

**XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS E XVII**  
**ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS**

**DIRETRIZES DA SANEPAR NA PROSPECÇÃO E MONITORAMENTO DE**  
**AQUÍFEROS NO ESTADO DO PARANÁ**

Gustavo Barbosa Athayde<sup>1</sup>; João Horácio Pereira<sup>1</sup>; Kátia Cristina Nakandakare<sup>1</sup>; Marcos Justino Guarda<sup>1</sup>; Adriano Razera Filho<sup>1</sup>; Adalberto Amâncio de Souza<sup>1</sup> e Zuleika Valaski<sup>1</sup>.

**Resumo**

O objetivo deste trabalho é demonstrar os métodos de prospecção e monitoramento que a Companhia de Saneamento do Paraná utiliza para gestão dos aquíferos paranaenses. A utilização de ferramentas de geoprocessamento possibilita a confecção de mapas temáticos hidrogeológicos, os quais subsidiam as locações de poços tubulares profundos. Após perfurados os poços, estes são integrados ao programa de monitoramento quantitativo e qualitativo. Nestes programas são monitorados o nível dinâmico, vazão, horas de bombeamento, bem como coletas amostras para caracterização hidroquímica dos aquíferos. Desta forma, utilizando um SIG voltado a aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos, bem como contando com equipe técnica multidisciplinar qualificada e ferramentas apropriadas, a SANEPAR atua em 86,2% dos municípios paranaenses, fornecendo água de qualidade e operando de maneira ambientalmente sustentável.

**Abstract**

The objective of this work is to demonstrate the methods of prospecting and monitoring aquifers used for water supply by SANEPAR. The application of geographic information tools allows to produce thematic hydrogeological maps, which subsidize the wells locations. After the wells were drilled, they are integrated into the monitoring program, both quantitatively and qualitatively. These programs monitor the dynamic water level, flow, pumping hours and collect samples for hydrochemical aquifers classification. Thus, using a GIS that combines hydrogeological and hydrochemical aspects, and a multidisciplinary technical team, SANEPAR works in 86.2% of the municipalities of Parana State, providing water quality and health.

**Palavras-Chave:** Prospecção; Monitoramento de Aquíferos; Estado do Paraná.

<sup>1</sup> Geólogos da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, (041) 3213-1750, (gustavoba@sanepar.com.br; jhoracio@sanepar.com.br; katiacn@sanepar.com.br; marcosjc@sanepar.com.br)

## 1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos se faz necessário para um correto e sustentável gerenciamento dos aquíferos.

A captação de água subterrânea para o abastecimento público no Estado do Paraná é realizada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR através da operação de cerca de 850 poços tubulares profundos distribuídos em sete principais aquíferos: Cristalino, Carste, Paleozóico, Guarani, Serra Geral, Caiuá e Guabirota.

O trabalho de prospecção de novas áreas e monitoramento dos aquíferos é realizado pela equipe da Unidade de Serviço de Hidrogeologia (USHG) composta por seis geólogos, dois geógrafos e quatro técnicas administrativas.

A partir da demanda de água existente em um determinado município, originada nos escritórios regionais da SANEPAR, procede-se o estudo de locação e viabilidade de aproveitamento do manancial subterrâneo.

Para locação de novos poços tubulares, a equipe da USHG utiliza ferramentas como: fotografias aéreas, imagens orbitais, modelos digitais de elevação, cartas topográficas, mapeamento geológico/estrutural e prospecção geofísica (ênfase no caminhamento elétrico, sondagem elétrica vertical e magnetometria).

Rotinas de geoprocessamento são utilizadas na integração dos dados e elaboração de um sistema de informações Geográficas (SIG). Como resultado são confeccionados mapas temáticos hidrogeológicos (ex: mapa geológico-estrutural, mapa dos tipos de aquífero, mapa com a profundidade do nível estático e/ou dinâmico, aeromagnetometria, mapa geomorfológico) os quais subsidiam as locações propostas.

Depois de realizada a perfuração e construção dos poços, mensalmente as condições de exploração (vazão, nível dinâmico, volume produzido e tempo de operação) são monitoradas. Desde 1998 este plano de monitoramento abrange todos os poços em operação.

Em casos específicos, informações de operação como: nível dinâmico e vazão, são enviadas *on-line* (via telemetria) para o hidrogeólogo responsável pela operação dos poços na USHG.

Um banco de dados georreferenciados, denominado de Sistema de Informações Ambientais (SIA) é “alimentado” constantemente de maneira a cadastrar e/ou monitorar os poços existentes, bem como auxiliar na identificação de áreas potenciais e/ou restritivas. Neste banco de dados constam, dentre outras, informações os trabalhos executados e resultados obtidos na perfuração, teste de produção e amostragem de água nos poços tubulares profundos.

## 1.1 - Localização da Área

A SANEPAR atua em 344 dos 399 municípios do Estado do Paraná. Destes, 173 municípios são abastecidos exclusivamente com águas subterrâneas. A figura 01 apresenta um mapa do Estado do Paraná com as concessões da SANEPAR, bem como com as informações sobre o abastecimento do município (captações subterrâneas, superficiais ou mistas).

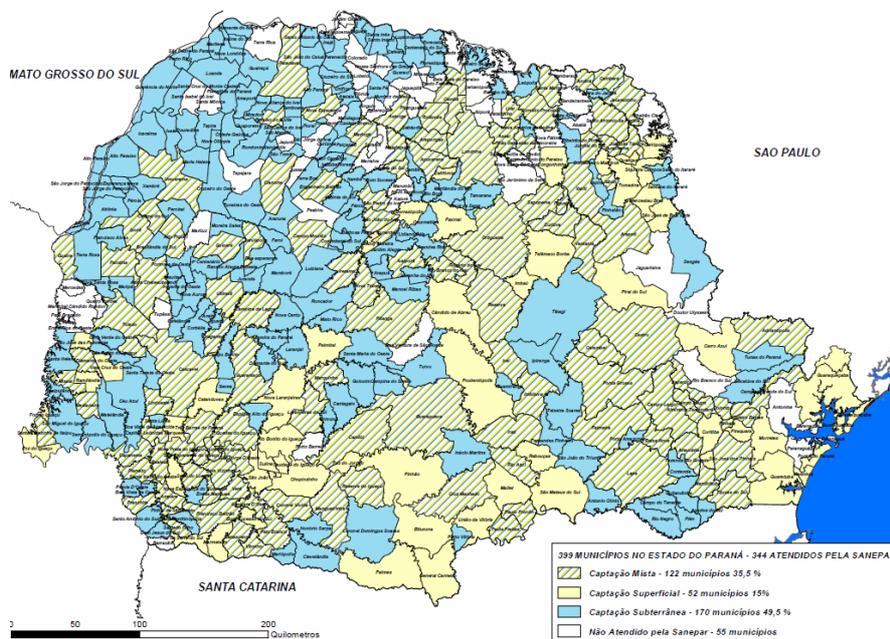


Figura 01. Concessões e tipos de abastecimento da SANEPAR no Estado do Paraná

## 1.2 – Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar os métodos de prospecção e monitoramento que a SANEPAR utiliza na gestão dos aquíferos paranaenses.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais materiais e métodos de trabalho utilizados na prospecção e monitoramento dos aquíferos paranaenses são descritos a seguir.

