

MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS NO ESTADO DO PARANÁ

**Ester A. A. Mendes¹; Kátia C. Nakandakare¹; Adalberto M. Souza¹; Aldo M. P. Fernandes¹;
Erivelto L. Silveira¹; Jurema Feltrin¹ & Marcos J. Guarda¹**

Resumo - A produção dos mananciais subterrâneos do Estado do Paraná, destinada ao abastecimento público dos municípios atendidos pela Sanepar, atingiu 96,4 milhões m³ no ano de 2001, com a utilização de 821 poços tubulares profundos. Esse volume corresponde a 15% da produção total da Companhia, abastecendo 7,6 milhões de habitantes, ou seja, 80% de toda a população do Estado. Os mananciais subterrâneos são fundamentais para comunidades de pequeno e médio porte. São atualmente 284 municípios, dentre os 399 de todo o Estado, que utilizam esses mananciais no seu sistema de abastecimento.

Atualmente, a Sanepar opera os poços distribuídos em onze aquíferos: Cristalino, Carste, Furnas, Itararé, Rio Bonito, Paleozóico, Guarani, Serra Geral, Caiuá, Guabirotuba e Costeiro. O aquífero mais importante, tanto em relação ao número de poços em operação, quanto em relação aos volumes produzidos, é o Aquífero Serra Geral, contribuindo com 52,37% da produção. Em contrapartida, a Aquífero Carste apresenta a maior vazão média por poço em operação.

Em relação à qualidade das águas, verifica-se que os mananciais apresentam composições naturais que atendem aos padrões de potabilidade, porém com classificação geoquímica bastante diversa. Características anômalas, principalmente em relação às concentrações de fluoretos, são observadas localmente em quase todos os aquíferos.

Abstract - The groundwater production of 96.6 million m³ during the year of 2001 represents 15 % of the total amount that was produced by Sanepar for drinking water supply. Sanepar provides drinking water to 7.6 million people, or nearly 80% of total Parana State population. The groundwater production is considered fundamental to the water supply of small and medium size urban communities. Nowadays, the population of 284 up to 399 cities of Parana State consumes groundwater.

Sanepar now has operating wells that are distributed over eleven aquifers: Cristalino, Karst, Furnas, Itararé, Rio Bonito, Paleozóico, Guarani, Serra Geral, Caiuá, Guabirotuba and Costeiro. The main one, referring to both numbers of wells and water production, is the Serra Geral Aquifer. It

¹ Geólogo(a) - Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar.
Rua Alexandre Gutierrez, 528, CEP 80240-130 Curitiba - PR

represents 52,37% of the total production of groundwater. However, the carstic aquifer has the higher mean yield (60,37 m³/h).

Concerning the groundwater quality, it is clear that all aquifers usually provide waters with chemical composition that are in accordance to the health regulations, despite the variety of geochemical patterns. Nevertheless, anomalous results can be found at some sites, in almost all aquifers, specially concerning fluorine concentrations.

Palavras-chave-Abastecimento público, mananciais subterrâneos, Paraná

INTRODUÇÃO

Este estudo apresenta a situação atual de utilização das águas subterrâneas para o abastecimento público dos municípios atendidos pela Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar.

Sem a pretensão de definir áreas favoráveis à perfuração ou a determinação de parâmetros hidráulicos dos aquíferos, o presente estudo objetiva a caracterização da importância dos aquíferos do Paraná utilizados como mananciais subterrâneos e a divulgação de dados relativos à produção e qualidade das águas atualmente captadas.

A Sanepar possui atualmente a concessão do sistema de saneamento básico (água e esgoto) de 342 municípios, dentre os 399 que compõem o Estado do Paraná. Em termos percentuais, a Companhia está presente em 85% dos municípios do Estado, abrangendo além das sedes municipais, mais 287 distritos.

O nível de atendimento do sistema de abastecimento de água na área urbana desses municípios atinge 98,83%, o que representa uma população aproximada de 7,6 milhões habitantes, ou 79,5% da população total do Estado (9,56 milhões).

A produção dos mananciais subterrâneos em todo o ano de 2001 atingiu 96,4 milhões m³, ou seja, cerca de 15% do volume total produzido pela Companhia. Os mananciais superficiais contribuem com a maior parcela do volume total em virtude da produção para os grandes núcleos urbanos do Estado, como Curitiba abastecida principalmente pelos reservatórios do Passaúna e Iraí, Londrina com captações nos rios Cafezal e Tibagi, e Maringá abastecida pelo rio Pirapó.

Entretanto, a importância dos mananciais subterrâneos pode ser melhor compreendida quando se avalia o número de municípios que se utilizam desse recurso. São atualmente 284 municípios no Estado, dos quais 153 com uso exclusivo das águas subterrâneas. Atualmente, a Sanepar opera cerca de 800 poços tubulares profundos, que garantem o abastecimento de aproximadamente 1,5 milhão de habitantes, com consumo médio de 176 L/hab/dia.

Os mananciais subterrâneos do estado do paraná

Os principais aq feros do Estado do Paraná foram relacionados e caracterizados por ROSA FILHO *et al.* (1998a)^[1], apresentando os dados de produ o e qualidade para consumo humano dos poços de abastecimento público cadastrados até o ano de 1996 no banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Suderhsa) e nos registros das empresas de perfura o do Estado. São descritos onze aq feros em todo o Estado, a saber: aq feros embasamento cristalino, cárstico, Furnas, Itararé, Rio Bonito, Botucatu, Serra Geral, Caiuá, Guabirota, costeiro e aluvionares. Dentre eles, apenas os aq feros aluvionares não são utilizados como mananciais de abastecimento público pela Sanepar. Entretanto, deve ser mencionado o aq fero denominado Paleozóico, descrito em poços da Sanepar que atravessam indiscriminadamente as unidades de idade paleozóica da Bacia do Paraná, incluindo os aq feros Furnas, Itararé e Rio Bonito.

A Figura 1 ilustra a distribui o dos aq feros utilizados como mananciais subterrâneos para o abastecimento público pela Sanepar em todo o Estado do Paraná.

Atualmente, a Sanepar dispõe de um banco de dados associado ao sistema de informa es geográficas de todos os poços em opera o. Os poços são outorgados pela Suderhsa e possuem monitoramento sistemático mensal de vazão x tempo e nível dinâmico. As principais características dos aq feros e de seus respectivos poços produtores são apresentadas a seguir, bem como a qualidade das águas captadas e as anomalias de composi o locais.

