vista que esta região apresenta características, essencialmente rural com topografia acidentada, boa parte da vegetação natural, de Mata Atlântica, ainda apresenta uma boa preservação, Figura 2.

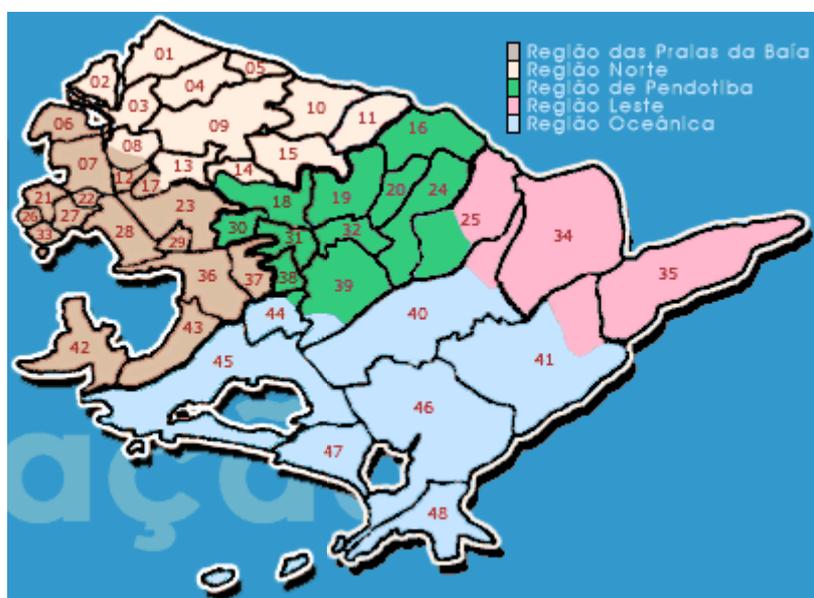


Figura 1. Mapa do Município de Niterói com os limites dos bairros e Regiões de Planejamento

A litologia dominante, encontrada na região de estudo é o gnaiss facoidal (DRM, 1975), Barroso e Barroso (1996). Associada ao gnaiss, encontra-se algumas rochas intrusivas básicas que condicionam, em muitos casos, a geoquímica das águas subterrâneas, principalmente com relação ao elevado teor de ferro dissolvido encontrado nestas águas. O fraturamento principal que condiciona a formação dos vales encaixados tem direção NE, o fraturamento secundário é perpendicular a este, com direção NW. As principais fraturas são subverticais, favorecendo a infiltração das águas de recarga. Observa-se também, a ocorrência de fraturas de alívio sub-horizontais, principalmente nos primeiros metros a partir do topo rochoso. Tendo em vista a abertura e a continuidade destas fraturas, elas tem um papel importante no armazenamento temporário, logo após o período chuvoso, alimentando as fraturas sub-verticais que recarregam o aquífero.

Os principais solos que ocorrem nesta região são solos residuais de gnaisses, nas encostas e os solos aluvionares arenosos e argilosos nas áreas de baixadas. Os solos residuais são pouco espessos nas áreas de média a alta declividade das encostas e mais espessos nos vales e encostas onduladas. Os taludes de corte nas estradas e antigas saibreiras permitem a observação deste padrão de comportamento.