Nos estudos de viabilidade, prospecção de novas áreas e monitoramento dos poços em operação são utilizados, resumidamente, os seguintes procedimentos e materiais:

- Elaboração do banco de dados do projeto, composto por trabalhos, teses, dissertações, mapas e artigos científicos existentes na área de estudo.
- Localização do município frente a aspectos geológicos, geomorfológicos e climáticos, a partir de mapeamentos pré-existentes.
- Georreferenciamento de mapas, imagens orbitais e fotografias aéreas (1:25.000).
- Interpretação geológica e morfoestrutural dos dados existentes, bem como utilização de ferramentas indiretas (geofísica) como subsídios a locação.

- e. Integração dos dados em ambiente SIG, utilizando ferramentas de geoprocessamento.
- f. Solicitação de outorga prévia para perfuração do poço.
- g. Perfuração dos poços e ensaios de produção (vazão, capacidade específica, amostragens de água).
- h. Interpretação dos resultados obtidos na perfuração e caracterização físico-química da água subterrânea.
- i. Relatório conclusivo sobre a viabilidade do projeto e encaminhamento dos dados para outorga de direito dos poços.
- j. Cadastramento do poço no programa de monitoramento hidrodinâmico e hidroquímico.
- k. Monitoramento contínuo, mensal ou semestral com base nas características dos poços.

### 3 – PRINCIPAIS UNIDADES AQUÍFERAS DO ESTADO DO PARANÁ

Não é objetivo deste trabalho tecer considerações aprofundadas a respeito dos parâmetros hidráulicos e hidroquímicos dos aquíferos que ocorrem no território paranaense. As informações aqui apresentadas são baseadas nas vazões dos poços utilizados nos sistemas de abastecimento público e nos teores dos elementos químicos presentes nas águas, estudadas em detalhe por Rosa Filho e Hindi (2006). A Figura 02 apresenta os principais aquíferos do Estado do Paraná.

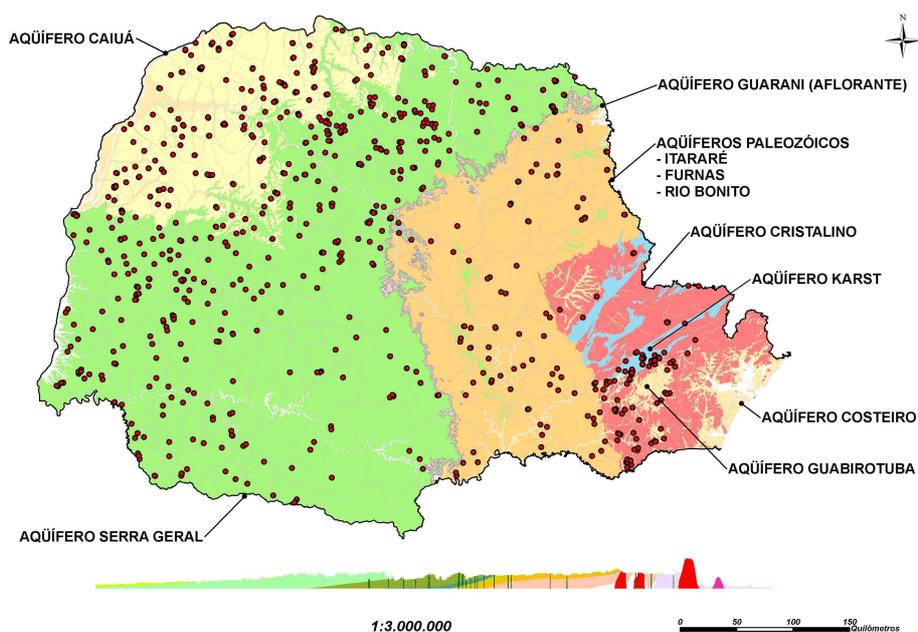


Figura 02. Principais aquíferos do Estado do Paraná, em vermelho, poços operados pela SANEPAR.

### 3.1 - Aquífero Embasamento Cristalino

O Aquífero Atuba, representado pelas rochas do Complexo Atuba, é um sistema hidrogelógico de meio fissural heterogêneo e anisotrópico cuja circulação de água subterrânea se faz por meio de descontinuidades estruturais preferenciais decorrentes da atuação de sistemas transcorrentes associados ao campo de tensão atual ou pré-atual, caracterizado por uma compressão máxima horizontal ( $\sigma_1$ ) na direção N-S (Chavez-Kus & Salamuni, 2008).

Em termos de qualidade, segundo Rosa Filho e Hindi (2006) as águas são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas e contém teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Entre os cátions, predominam o cálcio (2 a 20 mg/L) e o magnésio (0,5 a 12 mg/L) em relação ao sódio (1 a 3 mg/L) e ao potássio (1 a 2 mg/L) e não apresentam restrições para o consumo humano.

### 3.2 - Aquífero Cárstico

O aquífero cárstico da RMC, localizado no Primeiro Planalto Paranaense, está representado por mármores calcíticos e dolomíticos que ocorrem segundo faixas contínuas de extensão lateral NE. As estruturas carstificadas desenvolvidas nas rochas carbonáticas distribuem-se preferencialmente até os 150 m de profundidade. A vazão média dos poços perfurados nas rochas carbonatadas-carstificadas é de aproximadamente 160 m<sup>3</sup>/h ou 44 L/s, sendo que os valores de capacidade específica variam de 0,02 m<sup>3</sup>/h/m a 100 m<sup>3</sup>/h/m.

