

PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DO SISTEMA Aqüífero BAURU NA REGIÃO DE ARAGUARI/MG: FUNDAMENTOS PARA A GESTÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

LUIZ ANTÔNIO DE OLIVEIRA¹ & JOSÉ ELOI GUIMARÃES CAMPOS²

Abstract *HYDROGEOLOGIC PARAMETERS OF THE BAURU AQUIFER SYSTEM IN THE ARAGUARI REGION (STATE OF MINAS GERAIS): SUPPORT TO THE WATER SUPPLY ASSESSMENT* The paper presents hydrogeologic parameters for the Bauru Aquifer System in the area of Araguari, state of Minas Gerais, Brazil. The public water supply system is based on groundwater exploration. It operates 96 deep wells responsible for a total water discharge up to 1900 m³/h, resulting in an average yield of 19.5 m³/h. The Bauru Aquifer System shows the following values for the dimensional parameters: the saturated thickness is 33 meters, the thickness of the vadose zone varies from 7 up to 36 meters, the effective porosity of the conglomerate facies is 19.5%, the effective porosity of the sandy facies is 12.7%, the hydraulic conductivity ranges from 5×10^{-6} to 1.6×10^{-4} m/s, with an average of 3.1×10^{-5} m/s, the average transmissivity is 9.6×10^{-4} m²/s, the average well discharge is 19.5 m³/h, and the average specific capacity is 1.3 m³/h/m. The wide variation of values results from the bad conditions of construction of the wells.

Keywords: Bauru Group, dimensional parameters, porous aquifer.

Resumo O presente trabalho apresenta os valores de parâmetros hidrogeológicos levantados no Sistema Aqüífero Bauru na cidade de Araguari, estado de Minas Gerais. Na referida cidade o abastecimento público é feito por captação de água subterrânea. Este sistema conta com 96 poços, em operação, que em conjunto produzem uma vazão aproximada de 1900 m³ de água/hora, média de 19,5 m³ de água/hora/poço. O Sistema Aqüífero apresenta os seguintes valores de parâmetros dimensionais: espessura saturada de 33 metros, espessura da zona vadosa variando de 7 a 36 metros, porosidade efetiva média de 15%, condutividade hidráulica variando de 5×10^{-6} a $1,6 \times 10^{-4}$ m/s, com média de $3,1 \times 10^{-5}$ m/s, transmissividade média de $9,6 \times 10^{-4}$ m²/s, vazões médias de 19,5 m³/h e capacidade específica média de 1,3 m³/h/m. A disparidade entre os valores dos parâmetros levantados é reflexo das más condições de construção dos poços.

Palavras-chave: Grupo Bauru, parâmetros hidrogeológicos, aqüífero intergranular.

INTRODUÇÃO A potencialidade de um aqüífero no que tange à sua reserva explotável e sua vazão de segurança está relacionada aos seus parâmetros hidrogeológicos, onde os mais importantes são representados pela porosidade total, porosidade efetiva, espessura saturada, condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento e capacidade específica. Essas grandezas descrevem as feições físicas e hidrodinâmicas dos aqüíferos, mas também são muito importantes para a sua adequada gestão, uma vez que são utilizados para as estimativas das taxas anuais de recarga (reservas renováveis), condições gerais de circulação subterrânea e vulnerabilidade do sistema à contaminação.

Em aqüíferos não confinados e isotrópicos, os valores da transmissividade e da condutividade hidráulica são obtidos a partir de informações de ensaios de bombeamento. De acordo com Rebouças *et al.*, (1999), para poços em que as informações de ensaios de bombeamento não são disponíveis, a determinação dos valores de transmissividade pode ser realizada através da análise dos valores de capacidade específica. Como a transmissividade é um valor diretamente proporcional à condutividade hidráulica, essa pode ser obtida diretamente.