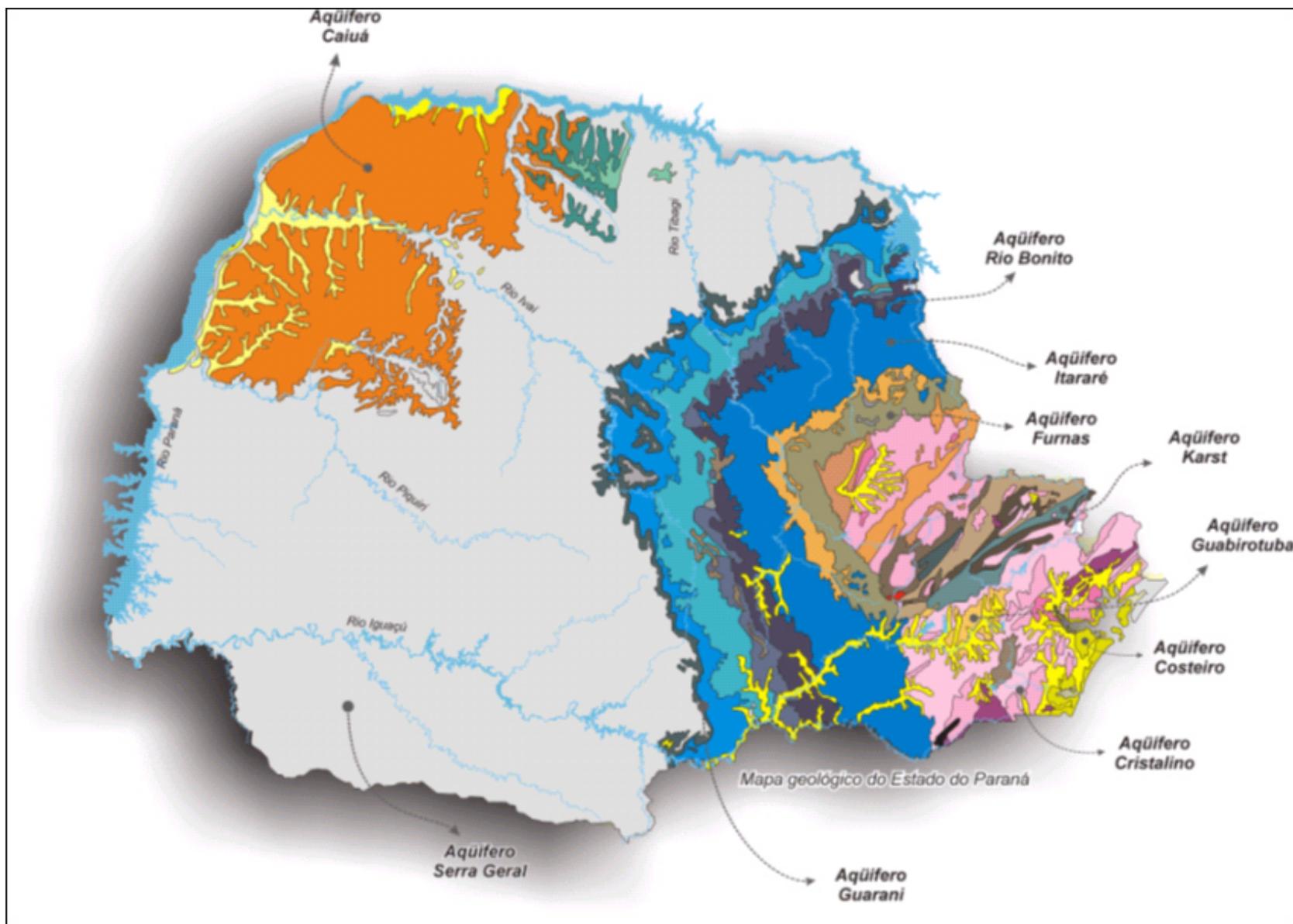


Figura 1: Mapa dos aquíferos do Estado do Paraná (modificado de MINEROPAR 1989^[2])

Aqüífero Cristalino

O Aqüífero Cristalino é composto pelas unidades de idade proterozóica que ocorrem na região do Primeiro Planalto Paranaense. Compreende rochas granitóides, migmatitos, gnaisses e metassedimentos do Complexo Pré-Setuva, Grupo Setuva e Grupo Açungui.

Em termos hidrológicos, a circulação e armazenamento da água depende exclusivamente da permeabilidade secundária de suas rochas (falha e fraturas), atingindo profundidades de entradas de água até 400 m.

O Aqüífero Cristalino é utilizado para o abastecimento público exclusivo ou complementar de vários municípios que compõem a Região Metropolitana de Curitiba. A Sanepar opera atualmente 83 poços instalados no Aqüífero Cristalino, cuja produção em 2001 foi de aproximadamente 4,7 milhões m³ de água, o que representa cerca de 5% do volume total captado nos mananciais subterrâneos do Estado. As vazões médias estão entre 5 e 10 m³/h por poço. Entretanto, foram obtidas vazões de 60m³/h em São José dos Pinhais- Santa Fé e de 80m³/h no Distrito Industrial de Campina Grande do Sul.

As águas captadas em fraturas de migmatitos e gnaisses geralmente são classificadas como bicarbonatadas cálcicas (Figura 2), com concentrações de sólidos totais dissolvidos em torno de 100 mg/L e concentrações químicas que atendem aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde. Destacam-se, entretanto, ocorrências anômalas de flúor nos poços da localidade de Jardim Paulista, no município de Campina Grande do Sul (2,48 mg/L) e de Tijucas do Sul (1,8 ppm), que inviabilizaram sua utilização para o consumo humano.

Aqüífero Carste

As rochas metacarbonáticas da Formação Capiru, do Grupo Açungui, caracterizam o arcabouço de um aqüífero de grande importância para toda a porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, tanto em relação ao potencial hídrico subterrâneo quanto à qualidade da água.

O aqüífero desenvolve-se em metadolomitos com porosidade primária desprezível e processos de carstificação ao longo de fraturamentos com direções principal NW e secundária NE (BONACIN 1996^[3]). Possui características de aqüífero semi-confinado ou confinado devido à presença de coberturas coluviais e/ou espesso manto de alteração, resultando localmente em artesianismo.

LISBOA e BONACIN (1995)^[4] propuseram o modelo conceitual do sistema aqüífero cárstico paranaense composto por uma seqüência justaposta de células tridimensionais, cujo o pacote central é constituído por rochas carbonáticas carstificadas, limitadas por barreiras hidráulicas constituídas pelos diques de diabásio na direção NW-SE e por camadas de filito e quartzito na

direção NE-SW. O aquífero carste na região do município de Colombo foi objeto de um projeto de pesquisas pelo convênio firmado entre a Suderhsa, a Sanepar, a Universidade Federal do Paraná e o Instituto *Joanneun Research* da Áustria, visando a caracterização do seu potencial e comportamento hidrogeológico (HARUM *et al.* 2002^[5]).

Atualmente, a Sanepar abastece a população de seis municípios da Região Metropolitana de Curitiba com águas do carste. O volume de cerca de 17 milhões m³ de água foi produzido no ano de 2001 a partir da operação de 41 poços nesse aquífero. São poços com profundidade média de 65 m e com a maior produtividade média por poço, em relação aos demais aquíferos do Estado. A vazão média dos poços atualmente em operação é de cerca de 60 m³/h. O poço situado no município de Colombo que apresenta a maior vazão do aquífero, com 255 m³/h, que corresponde também à maior vazão entre todos os poços do Estado.

O potencial hidrogeológico do aquífero não é totalmente explorado devido aos riscos de ocorrência de afundamentos em terrenos cársticos. Nos municípios de Colombo e Almirante Tamandaré, os poços em operação estão sendo objeto de avaliação por estudo e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), conforme exigência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), para o licenciamento ambiental das captações.