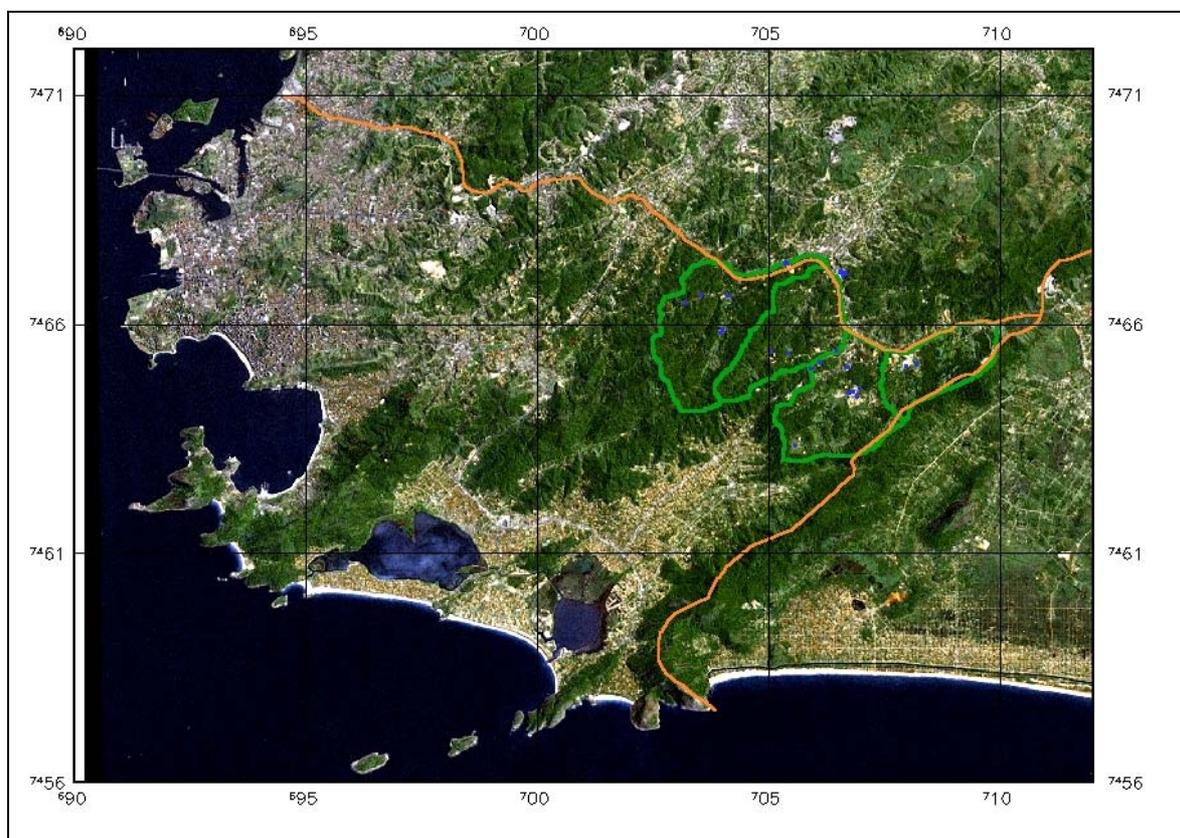


Figura 2. Imagem do LandSat 7 123 15m, ilustrando a vegetação, limite das bacias e poços cadastrados

A principal forma de circulação e armazenamento das águas subterrâneas são as fraturas das rochas, seguidas do perfil de alteração (solo residual jovem e rocha alterada) que resulta em solos arenosos com pedregulhos. O nível d'água dos poços é muito variável, pois dependem da sua posição topográfica, em termos médios, isto é, nas meia encostas e áreas de baixa declividade, pode-se dizer que ele encontra-se a cerca de 5 metros de profundidade, sendo que em alguns locais, é possível encontrar até poços surgentes.

Segundo CIDE (1997), o clima da cidade de Niterói é quente semi-úmido com temperatura média anual de 23,1 °C, máxima de 26,5°C em fevereiro e mínima de 19,6°C em julho. O índice pluviométrico é de 1207 mm anuais, sendo que as chuvas concentram-se no verão, com precipitações máximas no mês de março 149 mm, o inverno é a estação de estiagem, sendo que o mês mais seco é agosto com 50 mm.

A ocupação principal na região se dá nas áreas baixas, nas meias encostas e fundo dos vales, em comunidades bem definidas. Com menor expressão, existe uma área rural organizada em comunidades isoladas ou dispersas, apresentando baixa densidade populacional. A população da região de Rio do Ouro e Várzea das Moças representa pouco mais de 1% da população total de Niterói, isto é, 5.220 habitantes.