O município de Araguari está localizado na região do Triângulo Mineiro, a 600 km de Belo Horizonte, 380 km de Brasília e 610 km de São Paulo. O município possui uma área total de 2.732 km², IBGE (1996), dos quais 54 km² são ocupados pelo perímetro urbano, estando localizado entre as coordenadas geográficas de referência de 18° 38' S e 18° 44' S, e 48° 11' W e 47° 15' W (figura 1).

O abastecimento de água da população da cidade de Araguari (cerca de 100 mil habitantes) é feito exclusivamente por água subterrânea. O sistema de abastecimento é composto por 120 poços, 96 dos quais estão em operação, 21 inoperantes e 3 recém-perfurados ainda não foram incorporados ao sistema. Os 96 poços em funcionamento produzem uma vazão aproximada de 1.874 m³/hora. Todos os poços pertencentes ao sistema público de abastecimento de água de Araguari exploram água do Sistema Aqüífero Bauru.

O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros hidrogeológicos de transmissividade, condutividade hidráulica e capacidade específica do Sistema Aqüífero Bauru na região de Araguari/MG e analisar de forma comparativa os valores obtidos com aqueles levantados nos estudos hidrogeológicos de caracterização do Sistema Aqüífero Bauru no estado de São Paulo, desenvolvidos pelo DAAE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (1979). Os resultados serão utilizados para definir as diretrizes para gestão do sistema aqüífero da região.

Os parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aqüífero Bauru na região de Araguari/MG foram determinados por meio de ensaios de bombeamentos de poços tubulares profundos. A técnica de ensaio de bombeamento consiste em acompanhar por meio de medidas sequenciais a vazão e o rebaixamento do nível da água no interior de um poço, num determinado tempo. Neste trabalho optou-se pelo ensaio de bombeamento de 24 horas, com vazão constante em alguns poços e vazão escalonada em outros de forma a

1 - Rua Patrulheiro Osmar Tavares, 355 – Bairro Santa Mônica, Uberlândia – MG, CEP 38408-294. luiz_ao@msn.com. Instituto de Geociências – Universidade de Brasília – DF, CEP 70910-970. eloi@unb.br

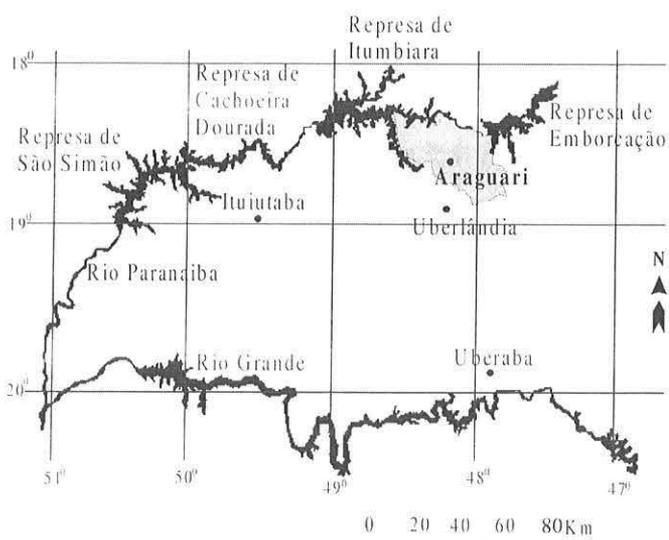


Figura 1 – Mapa de situação do Triângulo Mineiro com destaque para a localização do município de Araguari em Minas Gerais.

comparar as metodologias de tratamentos dos dados.

Os ensaios de bombeamento foram desenvolvidos em 17 poços, localizados em diversos pontos da área urbana de Araguari. Na tabela 1 estão descritos os locais de realização dos ensaios de bombeamento.

As medidas do nível de água foram obtidas usando-se medidor elétrico. Para determinação da vazão foi utilizado um tambor plástico de 200 litros de capacidade e um mangote plástico de 3 polegadas de diâmetro por 6 metros de comprimento conectado ao tubo ejetor do poço.