Segundo Rosa Filho e Hindi (2006) as águas do aquífero cárstico são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com teor médio de cálcio de 27 mg/L, de magnésio, 14 mg/L, de sódio, 1 mg/L e de potássio, 1 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de 181 mg/L, de sulfato, 3,8 mg/L e de cloreto, 1,7 mg/L. A dureza total varia de 104 mg- $\text{CaCO}_3$ /L a 262 mg- $\text{CaCO}_3$ /L (águas moderadamente a muito duras). O pH varia 7,1 a 8,6 (média: 8,2).

### 3.3 - Aquíferos Paleozóicos (Furnas, Itararé e Rio Bonito)

#### 3.3.1 – Aquífero Furnas

O aquífero Furnas, no Estado do Paraná, cobre uma superfície de aproximadamente 4.300 km<sup>2</sup> do Segundo Planalto Paranaense, numa faixa que compreende uma extensão desde Campo Largo-Porto Amazonas até o rio Itararé. Esta formação, com uma espessura da ordem de 300 m, é constituída de arenitos com granulação média a grosseira e matríz caulínítica; secundariamente, ocorrem arenitos conglomeráticos, arenitos finos e siltico-argilosos (Schneider et al., 1974). Esses arenitos encontram-se tão consolidados que a ocorrência da água subterrânea está associada mais às estruturas tectônicas do que propriamente à sua porosidade primária.

Dados de Rosa Filho e Hindi (2006) indicam que as águas do aquífero Furnas são de ótima qualidade para o consumo humano. São bicarbonatadas sódicas com teor médio de cálcio de 5,5 mg/L, de magnésio, 3,5 mg/L, de sódio, 9,4 mg/L e de potássio, 1,4 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de 60 mg/L e, o de sulfato, 6 mg/L. A dureza total varia de 40 a 65 mg-CaCO<sub>3</sub>/L (águas ligeiramente duras) e o pH varia 7.1 a 7,6. Os sólidos totais raramente ultrapassam o valor de 85 mg/L.

### *3.3.1 – Aquífero Itararé*

As litologias que constituem o aquífero Itararé são representadas por camadas de arenitos que se encontram intercaladas com diamictitos, argilitos e folhelhos várvidos. A espessura média do pacote sedimentar é de aproximadamente 800 m e a das camadas aquíferas varia entre 5 e 20 m. A vazão dos poços varia de 1 a 6 m<sup>3</sup>/h e em locais onde a perfuração seccionou apófises de diques de diabásios, a vazão atingiu valores de até 25 m<sup>3</sup>/h.

Segundo Rosa Filho e Hindi (2006), as águas do aquífero Itararé são de ótima qualidade para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L. O pH varia entre 6,8 a 7,3 e a dureza total gira em torno de 60 mg-CaCO<sub>3</sub>/L (águas ligeiramente duras). O teor médio de cálcio é de 14 mg/L. A concentração de magnésio varia entre 1,5 a 6 mg/L, a de sódio, entre 7 a 35 mg/L e a de potássio, entre 1 a 3 mg/L.

### *3.3.1 – Aquífero Rio Bonito*

O aquífero Rio Bonito é representado por arenitos de granulação fina a média, às vezes conglomeráticos, que ocorrem intercalados com folhelhos, siltitos, argilitos e leitos de carvão. A espessura total dos sedimentos atinge 140 m. A vazão média dos poços gira em torno de 14 m<sup>3</sup>/h, sendo que a máxima atinge 40 m<sup>3</sup>/h.

A presença de pirita nos leitos ou camadas delgadas de carvão confere teores elevados de sulfatos nas águas do aquífero Rio Bonito. Os valores de sulfatos, em condições sem presença das camadas mencionadas, variam entre 4 e 8 mg/L. O conteúdo médio de sólidos totais dissolvidos é igual a 200 mg/L e os valores do pH permanecem próximo de 8. A concentração média de sódio é de 58 mg/L, de potássio, 2 mg/L, de cálcio, 11 mg/L e de magnésio, 2 mg/L. A concentração média de bicarbonato é de 137 mg/L e de cloreto é igual a 1,8 mg/L. A dureza total média é igual a 35 mg-CaCO<sub>3</sub>/L (águas moles). As águas do aquífero Rio Bonito, com raras exceções, são de boa qualidade para o consumo humano Rosa Filho e Hindi (2006).

### 3.4 - Aquífero Guarani

O aquífero Botucatu, também denominado Aquífero Gigante do Mercosul (França et al., 1995) ou Aquífero Guarani, é referido como sendo o conjunto de estratos eólicos e flúvio-lacustres que se encontram sotopostos aos basaltos da Formação Serra Geral. No Estado do Paraná, a maior parte do aquífero encontra-se confinada a uma área de aproximadamente 131.300 km<sup>2</sup>. A espessura média desses arenitos é da ordem de 200 m. Nas regiões onde o confinamento é mais acentuado, a temperatura da água pode variar de 23 a 68 °C (Hindi, 2007).

A produtividade desses poços é função dos materiais de completação, da profundidade do nível hidrostático e do equipamento de bombeamento dos mesmos. As vazões podem alcançar até 780 m<sup>3</sup>/h/poço, como é o caso de poços perfurados na região de Londrina e Ibiporã.

Segundo Hindi (2007), nas áreas de confinamento superior a 500 m é comum a presença de íon fluoreto. O teor de sulfato varia de 0,5 a 18 mg/L. O bicarbonato apresenta concentração média de 64 mg/L e variação entre 4 e 197 mg/L. A média de sólidos totais dissolvidos é 125 mg/L e a sua variação é de 19 a 312 mg/L. O valor médio da dureza é 56 mg/L- CaCO<sub>3</sub> de e varia entre 3 e 189 mg/L. O pH varia de 5,6 a 9,5, sendo 7,0 o valor da média. Os poços, cujas águas apresentam pH em torno de 7 localizam-se próximos à zona de recarga ou sofrem influência das águas do aquífero Serra Geral sobrejacente. Os teores de cálcio variam entre 1 a 53 mg/L com média de 16 mg/L. O magnésio varia de 0,3 a 29 mg/L e a média é igual a 5 mg/L. O potássio apresenta uma variação entre 0,5 a 6,4 mg/L e a média é 1,9 mg/L. O teor de sódio varia entre 1,1 a 52 mg/L e a média é igual a 14 mg/L.

### 3.5 - Aquífero Serra Geral

Aquífero Serra Geral é a denominação utilizada para referir-se à seqüência de derrames de lavas basálticas que ocorre no Terceiro Planalto Paranaense. A área de ocorrência dessas rochas, em território paranaense, corresponde a aproximadamente 109.000 km<sup>2</sup> e as espessuras máximas atingem até 1.500 m (França et al., 1995).