As águas do aquífero carste possuem características químicas que as classificam como bicarbonatadas cálcio-magnesianas (Figura 2), com teores de sólidos totais dissolvidos médios de 250 mg/L. São águas naturalmente potáveis e caracterizadas como águas minerais, sendo registrada a instalação de várias empresas de engarrafamento na região.

Aquífero Paleozóico

Rochas de idade paleozóica recobrem cerca de 22% da área do Estado do Paraná, correspondendo ao Segundo Planalto Paranaense. Cidades importantes encontram-se assentadas sobre estes terrenos, como Ponta Grossa, Irati, Telêmaco Borba e São Mateus do Sul. As unidades litoestratigráficas paleozóicas correspondem às unidades basais da Bacia do Paraná e são compostas por rochas sedimentares clásticas (arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos) e raras ocorrências de calcários e margas. Compreendem as formações Furnas, Ponta Grossa, Rio do Sul, Mafra, Campo do Tenente, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro (MINEROPAR 1989^[2]).

O potencial hidrogeológico das unidades paleozóicas está relacionado à porosidade primária devido à presença de rochas arenosas e, adicionalmente, à presença de estruturas secundárias seccionando as rochas sedimentares. De uma forma geral, as unidades litoestratigráficas datadas do final do Paleozóico (Formação Palermo do Grupo Guatá e Grupo Passa Dois), devido à

predominância de argilitos, siltitos e folhelhos (rochas estas com permeabilidade primária extremamente baixa) no seu perfil litológico, possuem um potencial hidrogeológico desfavorável, dependente da existência de estruturas secundárias como juntas e falhas.

Atualmente encontram-se em operação, para o abastecimento público de sistemas atendidos pela Sanepar, 39 poços que apresentam vazão média de 8,3m³/h por poço e profundidades em torno de 130 m. A tipologia hidroquímica das águas captadas enquadra-se nas classes bicarbonatada cálcica a bicarbonatada mista, com teores de sólidos dissolvidos bastante variáveis e elevados (150 a 600 mg/ L).

Em relação às formações do início e médio Paleozóico, destacam-se três unidades de maior importância hidrogeológica: os arenitos e arenitos conglomeráticos da Formação Furnas, os arenitos das formações Campo do Tenente e Maфра, do Grupo Itararé, e os arenitos das unidades de topo da Formação Rio Bonito. Dessa forma, essas unidades foram caracterizadas como aquíferos individualizados, conforme definição proposta por ROSA FILHO *et al.* (1998^a)^[1]: aquíferos Furnas, Itararé e Rio Bonito.

Apesar da granulometria favorável e extensa área de ocorrência, os arenitos da Formação Furnas encontram-se fortemente consolidados, o que restringe sua disponibilidade hídrica às estruturas secundárias (ROSA FILHO *et al.* 1998a^[1]). Atualmente 13 poços da Sanepar captam as águas dessa formação, apresentando profundidade média de 127 m. A vazão média por poço em operação é de 13,2 m³/h e o volume total produzido no ano de 2001 foi de 790 mil m³. A maior vazão de operação nesse aquífero é de 50 m³/h, atingida atualmente pelo poço localizado no município de Porto Amazonas. As águas subterrâneas da Formação Furnas enquadram-se na classe de águas bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas-cloretadas potássicas a mistas, caracterizando-se ainda pelo baixo grau de mineralização (valor do total de sólidos dissolvidos situado entre 15 a 50 mg/ l).

Camadas arenosas com porosidade primária constituem as unidades características do Aquífero Itararé. Apresentam-se intercaladas aos diamictitos e folhelhos, com grande variação lateral. A Sanepar opera 31 poços no Aquífero Itararé, os quais apresentam profundidades médias de 168 m com vazões em torno de 13,9 m³/h. Nessa unidade, TROSDTORF JÚNIOR (1999)^[6] caracterizou o potencial hidrogeológico relacionado aos depósitos sedimentares denominados Arenitos Lapa (FRANÇA *et al.* 1996^[7]). O poço atualmente em fase de instalação no município da Lapa apresentou vazão de 110 m³/h, podendo estar relacionado a esses depósitos. A maior vazão de operação atual dos poços desse aquífero é de 60 m³/h, no município de Campo do Tenente. As características químicas das águas captadas no Aquífero Itararé resultam na classificação de águas bicarbonatadas mistas, com sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L. São águas que usualmente enquadram-

se aos padrões de potabilidade. No entanto, foram registrados teores anômalos de flúor nos poços do município de Campo do Tenente (3,6 ppm F⁻) que inviabilizam sua utilização para o abastecimento público.

O Aquífero Rio Bonito é caracterizado em termos hidrogeológicos por camadas de arenitos finos a médios, intercalados a folhelhos e siltitos, apresentando caráter confinado. Foram perfurados cinco poços pela Sanepar, atingindo profundidades entre 200 e 735 m, dependendo do seu posicionamento em relação às formações sobrejacentes (Teresina, Serra Alta, Irati e Palermo). A vazão média dos poços em operação é de 11,79 m³/h, porém atinge 130 m³/h no poço em Irati. As águas captadas apresentam características físico-químicas bastante heterogêneas. Poços perfurados na região de afloramento da formação Rio Bonito captam água das áreas de recarga dessa unidade aquífera, sendo classificadas como bicarbonatadas cálcica-sódicas, com valores de sólidos totais baixos e dentro dos padrões de potabilidade. Já os poços perfurados em regiões onde a formação Rio Bonito está recoberta pela formação Palermo são classificadas como bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas-cloretadas-sulfatadas sódicas. Valores de sólidos totais extremamente altos (1276 mg/L) e parâmetros acima dos limites de potabilidade (flúor, pH, cloretos) foram registrados na água captada no poço do município de Prudentópolis que atingiu 735 m de profundidade.

Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani é composto no Estado do Paraná pelas formações Pirambóia e Botucatu. Essas unidades são constituídas por arenitos de granulometria fina a média, bem selecionados, com bom grau de arredondamento e espessura média de 80m. Devido a estas características, apresentam um excepcional potencial hidrogeológico, com vazões capazes de abastecer cidades de grande porte.

O aquífero abrange uma área de aproximadamente 138.000 km² no Estado do Paraná e encontra-se em sua maior parte confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (80% da área de ocorrência). As espessuras de basalto são crescentes de leste para oeste, chegando a atingir até 1500 metros. A zona de recarga restringe-se a uma estreita faixa aflorante, com largura média de 10 km, situada na porção oriental do Terceiro Planalto Paranaense (Figura 1). A qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Guarani apresenta uma clara influência da distância entre o ponto de captação e a área de recarga, apresentando uma gradação progressiva nos valores de temperatura e incorporação crescente na concentração de sólidos totais à medida que se afasta da área de recarga.

Atualmente a Sanepar opera 13 poços no Aquífero Guarani, com vazão média de 35,7 m³/h e profundidades variáveis de acordo com a posição em relação à área de recarga. Outros 21 poços captam águas misturadas dos aquíferos Serra Geral e Guarani, apresentando vazão média de

30,2m³/h por poço e profundidade média de 232,7m. O poço do município de Andirá apresenta vazão de operação de 200 m³/h e o poço de Cambará, 150m³/h.