Os dados dos poços foram tratados em planilha eletrônica e no software *Aquífer Test for windows 2.5* da Waterloo hydrogeologic Inc, utilizando o método de Newman para aquíferos não confinados. Posteriormente os dados foram submetidos a uma análise objetivando relacionar os valores de condutividade hidráulica, transmissividade, vazão e capacidade específica.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO

Os aquíferos estudados correspondem aos reservatórios subterâneos vinculados ao Grupo Araxá, Formação Serra Geral e Grupo Bauru. De acordo com Oliveira (2002), os aquíferos foram divididos conforme critérios geológicos e hidrodinâmicos em dois domínios: aquíferos fraturados, formados pelos xistos do Grupo Araxá e pelos basaltos da Formação Serra Geral; e aquífero poroso, formado pelo conjunto latossolo, arenito friável e conglomerado do Membro Araguari, conjunto que representa a Formação Marília do Grupo Bauru e suas coberturas de regolitos (Fig. 2).

O aquífero poroso é aqui denominado de Sistema Aquífero Bauru. O Grupo Bauru em toda a extensão do município comporta-se como aquífero livre, com extensão lateral limitada pelos vales mais encaixados dos rios Araguari, Paranaíba e seus principais afluentes.

Em função de diferenças litológicas, de porosidade e de dinâmica da água em subsuperfície, o aquífero poroso foi dividido em dois subsistemas: Aquífero Bauru Superior e Inferior (Oliveira 2002).

O Subsistema Bauru Superior é formado pelos solos profundos e pelas couças lateríticas degradadas que em conjunto são

Tabela 1 – Locais de realização dos ensaios de bombeamento de poços.

Nº Poço	UTM	Altitude	Localização
P03	0796806/7935281	935	Av Minas Gerais (1515, Agroara)
P08	0796162/7934026	942	Contingente
P11	0796921/7934795	941	Praça Padre Elói (Jd Regina)
P24	0796154/7938562	950	R Walter Santiago, 920 (Panorama)
P05	0796136/7939433	946	Av Minas Gerais (2619)
P45	0797826/7936491	941	Creche Marieta de Castro
P47	0795115/7935358	946	UNIT
P49	0794132/7938039	952	S. Sebastião (R. Palmeiras - Cerâmica)
P48	0794111/7937368	952	S. Sebastião (R. Palmeiras P. Bateria)
P50	0794170/7938872	950	Bairro Vieno
P51	0798628/7933184	937	Distrito Industrial
PC05	0794463/7935525	946	Bateria de Chancia
PB05	0795912/7933817	942	Bateria de São Benedito
PK01	0793855/7935946	946	Bateria Cachoeirinha
PK02	0793876/7936999	946	Bateria Cachoeirinha
PK03	0793807/7936018	946	Bateria Cachoeirinha
PK04	0793791/7935959	946	Bateria Cachoeirinha

classificados com latossolos. O Subsistema Bauru Inferior engloba os arenitos e conglomerados do Membro Araguari e corresponde à porção basal do aquífero. O Sistema Aquífero Bauru é o de maior potencial em fornecimento de água, concentrando mais de 90% dos poços responsáveis pelo abastecimento de água na região. No perímetro urbano de Araguari a totalidade dos poços que exploram água para o abastecimento público da população está locada neste domínio.

Os aquíferos fraturados englobam os basaltos da Formação Serra Geral, compondo o Sistema Aquífero Serra Geral (F1) e os xistos do Grupo Araxá, compondo o Sistema Aquífero Araxá (F2). A disponibilidade de água nos aquíferos fraturados depende de aspectos estruturais relacionados à densidade da porosidade secundária planar, da orientação e interligação dessas estruturas, representadas principalmente por estruturas abertas como falhas, fraturas e zonas cataclásticas.

Quanto à ocorrência e à disponibilidade de água, o aquífero fraturado é anisotrópico, heterogêneo e apresenta baixo potencial para abastecimento público, sendo que seu uso deve ficar restrito ao abastecimento de propriedades rurais e pequenas comunidades.