Em geral, topo de cada derrame apresenta estruturas amigdaloidais e vesiculares e, na sua parte central, juntas verticais e horizontais. A ocorrência da água subterrânea nos basaltos está associada à presença de descontinuidades estruturais, tais como fraturas, bem como à presença de estruturas vesiculares interconectadas e às zonas de contato entre os derrames. A maior frequência das entradas de água dos poços está localizada até os 110 m de profundidade e as vazões, nessa faixa, variam entre 1 a 70 m<sup>3</sup>/h/poço (Rosa Filho et al., 1987).

Trabalho de Athayde (2007) dentre outros, indicaram que as águas do Aquífero Serra Geral não apresentam restrições para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contém teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L. O pH varia entre 6,6 a

7,2 e a dureza gira em torno de 40 mg-CaCO<sub>3</sub>/L. O teor médio de cálcio é 9 mg/L. As concentrações de magnésio variam de 3,5 a 6,5 mg/L, as de sódio, entre 1,2 a 3,7 mg/L, e as de potássio, entre 1,5 a 3 mg/L. O teor médio de bicarbonato é 38 mg/L, o de cloreto, 1,5 mg/L e o de sulfato, 2,5 mg/L.

### **3.6 - Aquífero Caiuá**

O aquífero Caiuá é representado predominantemente por arenitos finos a médios com um teor de até 30% de matriz siltico-argilosa e com cimento limonítico e carbonático, intercalados por camadas de siltitos e argilitos (Almeida et al., 1980). Esta unidade ocorre na região noroeste do Estado do Paraná onde ocupa uma área aproximada de 22.700 km<sup>2</sup>. As espessuras máximas destes sedimentos variam entre 250 e 270 m (Schneider et al., 1974).

As águas do aquífero Caiuá são de ótima qualidade para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 40 a 60 mg/L. O pH varia entre 6,1 a 6,9 e a dureza total gira em torno de 9 a 13 mg-CaCO<sub>3</sub>/L. O teor de cálcio varia de 2 a 4 mg/L, o de magnésio, de 0,1 a 0,6 mg/L, o de sódio, de 1 a 1,2 mg/L e o de potássio, de 1,5 a 4 mg/L. A concentração de bicarbonato varia de 8 a 16 mg/L, a de sulfato, de 0,5 a 1,5 mg/L e a de cloretos de 1,2 a 2,3 mg/L Rosa Filho e Hindi (2006).

### **3.7 - Aquífero Guabirota**

O aquífero Guabirota é representado por lentes de areias arcólicas que ocorrem intercaladas nos sedimentos pelíticos da bacia de Curitiba (argilitos e siltitos). Este pacote sedimentar, cuja espessura máxima atinge 80 m, ocupa uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup> na Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

Rosa Filho e Hindi (2006) descrevem que a vazão média dos poços perfurados na parte central da bacia de Curitiba, onde a distribuição das lentes de arcólicas é significativamente irregular, é da ordem de 5 m<sup>3</sup>/h. As águas do aquífero Guabirota, em algumas áreas, apresentam teores de ferro que variam entre 0,05 a 5 mg/L e de manganês, que atingem valores de até 1,5 mg/L. A concentração média de sólidos totais dissolvidos é da ordem de 150 mg/L, a dureza total varia de 30 a 230 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e o pH varia entre 6,8 a 8,1. A concentração de bicarbonatos atinge valores de até 195 mg/L, a de sulfato varia de 1,2 a 4,5 mg/L e a de cloretos gira em torno de 2 mg/L. Predominam os teores de cálcio até 30 mg/L, sendo que o magnésio varia entre 8 a 15 mg/L, o sódio entre 18 a 24 mg/L e o potássio entre 1,2 a 2,3 mg/L.

#### 4 – PROGRAMA HIDROGEOLOGIA NOS MUNICÍPIOS

O programa hidrogeologia nos municípios preocupa-se em descrever aspectos hidrogeológicos regionais e locais como subsídio a locação de poços tubulares profundos nos municípios abastecidos pela SANEPAR.

Após a análise da demanda em um determinado município, inicia-se o trabalho com o desenvolvimento de estudos hidrogeológicos regionais e locais para locação de poços tubulares profundos.

Tais estudos abrangem aspectos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos e geotecnológicos, uma vez que toda a informação gerada compõe o banco de dados em SIG.

Dentre os produtos gerados para cada locação destaca-se:

- a. Mapa geológico municipal: a partir do mapa geológico da CPRM (2004) ou Mineropar (2006) são elaboradas cartas geológicas para os municípios em estudo (Figura 03).

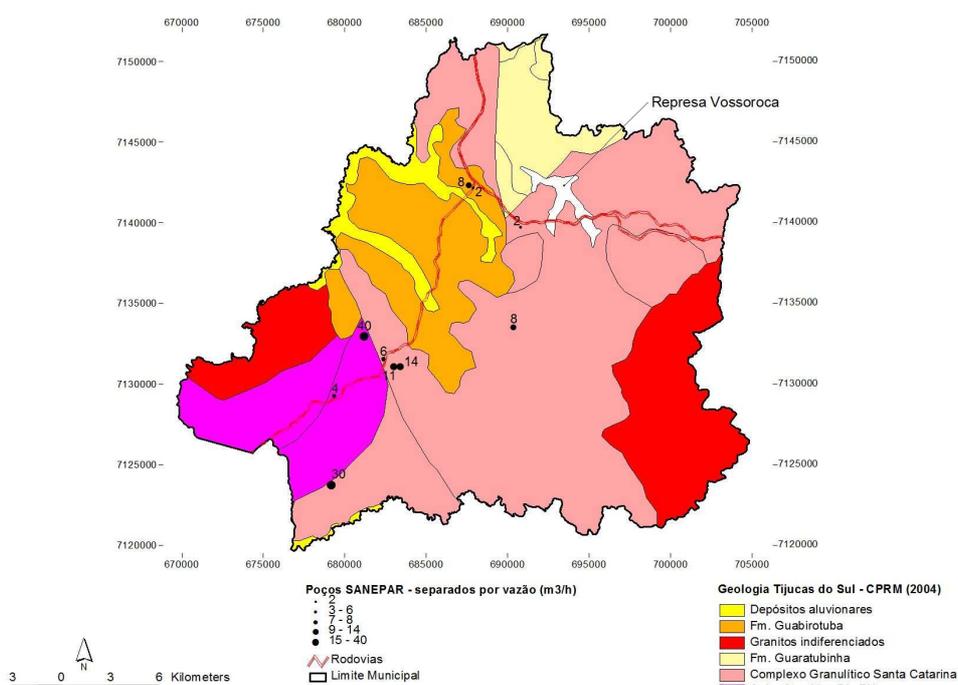


Figura 03. Exemplos de mapas geológicos elaborados pela USHG.