## **JUSTIFICATIVA**

Até o ano de 1999, a rede de abastecimento de água da cidade era de responsabilidade de empresa estadual Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE), com o fim do convênio entre a prefeitura municipal e a CEDAE, a concessão dos serviços passou para a empresa Águas de Niterói S.A.. Com 2 anos de investimentos na melhoria do sistema de abastecimento, foi possível elevar o índice de cobertura de abastecimento para 99%. Atualmente, todo sistema de abastecimento é alimentado pelo complexo Imunana-Laranjal, com captação no rio Imunana, no município de Magé e tratamento em Laranjal, no município de São Gonçalo. A empresa concessionária compra a água produzida pela CEDAE, aduzindo atualmente cerca de 1.750 litros/segundo. A única área ainda não abastecida regularmente é a Região Leste, composta pelos bairros de Rio do Ouro e Varzea das Moças. O projeto existente para abastecimento desta região, feito pela CEDAE, dependerá de custos que independem da empresa concessionária, uma vez que a adutora deverá atender também o município vizinho de Marica.

Face a necessidade social, fez-se necessário um planejamento alternativo ao inicial. Assim, estabeleceu-se um convênio com a Universidade Federal Fluminense, com a finalidade de estudar a possibilidade do aproveitamento das águas subterrâneas para abastecimento da região Leste, quando será atingida a universalização dos serviços, no tocante ao abastecimento de água da cidade.

## **METODOLOGIA**

Tendo em vista o caráter preliminar e a necessidade de tomada de decisão por parte da empresa, o estudo foi desenvolvido em 4 semanas, adotando uma metodologia de trabalho do tipo gabinete-campo-gabinete. Foram desenvolvidas as seguintes etapas de trabalho: consulta à base de dados disponível na ReSub/UFF; visitas e levantamentos de campo; trabalhos de gabinete para tratamento e interpretação dos dados; elaboração do relatório final.

A consulta à base de dados da ReSub/UFF teve como objetivo recuperar os dados de cadastro de poços, fotografias aéreas, imagens de satélite, mapas topográficos, mapas temáticos, relatórios técnicos e artigos disponíveis da área de estudo.

O levantamento de campo objetivou o reconhecimento geral da área e o cadastramento dos poços profundos construídos. Na etapa de reconhecimento geral da área, procurou-se entender a

delimitação espacial e as características particulares da área de interesse, como principais acessos, tipo de ocupação residencial e comercial. Esta etapa foi de fundamental importância no estabelecimento e otimização de uma metodologia de campo para cadastramento dos poços profundos existentes, tendo em vista que não seria possível visitar todas as residências e estabelecimentos comerciais. A etapa de levantamento de campo foi sub dividida em duas fases distintas, uma de cadastramento de poços propriamente dita e outra de verificação geral do trabalho.

Os trabalhos de gabinete compreenderam uma análise inicial das informações existentes, planejamento e avaliação do andamento dos trabalhos de campo e finalmente o tratamento e a interpretação dos dados. O tratamento dos dados constou da estruturação de uma base de dados no SPRING (INPE, 2002); da delimitação das sub-bacias hidrográficas; localização dos poços cadastrados com respectivas informações; avaliação do sistema de drenagem superficial e sub-superficial; delimitação das áreas potenciais.

## **LEVANTAMENTOS DE CAMPO**

A equipe de cadastramento de campo foi orientada para procurar os poços nos condomínios fechados, sítios e chácaras com casas de bom padrão; estabelecimentos comerciais de médio e grande porte, do tipo mercados, postos de combustível, fábricas, galpões e clubes. A verificação geral deste trabalho foi realizada pelo coordenador do projeto isoladamente, durante o período de cadastramento e logo após, de modo a verificar se o cadastramento havia sido bem feito e para avaliar as características dos solos, rochas, estruturas geológicas e sistemas de drenagem, que pudessem contribuir para a avaliação do potencial hidrogeológico.