As águas captadas para o abastecimento público são caracteristicamente do tipo sulfatada sódica a cloretada sódica, podendo ocorrer termos intermediários. Os teores de sólidos totais dissolvidos são elevados, atingindo até 1700 mg/L, e temperaturas até 65°C. Nesses casos, as águas do aquífero sofrem misturas com águas pouco mineralizadas para adequação ao consumo humano.

Destaca-se, entretanto, que é provável que as variações nas condições de equilíbrio termodinâmico de águas com acentuada mineralização tenham resultado na colmatação da secção filtrante e intensa precipitação de material amorfo na tubulação do poço perfurado no município de Jardim Alegre. As incrustações provocaram a redução da vazão inicial de 80 m³/h para 15 m³/h, resultando na desativação desse poço.

Outra característica hidroquímica freqüente destas águas é a presença de flúor em concentrações variáveis, sendo este elemento, em algumas situações, um fator restritivo à utilização para o consumo humano. O caso mais notório é o do poço perfurado no município de Londrina, que apresentou produção de 250m³/h com 12 ppm de flúor, o que inviabilizou sua utilização. A origem do fluoreto nas águas dos aquíferos Serra Geral e Guarani foi estudada por FRAGA (1992)^[8], atribuindo as áreas potencialmente críticas à ocorrência de concentrações anômalas aos eixos de maior subsidência da bacia deposicional do Pirambóia.

Atualmente, um novo poço de pesquisa do Aquífero Guarani está sendo perfurado pela Sanepar na cidade de Londrina.

Aquífero Serra Geral

O Aquífero Serra Geral compreende as rochas que compõem a seqüência de derrames de lavas basálticas com intercalações de lentes e camadas arenosas que capeiam as formações paleozóicas da Bacia do Paraná. Essa formação é resultante do intenso magmatismo fissural, iniciado quando ainda perduravam as condições desérticas de sedimentação da Formação Botucatu, atingindo espessuras de até 1500 m (SCHNEIDER *et al.* 1982^[9]).

O contato inferior dessa formação é discordante com os arenitos eólicos da Formação Botucatu. Os derrames de lavas tiveram início quando ainda perduravam as condições desérticas da sedimentação Botucatu, fato atestado pela presença de inúmeros corpos arenosos de origem eólica na parte basal da Formação Serra geral. O contato inferior com rochas mais antigas é marcado por discordância erosiva, jazendo a formação, em certos locais, diretamente sobre rochas do embasamento. O contato superior é discordante com os Grupos Caiuá e Bauru, porém na maior parte da bacia a Formação Serra Geral encontra-se aflorante.

Em termos hidrogeológicos, a ocorrência de água subterrânea está condicionada a fraturamentos e zonas vesiculares resultantes do resfriamento dos derrames basálticos, ou quando essas estruturas primárias, posteriormente, sofreram deformações estruturais rígidas (falhas e fraturas) intercomunicando-se e ampliando as possibilidades de armazenamento e circulação de água nessas estruturas. A caracterização hidrogeológica do Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná foi estudada por FRAGA (1986)^[10] e ROSA FILHO *et al.* (1987)^[11].

Atualmente, a Sanepar opera 414 poços no Aquífero Serra Geral, que produziram cerca de 50,5 milhões m³ de água no ano de 2001. Esse volume representa cerca de 52% da produção total de água subterrânea da Sanepar, revelando a importância do Aquífero Serra Geral, principalmente para o abastecimento de pequenas e médias localidades. A profundidade média dos poços é de 131 m e as vazões médias atingem 30 m³/h por poço. Entretanto, vazões consideravelmente maiores são extraídas dos poços situados nos municípios de Maringá (190 m³/h), Cascavel (150 m³/h) e Londrina (140 m³/h).

As águas tipicamente pertencentes à Formação Serra Geral possuem características físico-químicas que as classificam como bicarbonatada cálcica a bicarbonatada cálcica-magnésiana. As concentrações de sólidos totais dissolvidos quase sempre são inferiores a 170 mg/L e raramente se observa o íon fluoreto. Quando esse ocorre, a concentração sempre fica abaixo de 0,1 mg/L.

Entretanto, é comum a ocorrência de águas com características químicas de mistura com águas do Aquífero Guarani. Essa relação foi avaliada na caracterização de fontes termais da Formação Serra Geral por BITTENCOURT (1996)^[12]. Nesses casos, a classificação geoquímica das águas passa a bicarbonatadas sódica-cálcica, com elevação nas concentrações de sólidos totais dissolvidos, pH e fluoretos. Essas características foram observadas nos poços perfurados nos municípios de Assaí (6 ppm de flúor), Mangueirinha, Cascavel, Londrina, Primeiro de Maio, Salgado Filho, General Carneiro (pH acima de 8, concentração Na+K superior a Ca+Mg e presença de fluoretos, embora em concentrações abaixo do limite de potabilidade estabelecido na Portaria nº1469/2000 do Ministério da Fazenda).

Aquífero Caiuá

O Aquífero Caiuá possui como substrato geológico arenitos finos a médios, com matriz síltico-argilosa e cimento limonítico e carbonático. Ocorre na região noroeste do Estado do Paraná, depositados sobre os basaltos da Formação Serra Geral (ROSA FILHO 1982^[13]).

A espessura do aquífero e a presença de maior ou menor quantidade de argilas no pacote de arenitos são fatores de extrema importância na produtividade dos poços. Historicamente, os poços perfurados em áreas com espessura da formação de aproximadamente 100m mostram vazões entre

15 a 25m³/h. Raramente os poços perfurados nesse aquífero apresentam produções inferiores a 5 m³/h.

Encontram-se em operação atualmente 121 poços para o abastecimento público de municípios atendidos pela Sanepar. Os poços apresentam profundidade média de 127,6 m e vazão captada de cerca de 22 m³/h por poço.

Em localidades com espessuras superiores a 100 m, os poços apresentam um significativo aumento de produção. Esse é o caso dos poços atualmente em operação na cidade de Loanda, onde o poço que atravessou todo o pacote arenoso com 215m apresenta vazão de operação de 80 m³/h. Casos de vazões elevadas também se confirmaram nas cidades de Umuarama e Nova Olimpia, com produções de 40 e 60m³/h, respectivamente.

Em praticamente toda a sua área de ocorrência, as águas do Aquífero Caiuá caracterizam-se por apresentar baixa incorporação mineral, refletindo em valores de sólidos totais dissolvidos em torno de 50 mg/L, pH entre 5,0 e 6,5 e teores de potássio superiores aos de sódio. A composição química resulta em águas que atendem os padrões de potabilidade, classificadas como bicarbonatadas cálcicas a mistas.

Aquífero Guabirotuba

A Formação Guabirotuba compreende rochas das seqüências sedimentares de idades quaternárias da Bacia de Curitiba. Localiza-se na Região Metropolitana de Curitiba, sendo composta por sedimentos argilosos, areias arcossianas e, em menor proporção, por depósitos rudáceos, incluindo pequenas impregnações de margas. Estas litologias estão dispostas em camadas descontínuas, com espessura máxima em torno de 80 metros. O contato inferior desta formação é discordante com as rochas do embasamento cristalino.

Em termos hidrogeológicos, a ocorrência de água subterrânea está condicionada à permeabilidade das camadas arcoseanas que ocorrem sob a forma tabular e não raramente lenticular. A caracterização hidrogeológica dessa unidade foi estudada por ROSA FILHO *et al.* (1996)^[14] e HEINRICHS *et al.* (1998)^[15], identificando características de aquífero confinado devido à fácies argilosa montmorilonítica.