- b. Mapa geomorfológico: a partir do mapa geomorfológico da Mineropar (2006) é elaborada a carta geomorfológica para os municípios em estudo (Figura 04).

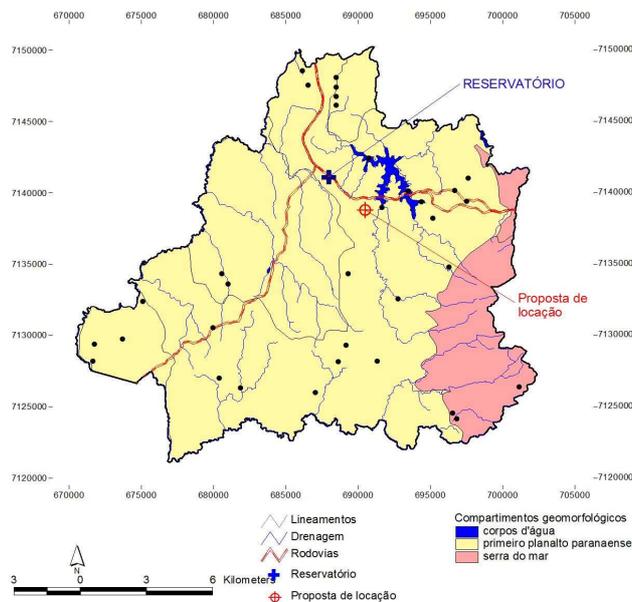


Figura 04. Exemplos de mapas geomorfológicos elaborados pela USHG.

c. Análise direcional de lineamentos estruturais; utilizando o modelo digital de elevação do terreno são traçados lineamentos estruturais. Tais traçados são submetidos a análise direcional (azimute de 10°), distribuição estatística e apresentado sob a forma de diagrama de rosetas (Figura 05).

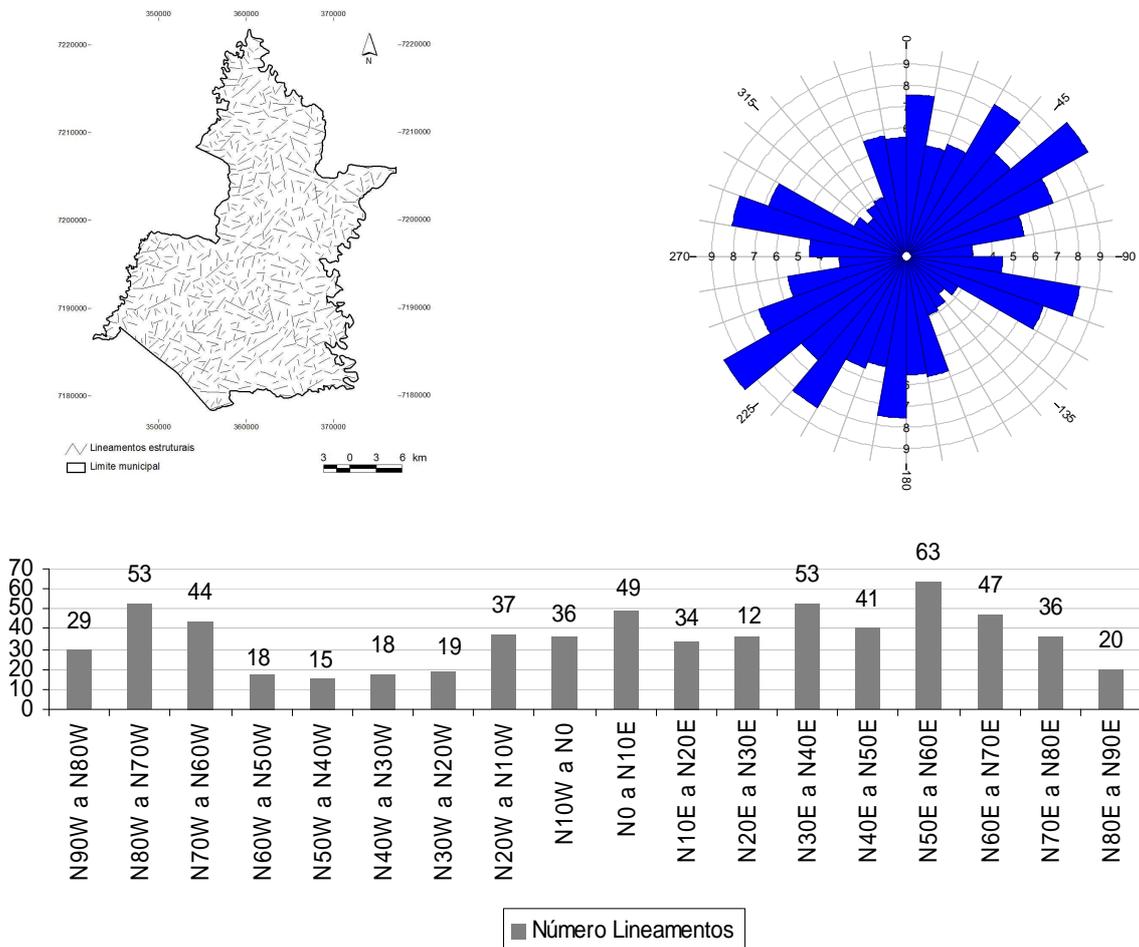
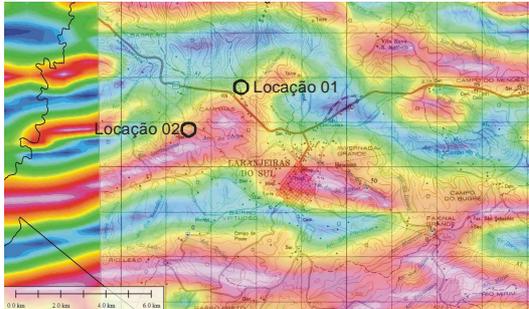


Figura 05. Análise geológica-estrutural dos lineamentos traçados.