Com relação à capacidade de reservação e de fornecimento de água subterrânea o aquífero fraturado Serra Geral possui maior potencialidade que o Sistema Aquífero Araxá. Os poços perfurados nos xistos do Grupo Araxá apresentam vazões de 0 a 5.000 l/h, enquanto os poços perfurados no basalto da Formação Serra Geral apresentam vazões de 0 a 50.000 l/h.

O sucesso da locação de poços nos sistemas aquíferos fraturados depende de levantamento geofísico prévio e de análises de lineamentos pela interpretação de imagens de satélite e de fotografias aéreas.

A rede de drenagem que corta a área de domínio dos aquíferos fraturados tem a maioria de suas nascentes localizadas no aquífero poroso, acima da cota 880 m, ou no contato do aquífero poroso com os basaltos. As nascentes dentro do domínio fraturado são pouco expressivas e, em geral, apresentam baixas vazões. Casos de intermitência de fluxos ocorrem em drenagens que são alimentadas por águas do Sistema Aquífero Araxá.

A concentração dos poços no Sistema Aquífero Bauru possi-



Figura 2 - Perfil lito-hidrogeológico da região de Araguari/MG.

bilitou um estudo mais detalhado deste aquífero. As informações dos aquíferos fraturados referem-se somente a descrição geológica pontual dos aquíferos, bem como de informações qualitativas de poucos poços.

Sistema Aquífero Araxá Os xistos, gnaisses e quartzitos micáceos do Grupo Araxá compreendem o embasamento da sucessão fanerozoica na área de estudos. Do ponto de vista hidrogeológico, são menos eficientes que os basaltos, no que tange ao armazenamento e fornecimento de água. A baixa densidade de fraturamento e a foliação em baixo ângulo dificultam a recarga, resultando no baixo potencial hidrogeológico.

O aquífero não é muito explorado na região, e os poços perfurados apresentam baixas vazões, entre zero e 5 m³/h, similares às observadas nas regiões de Goiânia e do Distrito Federal, (Campos & Freitas Silva 1998).

Um poço com 150 m de profundidade localizado na escola municipal do Barracão (zona rural de Araguari) apresentou vazão de 2,5 m³/h, transmissividade de $4,3 \times 10^{-1}$ m²/min e condutividade hidráulica de $5,2 \times 10^{-7}$ m/min. Os dados deste poço foram obtidos a partir de ensaio de bombeamento de 24 horas de duração.

Sistema Aquífero Serra Geral As exposições de basaltos são pontuais e em geral, limitam-se às escarpas e bordas de chapada, razão pela qual, a recarga principal do aquífero Serra Geral se dá pela água infiltrada a partir do aquífero poroso.

Os basaltos por suas características litológicas e reológicas distinguem-se hidrogeologicamente das rochas de embasamento. As estruturas presentes nos topos de derrames como vesículas, amígdalas e superfícies entre derrames, quando interconectadas por fraturamentos podem armazenar grande quantidade de água. Além das estruturas tectônicas pós-derrames, há também o fraturamento térmico responsável por grande interconexão dos planos de diáclases e juntas.

Um poço existente, perfurado sobre lineamento estrutural utilizado para abastecimento da população do Distrito de Piracaíba – município de Araguari / MG, locado com o auxílio de análise de fotografia aérea, apresenta vazão de 50 m³/h, transmissividade de $1,4 \times 10^{-1}$ m²/min, e condutividade hidráulica de $1,5 \times 10^{-3}$ m/min.

Por outro lado, dois poços existentes, situados em fazendas na localidade rural de Capim Branco, com profundidades de 200 e 80 m, apresentaram vazões inferiores a 200 l/h.

Sistema Aquífero Bauru O Sistema Aquífero Bauru compreende os depósitos não confinados de água subterrânea, associados a rochas da Formação Marília – Grupo Bauru e suas coberturas. Os sedimentos estão sobrepostos aos basaltos da Formação Serra Geral, acima da cota de 880 metros, e recobrem toda a área de chapada.