Encontram-se em operação apenas cinco poços para o abastecimento público do município de Pinhais, situado na Região Metropolitana de Curitiba. A vazão média captada é de 18,8 m³/h em poços com profundidade média de 54,6 m.

As águas pertencentes ao Aquífero Guabirotuba foram caracterizadas por ROSA FILHO *et al.* (1998b)^[16]. Apresentam características físico-químicas que as classificam como bicarbonatadas mistas e sódicas, com sólidos totais dissolvidos entre 90 a 270 mg/l e valores de pH entre 6,7 e 8,1.

Nos poços do município de Pinhais, localizados no IAPAR, foram identificados teores elevados em ferro, atingindo concentrações até 1,04 mg/L.

Aqüífero Costeiro

O aquífero costeiro desenvolve-se ao longo de uma faixa situada entre as rochas cristalinas da Serra do Mar e o Oceano Atlântico, no Estado do Paraná, tendo como expressão geomorfológica extensas planícies costeiras. É constituído por terraços de areias finas a grossas, por vezes microconglomeráticas, com níveis argilosos e conchíferos intercalados. Tais sedimentos, de idade quaternária, encontram-se depositados diretamente sobre os granitos, migmatitos e gnaisses do embasamento cristalino e representam ambientes deposicionais com graus diversos de influência dos domínios continental e marinho.

ROSA FILHO *et al.* (1998a)^[1] relata a existência de poços no Aquífero Costeiro utilizados para o abastecimento da cidade de Paranaguá, com vazão média da ordem de 10 m³/h, e profundidades entre 8 e 10 m.

No entanto, a Sanepar possui poços perfurados nesse aquífero apenas para o abastecimento público do município de Guaratuba. Atualmente um único poço encontra-se em operação, apresentando profundidade total de 50,6 m e produção de 25,65 m³/h. As águas captadas apresentam características químicas que as classificam como bicarbonatadas cálcicas-magnesianas, com teores de sólidos totais dissolvidos em torno de 220 mg/L, adequadas para o consumo humano. Entretanto, foram perfurados poços no mesmo município que apresentaram influência de águas salobras, resultando em águas bicarbonatadas a cloretadas sódicas e magnesianas, com alto teor de sólidos totais dissolvidos (1251 mg/L).

QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS MANANCIAIS

Na Tabela 1 é apresentada a síntese das principais informações sobre os poços produtores referentes aos dados consolidados no ano de 2001.

Verifica-se que o manancial mais importante, tanto em relação aos número de poços em operação quanto em relação aos volumes produzidos no último ano, é o Aquífero Serra Geral, contribuindo com 52,37% de toda a produção do ano de 2001, seguido pelo Aquífero Carste com 17,62% e pelo Aquífero Caiuá com 10,72% (Figura 2).

Em contrapartida, a Aquífero Carste apresenta relativamente a maior vazão média por poço produtivo (Figura 3). O Aquífero Guarani possui a segunda melhor média de produtividade por poço, seguido pelo Aquífero Serra Geral.

Tabela 1: Síntese dos dados dos poços em operação em 2001 por manancial subterrâneo

Aqüífero	Número de Poços		Volumes Produzidos (2001)		Vazão Média/poço (m ³ /h)	Profundidade Média (m)
	Nº	%	m ³ /ano	%		
Costeiro	1	0,12	5.858,00	0,01	25,65	50,6
Guabirota	5	0,61	747.674,00	0,78	18,80	54,6
Caiuá	121	14,74	10.344.322,00	10,72	21,95	127,6
Caiuá/Serra Geral	34	4,14	3.517.889,00	3,65	28,20	124,7
Serra Geral	414	50,43	50.511.854,36	52,37	29,97	131,1
Serra Geral/Guarani	21	2,56	2.887.902,00	2,99	30,28	232,7
Guarani	13	1,58	2274.103,00	2,36	35,73	200,0
Rio Bonito	5	0,61	335.541,00	0,35	11,79	276,8
Itararé	31	3,78	1.707.903,00	1,77	13,93	168,2
Furnas	13	1,58	790.205,00	0,82	13,24	127,1
Paleozóico (indiviso)	39	4,75	1.555.657,00	1,61	8,30	132,0
Carste	40	4,87	16.996.857,00	17,62	60,37	65,4
Carste/Cristalino	1	0,12	55.925,00	0,06	9,70	22,0
Cristalino (indiviso)	83	10,11	4.724.062,00	4,90	10,85	107,3
TOTAL	821	100	96.455.752,36	100	26,27	130,3

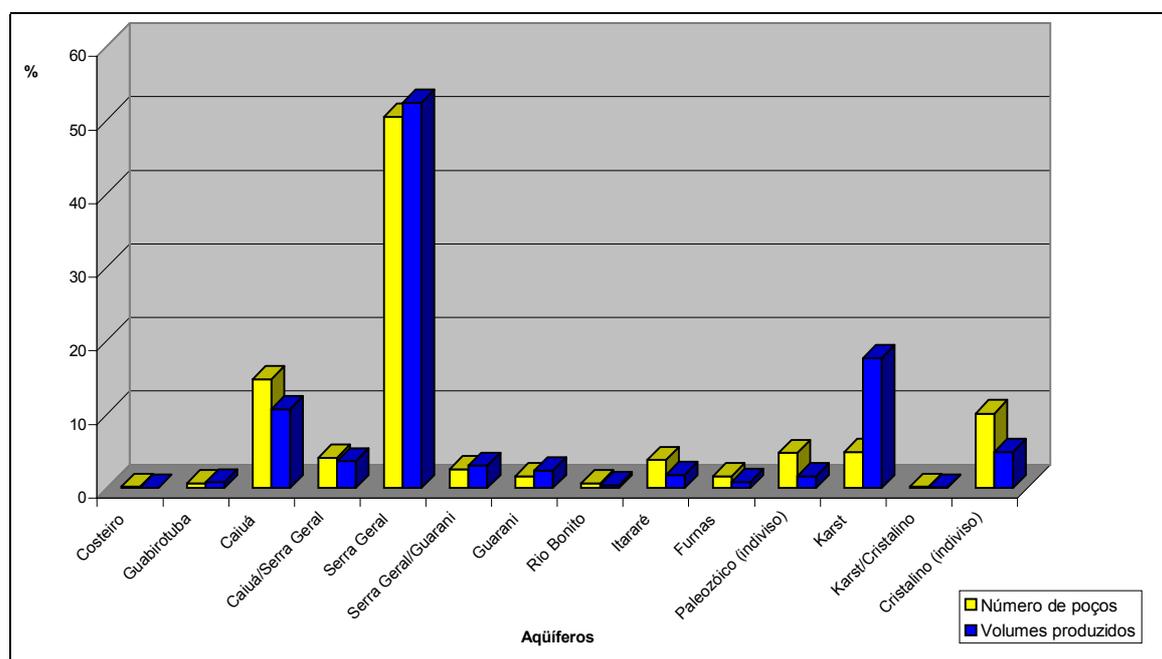


Figura 2: Gráficos de número de poços em operação e volumes produzidos por aqüífero no ano de 2001 para o abastecimento público pela Sanepar