- d. Arcabouço aeromagnetométrico: através de uma parceria entre a USHG e o laboratório de Pesquisas e Geofísica Aplicada – LPGA são elaborados diversos mapas a partir de dados aeromagnetométricos. Os produtos mais utilizados na prospecção hidrogeológica são os mapas de inclinação do sinal analítico e derivada vertical (Figura 06).

Mapa inclinação do sinal analítico



Mapa derivada vertical

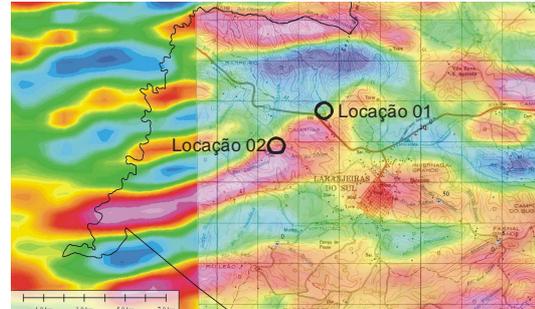


Figura 06. Mapas aeromagnetométricos.

- e. Análise hidroquímica: os resultados das amostras de água coletadas são interpretados de forma a classificar o tipo químico das águas, com base nos íons predominantes (Figura 07), bem como verificar o enquadramento dentro dos padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde.

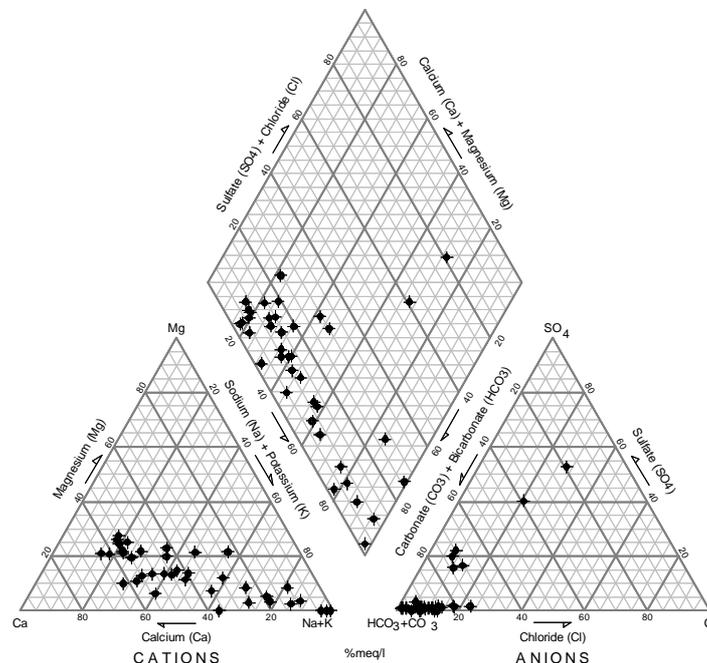


Figura 07. Diagrama de Piper, neste exemplo com as amostras do Aquífero Serra Geral.

- f. Localização e características das locações propostas: finalizadas as interpretações dos mapas temáticos são definidos os pontos de locação (Figura 08). Fatores como proximidade da rede de distribuição, do reservatório e das estações de tratamento de

água (ETA) são considerados para viabilizar economicamente as locações; entretanto, são considerados condicionantes secundários quando comparados aos condicionantes hidrogeológicos.

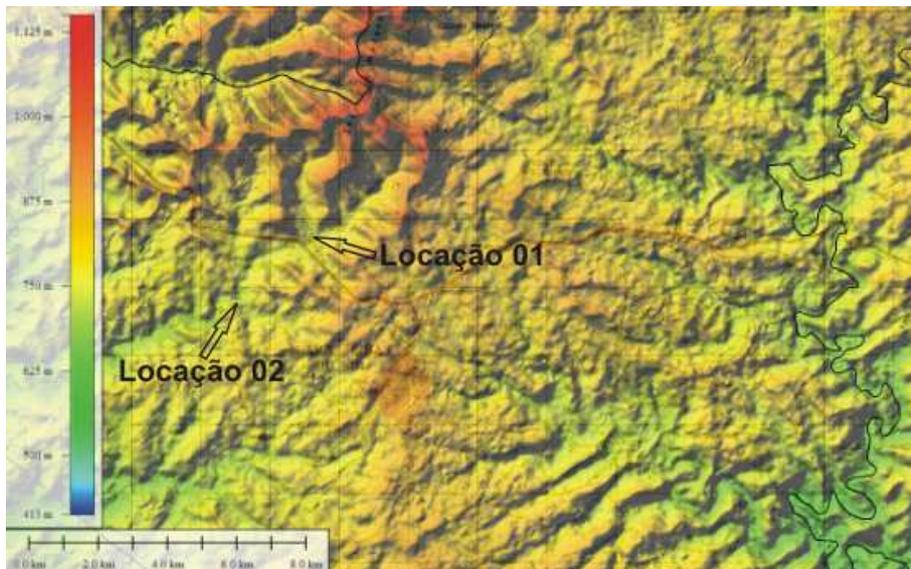


Figura 08. Exemplo de mapa com as locações propostas.

- g. Métodos elétricos: em locações de maior complexidade (a aquíferos fraturados ou delimitação de topo/base de aquíferos) são realizados caminhamentos elétricos prévios (Figura 09) a perfuração dos poços. A importância deste mapeamento geofísico é principalmente pela adequação a escala local de análise, uma vez que seus resultados dizem respeito a propriedades elétricas sotopostas as locações propostas.