Durante toda a etapa de levantamento de campo, os veículos utilizados foram equipados com um sistema de posicionamento global por satélite (GPS) acionado no modo rastreamento. Este sistema permitiu a verificação de toda a área percorrida durante a etapa de cadastramento de campo. Ao final de cada dia de campo, o traçado diário era transferido para um computador, convertido para o formato dxf e posteriormente importado para o SPRING. Tendo em vista o caráter preliminar do levantamento, não foi feito qualquer tipo de conferência ou atualização nas informações prestadas pelo proprietário, principalmente com relação à qualidade da água, vazão e profundidade do poço. Sempre que possível e disponível, o proprietário repassava os relatórios de construção para a equipe de campo. No total, foram cadastrados 23 poços profundos, sendo que 17 estavam em operação e os outros paralisados por diversos motivos, como: qualidade da água, custo na manutenção e perda de eficiência do poço.

Adotando este procedimento de campo, acredita-se que foram cadastrados mais de 95% dos poços existentes na área, tendo em vista as características físicas e econômicas, isto é, a área não é muito extensa (17,5 km<sup>2</sup>) e a facilidade na identificação de proprietário com poder aquisitivo para

contratar a construção de um poço profundo na área, estimado atualmente em torno de R\$ 15.000,00.

## **ESTUDOS DE GABINETE**

Os estudos de gabinete objetivaram a consolidação das informações de campo com os mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite disponíveis. Inicialmente, foi realizada a estruturação do banco de dados do SPRING de modo a permitir a importação dos vários tipos e formatos de dados (tabelas, mapas vetorizados e imagens raster). Foram utilizadas as seguintes bases de dados: imagem de satélite, fotografias aéreas, mapas cartográficos na escala de 1:10.000 scaneados, mapas vetorizados. A imagem de satélite utilizada foi do Landsat 7 ETM datada de agosto de 2000, bandas 123, com resolução espacial ajustada para 15 metros após fusão com a banda 8 pancromática, permitindo uma boa ampliação até 1:25.000. As fotos aéreas disponíveis não cobriam toda a área, datavam de 1993 na escala de 1:20.000 scaneadas em escala de cinza e com 150 dpis de resolução (PMN, 1993). As cartas topográficas utilizadas datavam de 1976 e foram elaboradas pela FUNDREN (1976) na escala de 1:10.000, com curvas de nível de 5 metros, vários pontos cotados e delimitação do sistema de sistema de drenagem principal.

A partir das fichas de cadastro de campo, foi estruturado um banco de dados no sistema ACCESS e posteriormente importado no SPRING para representação espacial dos poços e características principais, como identificação, vazão e profundidade.

## **Avaliação das reservas renováveis**

Por definição, (Feitosa e Manoel Filho, 1997) a disponibilidade real de água subterrânea é o volume total de água que pode ser utilizado do aquífero, de forma não depletiva, isto é, de forma que não cause o rebaixamento excessivo dos níveis de água subterrânea. Para tal, deve-se utilizar somente as reservas reguladoras, que representam a quantidade de água livre armazenada pelo terreno aquífero resultante da recarga por infiltração de águas de chuva ou interação com as águas superficiais.