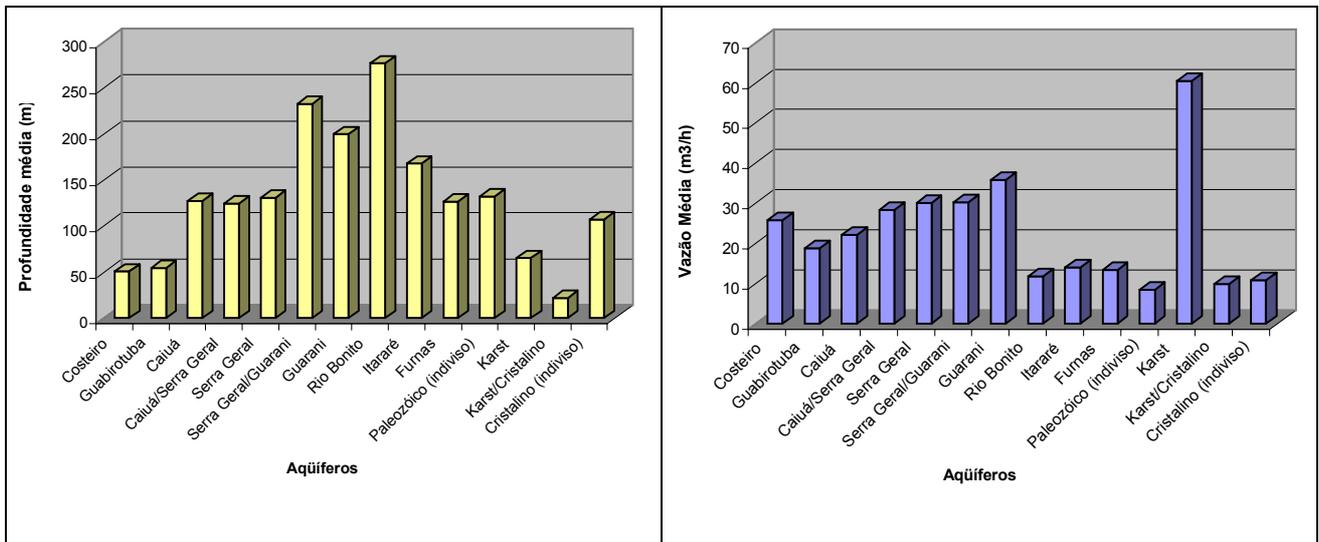


Figura 3: Gráficos de profundidade e vazão médias por aquífero dos poços em operação no ano de 2001 para o abastecimento público pela Sanepar.

Em relação à qualidade das águas, a Figura 4 ilustra a classificação geoquímica usual das águas captadas por aquífero, representadas no diagrama de Piper. Foram selecionados poços em operação e que apresentaram resultados analíticos representativos de cada aquífero (Tabela 2), com composições que atendem os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde.

Encontram-se representadas também análises de águas do Aquífero Costeiro que apresentou influência de águas salobras e de águas do Aquífero Serra Geral com características de misturas com águas do Aquífero Guarani.

A distribuição ilustra a diversidade do quimismo das águas subterrâneas no Estado do Paraná.

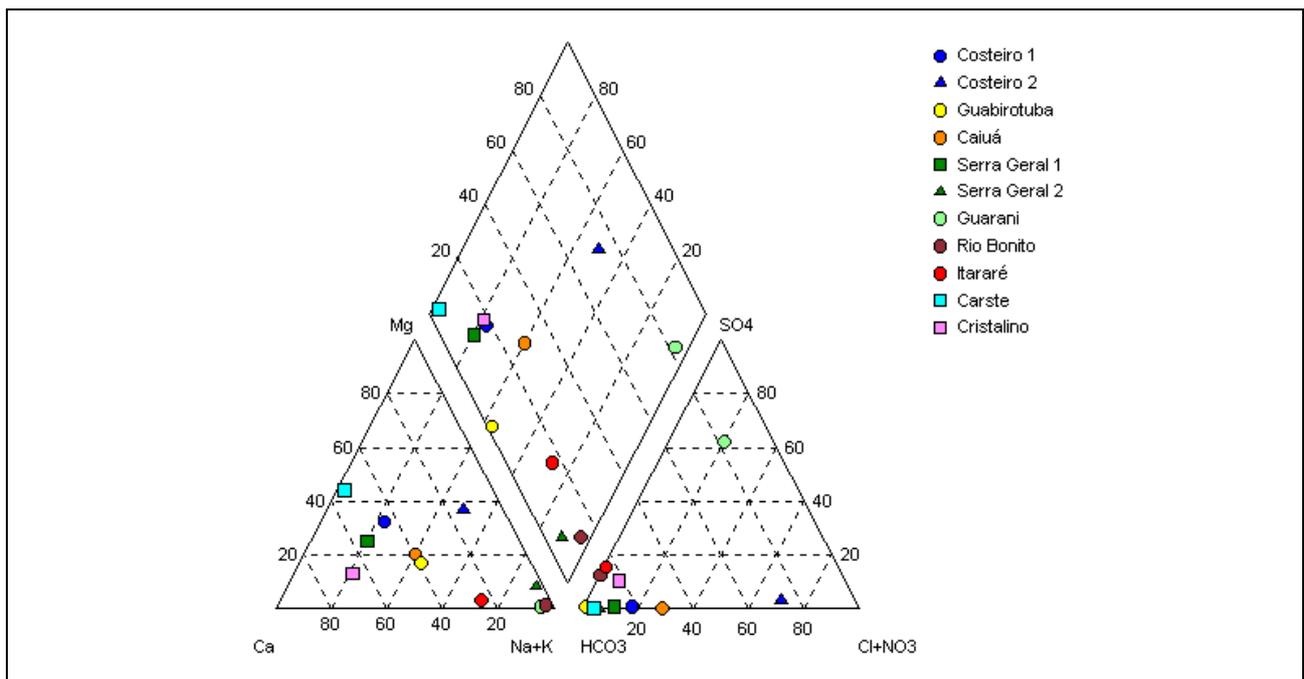


Figura 4: Representação da classificação geoquímica usual das águas dos mananciais subterrâneos no diagrama de Piper.

Tabela 2: Classificação geoquímica dos poços representativos dos mananciais subterrâneos

Aquífero	Classificação Geoquímica Usual	Poço representado no Diagrama de Piper
Costeiro 1	Ca-Mg-HCO ₃	Guaratuba (P-03)
Costeiro 2 (com influência de águas salinas)	Na-Mg-Cl-HCO ₃	Guaratuba (P-10)
Guabiro tuba	Ca-Na-HCO ₃	Pinhais (P-06)
Caiuá	Ca-K-HCO ₃	Pérola (P-03)
Serra Geral 1	Ca-HCO ₃	Cascavel (P-03)
Serra Geral 2 (com influência do Aquífero Guarani)	Na-Ca-HCO ₃	Mangueirinha (P-01)
Guarani	Na-SO ₄ -Cl	Cianorte (P-09)
Rio Bonito	Na-HCO ₃	Irati (P-01)
Itararé	Na-Ca-HCO ₃	Lapa (P-01)
Karst	Ca-Mg-HCO ₃	Colombo (P-01)
Cristalino (indiviso)	Ca-HCO ₃	Campo Largo (P-03)

PROGRAMAS DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELA SANEPAR

A Sanepar dentro da nova ótica de desenvolvimento sustentado busca, racionalizar o uso dos recursos hídricos e minimizar os impactos ambientais decorrentes de suas atividades. Sob este prisma a empresa através da Unidade de Serviço de Hidrogeologia (USHG) desenvolveu diversos programas direcionados à exploração, monitoramento, conservação e pesquisa de aquíferos visando garantir a qualidade e a regularidade do abastecimento.