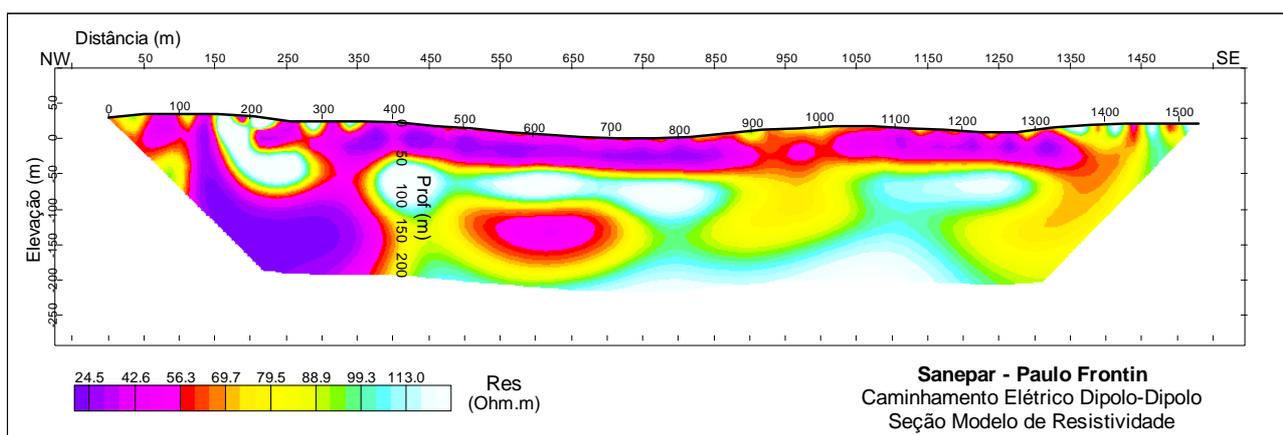


Figura 09. Exemplo de perfis elétricos (caminhamento elétrico) e resultados esperados.

## **5 – PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUANTITATIVO DOS POÇOS**

Com a crescente demanda e a preocupação de atender adequadamente aos sistemas baseados na captação de águas subterrâneas, a Sanepar implantou em 1998 o plano de monitoramento quantitativo e de avaliação das condições de exploração dos poços em operação.

Os objetivos iniciais do plano de monitoramento foram de avaliar os regimes operacionais de produção de água para abastecimento público, estabelecer condições de exploração sustentável para cada poço em operação e atender as condicionantes definidas nas outorgas de uso dos recursos hídricos emitidas pelo Instituto das Águas do Paraná (antiga Suderhsa).

A Sanepar definiu os parâmetros hidráulicos mínimos e respectivos critérios para monitoramento de poços em operação. Atualmente os parâmetros utilizados são: nível dinâmico, vazão e regime de bombeamento diário.

### **5.1 - Nível Dinâmico**

Corresponde à profundidade do nível de água de um poço em bombeamento, é diretamente proporcional à vazão de água explorada e apresenta fundamental importância nos seguintes aspectos:

- a. Sua evolução máxima é limitada pela profundidade da entrada de água observada no poço. Portanto, indica a vazão máxima de exploração de água que esse poço suporta;
- b. Permite identificar interferências entre exploração de poços vizinhos;
- c. Quando apresenta estabilidade indica condições ambientais sustentáveis;
- d. No caso do aquífero Karst, indica uma profundidade limite à ocorrência de acidentes geotécnicos.

A periodicidade de monitoramento de nível dinâmico dos poços é variável e depende dos seguintes critérios: tipo de aquífero, tempo de operação do poço, potencial de produção e importância para o sistema de abastecimento de água. Assim a SANEPAR pratica pelo menos três periodicidades de monitoramento de nível dinâmico.

- a. Mensal: realizado com sonda manual, por cerca de doze meses contados a partir do início da operação de cada poço;
- b. Semestral: realizado com sonda manual em todos os poços em operação, a partir do décimo terceiro mês de operação do poço;
- c. Contínuo: realizado com sonda com transdutor de pressão e registrador automático a cada quinze minutos, durante dezesseis meses (duração aproximada de um ciclo hidrológico completo).

No caso do aquífero carste, a utilização do registrador automático pelo período de um ciclo hidrológico, ainda que de forma empírica, permite dimensionar para cada poço o nível dinâmico de segurança que deve ser adotado. Após essa definição, o monitoramento manual é utilizado pois garante que o técnico de campo efetue em tempo real os ajustes necessários nas vazões de captação para evitar que o nível de segurança seja ultrapassado, especialmente em época de estiagem (Figura 10).

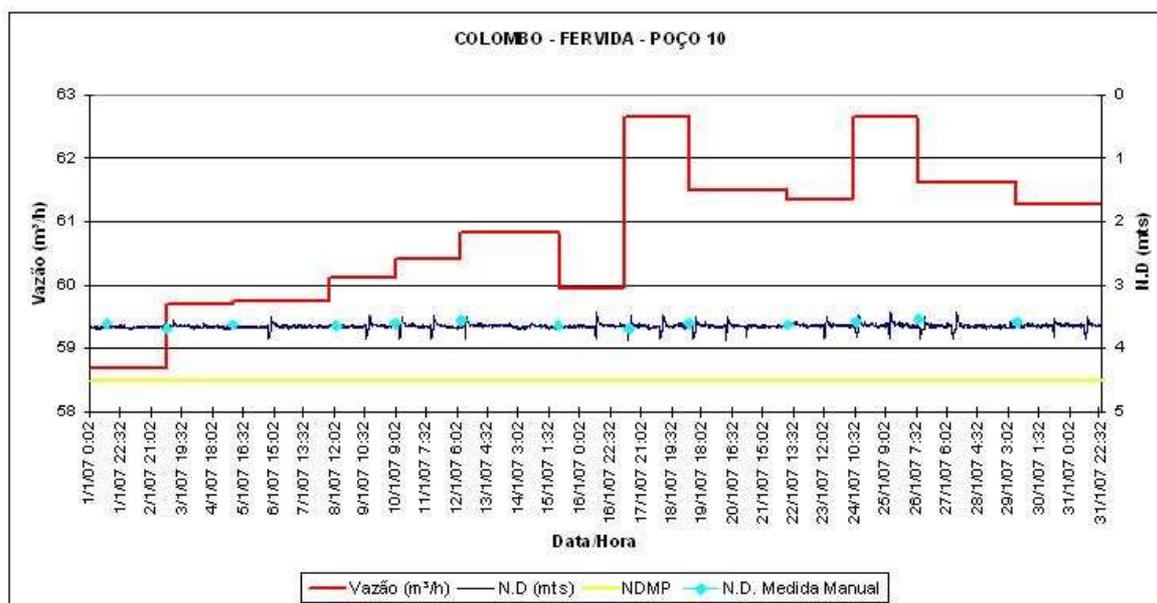


Figura 10. Gráfico de monitoramento de nível dinâmico automático (a cada 15 minutos) e manual (3 vezes por semana) em poço do Aquífero Carste, indicando os ajustes realizados na vazão captada para manutenção do nível dinâmico estável.