Para a avaliação das reservas renováveis de cada município, utilizou-se a expressão abaixo:

$$V_{rr} = A h n = \sum P_m I_i A_i \quad (1)$$

onde,  $V_{rr}$  é o volume da reserva reguladora, renovável anualmente;  $A$  é a área total do aquífero,  $h$  é a variação anual do nível d'água e  $n$  a porosidade média do aquífero,  $P_m$  é a precipitação média anual na área,  $I_i$  é um fator de infiltração, geralmente entre 5 e 30% dependendo da cobertura vegetal, declividade, textura e porosidade da unidade aquífera e  $A_i$  é a área de cada

unidade aquífera. A avaliação das reservas renováveis foi feita com base na premissa de que parte da água de chuva esco superficialmente (run off), parte fica retida nas plantas e camada superficial do solo e posteriormente retorna para atmosfera por evaporação e evapotranspiração, uma terceira parcela da água de chuva é a responsável pela recarga do aquífero. Esta parcela ( $I_i$ ) foi estimada em 15% do total da precipitação média anual ( $P_m$ ), de cerca de 1.200 mm.

Após a delimitação espacial das sub-bacias e utilizando uma ferramenta do módulo Temático para cálculo de áreas, disponível no programa SPRING, foi possível calcular a área de cada unidade aquífera para cada sub-bacia. A Tabela 1 apresenta a área de cada sub-bacia, aqui considerada como unidade hidrogeológica para a área em estudo. O cálculo do volume da reserva reguladora foi feito utilizando uma planilha eletrônica aplicando-se a equação (1) para cada unidade aquífera.

A partir dos valores apresentados na Tabela 1, observa-se que a região de estudo dispõe de uma reserva anual renovável de  $3,15 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água por ano. Este volume é equivalente a uma variação anual de cerca de 0.40 m de água no sub-solo, admitindo uma porosidade média de 25%. Deste modo, foi possível estimar que a recarga anual ou a quantidade de água que percola pelo sistema na área de estudo é de  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  (100 l/s). Tendo em vista que as áreas das bacias são da mesma ordem de grandeza, observa-se que este valor está bem dividido entre as sub-bacias, isto é, a sub-bacia 1 é responsável por cerca de 33% do total, enquanto as sub-bacias 2 e 3 são responsáveis por 24 e 27 % e a sub-bacia 4 é responsável por 17% do total. Como a população local é de cerca de 4.500 hab, admitindo um consumo médio diário de 230 l/hab, a demanda anual total é de  $3,77 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ , isto é, a demanda atual é menor que 12% do potencial disponível na área.

Tabela 1 – Área de cada sub-bacia e respectiva avaliação da recarga.

Sub-Bacia	Bairro	Área km <sup>2</sup>	Recarga m <sup>3</sup> /h	Recarga (l/s)	Total %
1	Rio do Ouro	5.74	117.9	32.1	32.8
2	Rio do Ouro	4.12	84.7	23.5	23.5
3	Várzea das Moças	4.71	96.8	26.9	26.9
4	Várzea das Moças	2.95	60.6	16.84	16.9
Todas	Ambos	17.5	360	100	100%

### Avaliação da capacidade instalada

A avaliação da capacidade instalada, isto é, da vazão dos poços existentes e em operação foi feita a partir da análise do banco de dados dos poços cadastrados na região. A Tabela 2 apresenta um resumo das principais características do conjunto dos 23 poços cadastrados, agrupados por micro-bacias hidrográficas. Observa-se que a profundidade média dos poços é de 87,0 m, variando

entre 32,0 e 156,0 m. A vazão média é de 4,5 m<sup>3</sup>/h (1,25 l/s) variando entre 0,6(0,17) a (3,69)13,3 m<sup>3</sup>/h(l/s). Dos 23 poços cadastrados, 17 estão ativos (em operação) com uma capacidade instalada de bombeamento de cerca de 64 m<sup>3</sup>/h (18 l/s).