Programa de Monitoramento de Poços

O monitoramento do nível dinâmico, vazão, tempo de bombeamento e volume representa um dos trabalhos mais significativos desenvolvidos pela USHG em termos de gerenciamento da água subterrânea. Tem por objetivos adequar e otimizar as condições operacionais das unidades de captação, estudar o comportamento hidráulico dos aquíferos e garantir as condições de sustentabilidade do manancial.

Esse trabalho teve início no ano de 1998 e é realizado em todos os poços utilizados pela empresa para o abastecimento público. Antes de monitorar executaram-se os trabalhos de cadastramento dos poços em banco de dados, georeferenciamento e junto aos sistemas operacionais levantaram-se as condições de exploração. As informações operacionais de vazão média (m³/h), regime de bombeamento médio (h/dia) e volume total (m³/mês) foram armazenados em banco de dados e são atualizados mensalmente. Esse levantamento teve por objetivo fornecer subsídios para a comparação entre as condições operacionais com as recomendadas e possibilitou a divisão dos poços em classes de prioridade para monitoramento.

A classificação foi definida pela relação entre o volume médio mensal retirado e o volume recomendado, descrita como **A > 69%**; **B = 69% e > 40%** e **C < 40%**. Através dessa regra a periodicidade de monitoramento do nível dinâmico ficou estabelecida da seguinte forma, para os poços classe A instáveis, mensalmente e A estáveis quadrimestralmente e para os poços de classes B e C os níveis dinâmicos são monitorados semestralmente. Existe apenas uma exceção a essa regra que são os poços localizados no Aquífero Carste. Em função das características especiais apresentadas por esse aquífero os poços são monitorados diariamente, 24 horas com medidor automático de nível.

Hoje a Sanepar dispõe de uma série histórica operacional representativa das suas unidades de captação subterrânea. Os dados da série histórica são disponibilizados para as unidades operacionais através de um relatório denominado BACE – Boletim de Avaliação das Condições de Exploração dos poços em atividade (Figura 5). O BACE traz a série de dados dos últimos dois anos de operação do poço comparados com as condições recomendadas e com os parâmetros outorgados pela Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná (Suderhsa). São analisadas também as questões de qualidade e condições de operação do recurso hídrico.

Os resultados obtidos através do monitoramento do manancial subterrâneo são visíveis. Atualmente trabalha-se na prevenção dos problemas construtivos e nos casos de desabastecimento de sistemas é significativa a diminuição das manutenções corretivas dos poços. Outro benefício é o fornecimento de subsídios para o desenvolvimento seguro das atividades relacionadas ao manancial subterrâneo e importante ferramenta gerencial

Programa de Construção de Poços

A Sanepar utiliza os recursos hídricos disponíveis para abastecer aproximadamente 86% das sedes municipais do Estado. O que se observa hoje é que as áreas urbanas estão em franco processo de expansão e a isso se relaciona diretamente o aumento da demanda de água.

Com esse programa a USHG visa atender as necessidades de fornecimento de água subterrânea para os sistemas operacionais através da construção de poços e prestação de serviços de hidrogeologia. Insere-se neste contexto a melhoria dos processos de prospecção hidrogeológica a qual permite a redução dos poços denominados improdutivos. Para isso a USHG executa alguns serviços administrativos e de hidrogeologia os quais abrangem as atividades de estudo de viabilidade, locação em campo, elaboração de ante projeto construtivo, contratação da empresa especializada, fiscalização da obra, entrega do poço à área operacional e acionamento inicial do conjunto moto-bomba.

No ano de 2001 foram contratadas a perfuração de cerca de 25 poços. Observa-se atualmente que há uma tendência de utilização da água subterrânea na substituição de captações superficiais e atendimento de *déficits* e demanda vegetativa em pequenos e médios sistemas.

Programa de Legalização de poços

Apesar de renováveis, os recursos hídricos são limitados. Com o aumento da demanda, tornou-se necessário regulamentar a distribuição das águas para evitar conflitos e, assegurar o direito do uso da água a todos os cidadãos, atuais e futuros. É o licenciamento obrigatório para uso das águas, concedido pelo poder público que assegura e regulamenta a utilização dos recursos hídricos perante a Lei Federal 9.433 de 08/01/97 e Lei Estadual 11.353 de 13/02/96 (art. 3).

No Estado do Paraná a utilização dos recursos hídricos é autorizada pela Suderhsa, órgão ligado à Secretaria Estadual de Meio Ambiente (Sema), e a outorga concedida é o instrumento que assegura legalmente o direito do uso das águas subterrâneas e superficiais pela empresa. A Lei Estadual 12.726 de 29/11/99 institui a regulamentação da outorga e as penalidades. A Sanepar têm 100% de seus poços operantes outorgados e atualmente executa a renovação destas visa o enquadramento dos poços que apresentam grandes diferenças entre as condições operacionais e as outorgadas.

Este enquadramento é possível devido aos dados gerados pelo monitoramento e principalmente em função da organização das informações operacionais e construtivas dos poços em um sistema informatizado as quais viabilizaram o gerenciamento do recurso hídrico.

Programa de Conservação de aquíferos

A existência de órgãos de fiscalização e mecanismos reguladores da utilização dos recursos hídricos não impede o uso cada vez mais crescente e extensivo das águas subterrâneas. Em todo o Estado e principalmente nos grandes centros urbanos pode-se observar a disseminação de contratação de perfurações de poços por terceiros. Tais perfurações são realizadas freqüentemente sem o conhecimento do órgão fiscalizador, e muitas vezes executadas sem critérios técnicos tornando os aquíferos vulneráveis à contaminação. Atualmente a implementação de programas de proteção e conservação da qualidade e quantidade da água subterrânea é bastante incipiente.

Contudo a Sanepar/USHG atua no sentido de preservar o recurso hídrico subterrâneo por ela utilizado. Isso é traduzido pelo programa de lacre de poços. O lacre é o tamponamento provisório ou definitivo dos poços que não estão em operação e os perfurados que resultaram em improdutivos.