## 5.2 - Vazão

Equivale o volume de água explotado em determinada unidade de tempo. A importância do monitoramento da vazão reside nos seguintes aspectos:

- A Suderhsa, gestora das águas no Estado do Paraná, considera a vazão como o principal parâmetro para emissão das portarias de outorga de direito de uso para os mananciais subterrâneos;
- As Portarias emitidas pela Suderhsa indicam a vazão máxima permitida para exploração em cada unidade de captação de água;
- A vazão é o indicador de produção dos poços em operação. Permite aos operadores desses poços compararem produção prevista x efetiva;
- Oscilações de vazão podem indicar: interferências entre poços, variações sazonais das recargas de aquíferos e/ou necessidades de manutenção.

A SANEPAR realiza o monitoramento da vazão de todos os poços em operação com uso de instrumento de medição de vazão mecânicos ou eletromagnéticos. Os instrumentos podem medir continuamente qualquer escala de vazão. As leituras das medidas, normalmente, são realizadas e registradas diariamente em campo. Posteriormente, a média mensal dessas medidas são arquivadas em banco de dados corporativo.

A periodicidade de monitoramento da vazão é diário e contínuo. O registro no banco de dados corporativo é a vazão média mensal.

### **5.3 - Regime de Bombeamento**

Equivale ao tempo diário que um poço em operação permanece bombeando água. A importância do monitoramento do regime de bombeamento reside nos seguintes aspectos:

- a. A Suderhsa, gestora das águas no Estado do Paraná, considera esse parâmetro para emissão das portarias de outorga de direito de uso para os mananciais subterrâneos;
- b. As Portarias emitidas pela Suderhsa indicam o regime de bombeamento permitido para exploração em cada unidade de captação de água;
- c. O regime de bombeamento diário multiplicado pela vazão permite calcular o volume de água explorado em cada poço em operação. Esse volume pode ser diário ou mensal e constitui um dos registros do banco de dados corporativo.
- d. A SANEPAR propõe e realiza o monitoramento do regime de bombeamento de todos os poços em operação. Esse monitoramento pode ser realizado por observadores ou pela instalação no poço de instrumentos de controle, como horímetros e temporizadores.

A periodicidade de monitoramento do regime de bombeamento é diário e contínuo. O registro no banco de dados corporativo é o regime de bombeamento médio mensal.

Os dados obtidos no plano de monitoramento são analisados com periodicidade anual, através da emissão do Boletim de Avaliação das Condições de Exploração (BACE) para cada um dos poços em operação pela SANEPAR (Figura 11). O Boletim avalia os dados referentes aos últimos dois anos, apresentando os gráficos de evolução mensal da vazão captada, nível dinâmico e regime de bombeamento, comparados aos parâmetros outorgados pela Suderhsa. O BACE traz ainda a avaliação do geólogo responsável pelo monitoramento, indicando a vazão e regime de bombeamento recomendados para o poço, de modo a garantir a continuidade da operação.



Figura 11. Boletim de avaliação das condições de exploração de poço tubular profundo operado pela Sanepar.

## 6 – PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROQUÍMICO

A ocorrência de concentrações anômalas na água subterrânea, acima do limite estabelecido pela portaria 518 do Ministério da Saúde, expõe a população abastecida a riscos toxicológicos e carcinogênicos.

De maneira preventiva, a SANEPAR propõe-se a analisar o quimismo das águas subterrâneas logo após a construção dos poços e dentro de um plano de monitoramento analítico dos aquíferos.

Atualmente nos poços que apresentaram qualquer tipo de alteração nos parâmetros físico-químicos são realizadas novas coletas para acompanhamento e avaliação.

A SANEPAR possui um ICP ótico onde são realizadas análises de metais dissolvidos na água (Ag; Al; As; B; Ba; Be; Cd; Co; Cr; Cu; Fe; Hg; Li; Mn; Na; Ni; P; Pb; Sb; Se; U; V e Zn). Outros parâmetros físico-químicos (principais cátions e ânions) são analisados em laboratórios de universidades ou particulares.

Ressalta-se que amostras adicionais de água *in natura* são coletadas para renovação da outorga dos poços, bem como quando identificadas anomalias em amostras dos poços em operação.

## 7 – CONCLUSÕES

A SANEPAR utiliza modernas ferramentas para prospecção e monitoramento dos aquíferos.

Programas internos na USHG como “Hidrogeologia nos Municípios”; “Programa de Monitoramento Hidrodinâmico” e “Programa de Monitoramento Hidroquímico” garantem a melhoria constante dos processos e atuação ambientalmente responsável nos projetos da USHG.

Ressalta-se a importância da utilização de diversas ferramentas e análises na elaboração dos projetos de locação. Tais estudos reduzem de maneira significativa a ocorrência de poços improdutivos.

Destaca-se que o plano de monitoramento tem contribuído para a construção de uma série histórica dos mananciais subterrâneos, o que possibilitará definir com maior precisão e confiabilidade os volumes de suas reservas garantindo o abastecimento público. Os resultados obtidos podem contribuir para as futuras regulamentações que se fazem necessárias na gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Paraná, bem como possibilitarão a implantação pela SANEPAR de melhorias nos processos já existentes.

Desta forma, utilizando um SIG voltado a aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos, bem como contando com equipe técnica multidisciplinar qualificada e ferramentas apropriadas, a SANEPAR atua em 86,2% dos municípios paranaenses, fornecendo água de qualidade e operando de maneira ambientalmente sustentável.

## 8 – REFERÊNCIAS

Athayde, G.B.; Athayde, C.V.M; e ROSA FILHO, E.F. Estudo sobre as águas subterrâneas do município de Marechal Cândido Rondon-PR. *Águas Subterrâneas*. ABAS. v1. p. 112 a 122. São Paulo, SP. 2007

Chavez-Kus L. 2008. Modelo de funcionamento do Aquífero Atuba com base em parâmetros estruturais e hidrogeológicos, município de Curitiba. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, UFPR, 239p.

Mineropar. Mapa Geológico do Estado do Paraná (2006).

Mineropar. Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná (2006)

Rosa Filho, E.F.; Hindi, E.C. Giusti, D.A.; Nadal, C.A. 1998 Utilização das águas subterrâneas no abastecimento público das cidades paranaenses. *Boletim Paranaense de Geociências*, 46; Curitiba, p. 13-23. 1998.

Rosa Filho, E. F. da ; Hindi, E. C.; Diagnóstico das Águas Subterrâneas no Estado do Paraná: Quantidade e Qualidade. 2006.

Schneider, R.L.; Mühlmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R.F.; Nogueira, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONG. BRAS. GEOL., 23. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v1: 41-65. Porto Alegre. 1974.