Observando os dados apresentados na Tabela 2, é importante destacar que a sub-bacia 3 em Várzea das Moças é a que apresenta o maior número de poços em atividade, o poço com a maior vazão e a maior vazão média observada 6,7m<sup>3</sup>/h. Estas características médias e máximas de cada sub-bacia são de fundamental importância para a definição das áreas potenciais. Em termos de vazão média e máxima, a região de Várzea das Moças é a que apresenta os maiores valores 6,5 m<sup>3</sup>/h (1,8 l/s), enquanto que a região de Rio do Ouro apresenta valores bem inferiores, em torno de 2,0 m<sup>3</sup>/h (0,56 l/s). Entretanto, é interessante observar que em Rio do Ouro foram cadastrados poços que apresentaram vazões máximas significativas, entre 6,0 e 8,0 m<sup>3</sup>/h (1,67 a 2,22 l/s), isto pode significar que, provavelmente, os outros poços foram mal localados ou construídos, portanto, forneceram baixas vazões.

Tabela 2 – Características hidráulicas e construtivas máximas e médias por sub-bacia.

Sub-Bacia	Bairro	Poços em operação	Q Max m <sup>3</sup> /h (l/s)	Q méd m <sup>3</sup> /h (l/s)	Prof. max m	Prof. med m
1	Rio do Ouro	7	8.0 (2.22)	1.5 (0.42)	90	60
2	Rio do Ouro	6	6	2.7 (0.75)	156	101
3	Várzea das Moças	8	13.3 (3.7)	6.7 (1.86)	120	94
4	Várzea das Moças	1	6 (1.67)	6 (1.67)	72	72
Todos	Ambos	17	13.3 (3.7)	4.5 (1.25)	156	87

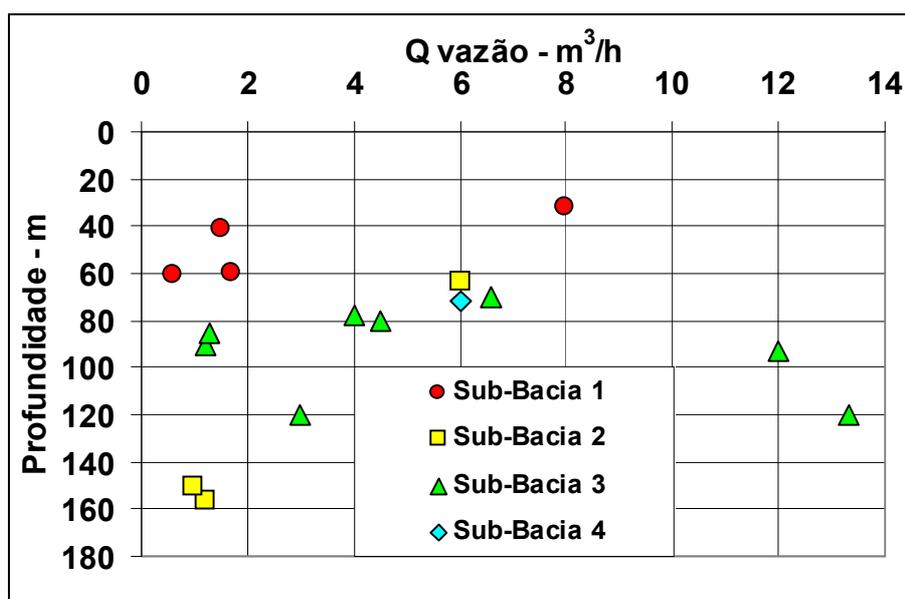


Figura 2 – Relação entre profundidade e vazão para o conjunto de poços cadastrados, organizados por sub-bacias.

O gráfico da Figura 2, apresenta a relação entre a profundidade e a vazão para o conjunto de poços cadastrados, organizados por sub-bacia. É interessante observar que no geral, os poços mais profundos (> 120 m) apresentaram vazões baixas, menores que 1,0 m<sup>3</sup>/h ou 0,28 l/s, evidenciando a importância da captação da água subterrânea logo nas primeiras fraturas ou zona de alteração de rocha e solo residual. Por outro lado e conforme apresentado anteriormente, é possível conseguir uma boa vazão com um poço não muito profundo, desde que bem locado e construído, como é o caso do poço NIT-015 com 32.0 m de profundidade e vazão de 8.0 m<sup>3</sup>/h (2.22 l/s).