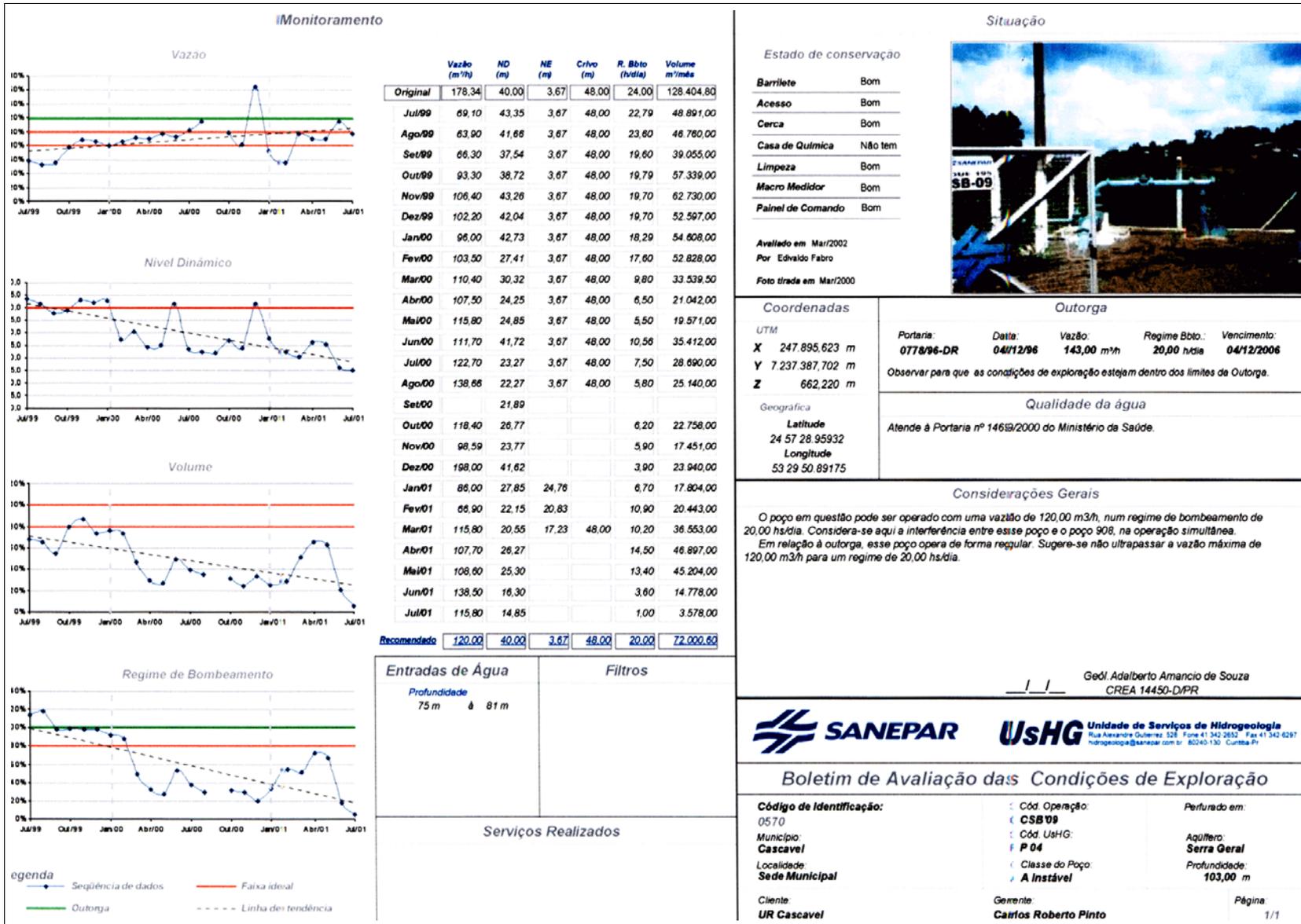


Figura 5: Exemplo do BACE – Boletim de Avaliação das Condições de Exploração do poço P-04 do município de Cascavel

CONCLUSÕES

As informações apresentadas revelam a importância dos aquíferos como mananciais de abastecimento público para a população do Estado do Paraná. O acervo de dados dos poços perfurados associado ao banco de dados de monitoramento, atualmente disponíveis na Sanepar/USHG, constituem informações importantes para a caracterização do potencial hidrogeológico dos aquíferos, bem como para a avaliação da qualidade das águas captadas.

Considera-se, entretanto, que os aquíferos ainda carecem de estudos técnico-científico mais aprofundados, especialmente sobre os parâmetros hidráulicos, condicionantes dos fluxos e avaliações hidroquímicas que permitam o esclarecimento das características anômalas identificadas, contribuindo para a otimização e incremento na utilização dos mananciais subterrâneos, de forma sustentável e segura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Sanepar pelo suporte e disponibilidade de informações, ao Gerente da Unidade de Serviços de Hidrogeologia – USHG, geólogo João Horácio Pereira pelo incentivo e revisão técnica, e ao técnico Jefferson Skroch pelo auxílio no tratamento dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, A.V.L. Sobre o controle do quimismo de águas termais da Bacia do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, 44. Curitiba, p.117-129, 1996.
- BONACIN, E. A. **Dinâmica do sistema hidrogeológico cárstico na área de Tranqueira - Região Metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Departamento de Geologia, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 162 f, 1996.
- FRAGA, C.G. **Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 125p., 1986.
- FRAGA, C.G. **Origem de fluoretos em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná**. Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 178p., 1992.
- FRANÇA, A.B.; WINTER, W.R.; ASSINE, M.L. Arenitos Lapa-Vila Velha: um modelo de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 26: 43-56, SBG, 1996.

- HARUM, T.; LISBOA, A.A.; RIBAS, A.; ZOJER, H. Projeto Karst. **Final Conclusion Report**. Convênio Suderhsa/Sanepar/UFPR/Johanneum Research, 32p.,2002.
- HEINRICHS, G.; ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. Situação hidrogeológica e capacidade para abastecimento de água potável no abastecimento d'água de Guabirota-Paraná-Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, 46; Curitiba, p.7-11, 1998.
- LISBOA, A. A. e BONACIM, E. A. Sistema aquífero cárstico – reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. **Sanare**, 4(4):26-30, 1995.
- MINERAIS DO PARANÁ S.A. – MINEROPAR. Mapa Geológico do Estado do Paraná. Escala 1:650.000, Gov. Estado do Paraná, Curitiba, 1989.
- ROSA FILHO, E.F. **Uma análise sobre a produtividade dos poços tubulares no Aquífero Caiuá – Região Noroeste do Estado do Paraná**. Dissertação, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 394p., 1982.
- ROSA FILHO, E.F.; SALAMUNI, R.; BITTENCOURT, A.V.L. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, 37. Curitiba, p-22-52, 1987.
- ROSA FILHO, E.F.; PARANHOS FILHO, A.C.; PRAZERES FILHO, H.J.; VALASKI, Z.F. Considerações sobre aspectos físicos e hidráulicos da Formação Guabirota na região Nordeste de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, 44, Curitiba, p.35-50. 1996.
- ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. GIUSTI, D.A.; NADAL, C.A. Utilização das águas subterrâneas no abastecimento público das cidades paranaenses. **Boletim Paranaense de Geociências**, 46; Curitiba, p. 13-23. 1998a.
- ROSA FILHO, E.F.; BITTENCOURT, A.V.L.; HINDI, E.C. Hidroquímica da Formação Guabirota na porção oriental da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, 46; Curitiba, p. 131-140. 1998b.
- SCHENEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A . A .; **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná**. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador – BA, 1982.
- TROSDTORF JÚNIOR, I. Contribuição ao estudo hidrogeológico do arenito Lapa, subgrupo Itararé (P-C), Bacia do Paraná, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.71, n.4-I, p.840, 1999.