Para os poços que apresentaram vazões acima da média (> 5,0 m<sup>3</sup>/h ou 1,4 l/s), as profundidades observadas foram muito variáveis, isto é, entre 32 e 120 metros, sendo que a maioria dos poços apresentou uma profundidade menor que 80 metros. Do ponto de vista de projeto, isto significa dizer que um poço bem locado e construído não deverá apresentar uma profundidade muito maior que 80 metros. Entretanto, é bom frisar que os poços que apresentaram as maiores vazões, de 12 e 13 m<sup>3</sup>/h, foram construídos com 93 e 120 metros respectivamente. Somente com uma análise mais aprofundada dos aspectos construtivos destes poços é que será possível confirmar que realmente a profundidade foi um fator relevante na obtenção destas vazões. Pelas observações locais, existência de 3 poços com vazões acima da média geral, numa zona com a presença de rochas com maior grau de fraturamento, acredita-se que a locação e os aspectos construtivos foram mais importantes do que a profundidade final do poço.

### **Avaliação do fator de utilização**

De modo a comparar a capacidade instalada:

$$CI = \sum nQ_i \quad (2)$$

, aqui representada pela somatória do produto número de poços existentes (n) e em operação pela respectiva vazão (Q), com a disponibilidade hídrica potencial, avaliada a partir da recarga anual, ou volume da reserva reguladora (V<sub>rr</sub>), definiu-se o fator de utilização como:

$$Fu = V_{rr} / CI \quad (3)$$

Deste modo, pode-se estimar que atualmente, pode estar sendo extraído cerca de 58,0 m<sup>3</sup>/h de água subterrânea da área, isto representa cerca de 16% do potencial hidrogeológico da área, estimado em 360 m<sup>3</sup>/h. É fato que 70% desta vazão pode estar sendo extraída em uma única sub-bacia, a Sub-Bacia 3 em Várzea das Moças. Sendo assim, deve-se confrontar a vazão extraída (40 m<sup>3</sup>/h) com a vazão potencial (96.8 m<sup>3</sup>/h) desta sub-bacia, resultando num fator de utilização de

cerca de 41.5% do total disponível nesta sub-bacia. Portanto, é importante ressaltar que esta bacia poderá estar alcançando uma vazão limite e a superexploração deste aquífero em breve. As outras sub-bacias apresentaram um fator de utilização bem menor, em torno de 3.2 % (sub-bacia 1) e 9.9 a 9.9%, nas sub-bacias 2 e 4 respectivamente.

A partir deste conceito de fator de utilização, pode-se visualizar claramente que a região como um todo ainda dispõe de 84% dos recursos hídricos subterrâneos para serem utilizados, entretanto, a Sub-Bacia 3 poderá estar sendo superexplorada caso não haja um maior controle nas construções e operações dos poços profundos. Por fim, é importante lembrar que o sistema aquífero fraturado pode estar conectando mais de uma sub-bacia de modo que estes conceitos podem ser aplicados, devendo ser comprovados com a observação do comportamento dos aquíferos, vazão extraída e variação do nível d'água com o tempo.

## DISCUSSÕES

Dos aspectos apresentados acima, cabe destacar os seguintes pontos:

- A abordagem do problema do ponto de vista do cliente, focado no poço ou focado no recurso hídrico, podendo gerar resultados insatisfatórios e anti-econômicos no primeiro caso, ou até situações extremas como a aqui apresentada em que a capacidade instalada é superior a demanda atual, isto é, do ponto de vista hidráulico, não é necessário construir nenhum poço para abastecer a população local, a seleção de alguns poços estratégicos interligados seria suficiente para atender a população existente.
- É possível realizar uma Avaliação Hidrogeológica Básica satisfatória, num curto período de tempo, com uma equipe pequena, desde que com experiência, adotando uma metodologia de campo e gabinete simples, para obter bons resultados, necessários a avaliação desejada;
- A integração dos levantamentos de campo com os estudos de gabinete utilizando os recursos do GPS e GIS dá uma agilidade no tratamento e verificação das informações;
- O método utilizado para avaliação das reservas renováveis, ou potencial da região de estudo, apesar de ser um método expedito e suscetível a erros, é eficiente para estimar a ordem de grandeza das vazões ou o potencial.
- A demanda atual representa menos que 12% das reservas renováveis anuais, mostrando que é perfeitamente possível abastecer a população local através de poços profundos;
- A capacidade instalada ( $64 \text{ m}^3/\text{h}$ ), avaliada a partir dos poços em operação, é maior que a demanda atual ( $45 \text{ m}^3/\text{h}$ ), isto é, se todos os poços existentes fossem utilizados racionalmente e de forma integrada, seria possível atender com folga toda a demanda local. Em outras palavras, não existe falta d'água na região, existe é falta de integração e

gerenciamento do recurso. Evidentemente, que não estão sendo computados aí, os outros usos das águas, principalmente a irrigação das áreas verdes nos condomínios particulares;

- A partir do tratamento estatístico dos dados dos poços cadastrados, foi possível estabelecer uma vazão média mínima para os poços da região em 4,5 m<sup>3</sup>/h. Entretanto, admitindo que a grande maioria dos poços foram construídos sem um critério de locação ideal, isto é, sem maiores estudos, acredita-se que pode-se conseguir poços com vazões bem maiores, desde que bem locados, projetos e construídos;
- Com à relação a profundidade dos poços, observou-se a existência de poços com profundidades maiores que 100 m, entretanto, nem sempre, a vazão final obtida por estes poços justificou a profundidade alcançada. Em outras palavras, isto é um exemplo claro da construção de poços sem estudos prévios, projetos ou acompanhamento e que, em geral, está fadado ao insucesso, trazendo graves prejuízos para os clientes (contratantes dos poços);
- A partir do universo de poços cadastrados, observa-se que a profundidade média dos poços é de 87 m, podendo chegar em alguns casos a no máximo 100 m. Esta faixa de profundidade cobre com folga toda a faixa média de vazões observadas na região, vazões maiores que 4,5 m<sup>3</sup>/h;
- A utilização do conceito de fator de utilização se mostrou adequado para ilustrar a tendência a superexploração de uma determinada bacia, pois, apesar da área como um todo apresentar um fator de utilização de 16%, a sub-bacia 3 apresenta um fator de utilização isolado de 42%. Este tipo de informação é de fundamental importância, pois pode orientar o processo de outorga do recurso, bem como prover melhor o gerenciamento do mesmo;
- Por fim, este trabalho teve a oportunidade de colocar em discussão a questão do uso dos recursos hídricos subterrâneos, apontando alguns caminhos a serem seguidos em nosso estado para ordenar a construção de novas captações, a outorga das águas subterrâneas e, principalmente, na garantia de sua preservação.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Walton, W. C. 1970. Groundwater Resource Evaluation, McGraw-Hill Book Company. P.664.
- ABNT. 1989. NBR 12212 Projeto de poço para captação de água subterrânea.
- IBGE (2000). [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Dados do censo Brasil 2000.
- DRM (1985). Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro. DRM/RJ
- Barroso E., Barroso J.A. (1996). Mapeamento Geológico geotécnico do Município de Niterói. Revi. Solos e Rochas.
- CIDE (1997). Anuário estatístico do estado do Rio de Janeiro. CD ROM.
- INPE (2002). SPRING – Sistema de processamento de Informações Espaciais. Software versão 3.5.1
- Feitosa e Manoel Filho .1997. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM. LABHID-UFPE. 412p.
- PMN (1993) Fotos aéreas escala 1:20.000 voo 1993
- FUNDREN (1976) Mapeamento cartográfico do Grande Rio na escala de 1:10.000