Apesar do caráter intergranular da porosidade, o Sistema Aquífero Bauru é heterogêneo. As fácies que o compõem são distintas quanto à granulometria, porosidade, condutividade hidráulica e litotipo, e levaram à divisão do Sistema Aquífero Bauru em dois subsistemas: Aquífero Bauru Superior e Inferior.

O Aquífero Bauru Superior engloba os latossolos que formam espessas coberturas pedogenéticas desenvolvidas *in situ*. Os latossolos alcançam espessura máxima de 45 m e estendem-se acima da cota de 915 m, compondo a porção superior deste subsistema. Na base dos latossolos pode ocorrer uma camada de couraça laterítica, em diferentes graus de degradação (pode conter concreções feruginosas).

Segundo a classificação pedológica (EMBRAPA 1999) os solos da região são classificados como latossolo vermelho distrófico e latossolo vermelho-amarelo distrófico.

Os solos apresentam variação granulométrica ao longo do perfil vertical. Em superfície e nas porções rasas, a maior atividade orgânica e estruturação resultam em uma textura média e condutividade hidráulica entre 10^{-4} e 10^{-6} m/s, coeficientes superiores àqueles medidos em profundidade. Abaixo do horizonte superficial e até a 15 m de profundidade, há incremento no teor de argila no solo, resultando na diminuição dos valores de condutividade hidráulica, que ficam na ordem de 10^{-6} e 10^{-7} m/s. Abaixo de 15 m de profundidade prevalecem os solos areno-siltosos, dominados por areia fina, textura média e condutividade hidráulica em torno de 10^{-6} m/s. A porosidade efetiva média nos latossolos foi de 12%. Devido às suas condições de porosidade e de condutividade hidráulica, os latossolos assumem importante papel na recarga dos aquíferos poroso e fraturado.

A camada rica em concreções caracteriza-se por material cascalhento em meio a matriz areno-argilosa, apesar de apresentarem condutividade hidráulica baixa, na ordem de 10^{-7} m/s, a porosidade efetiva média medida foi de 13,5%.

O Aquífero Bauru Inferior é formado pelos sedimentos do Membro Araguari. As fácies arenítica e conglomerática do Membro Araguari estão assentadas discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral e compõem a base do Sistema Aquífero Bauru. Em função da paleogeografia irregular do topo do basalto, a espessura da camada deste subsistema é variável, podendo chegar a 20 m. A camada está entre as cotas de 880 e 900 m.

A fácies arenítica tem sua ocorrência localizada na região. Em geral, os arenitos encontram-se dispostos em blocos maciços de rocha cimentada por sílica e lateralmente passam para fácies intemperizadas e friáveis.

A fácies conglomerática é mal selecionada com seixos de diâmetros variando entre 2 a 350 mm de eixo maior, é clasto-suportada e apresenta matriz arenosa a areno-argilosa. Mais de 90% dos seixos são compostos por quartzito com grau de arredondamento variável, friável ou litificado (silicificado), com características de retrabalhamento fluvial.

A camada de conglomerado é encontrada em toda a área de extensão do Sistema Aquífero Bauru. Apesar da variação na espessura, o topo da camada é homogêneo, e comporta-se como uma superfície plana.

Exceto nas áreas marginais das chapadas, onde há adelgaçamento da camada por erosão, a fácies conglomerática encontra-se saturada de água, sendo que a porção não saturada do sistema ocorre sempre em materiais arenosos.

O Aquífero Bauru Inferior é o principal aquífero da região. A maioria das nascentes que alimentam as drenagens superficiais localiza-se na discordância entre os conglomerados e os basaltos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES Os resultados obtidos a partir dos ensaios de bombeamento dos poços representam valores médios, visto que a água bombeada tem contribuição de toda a espessura saturada do aquífero. Estes valores podem ainda sofrer interferências das condições construtivas do poço: posição dos filtros, granulometria do pré-filtro, diâmetro do revestimento, dentre outros.

Os valores de condutividade hidráulica, transmissividade, capacidade específica e vazão, levantados nos ensaios de bombeamento, estão sintetizados na Tabela 2.

Em 56% dos poços prevaleceram os valores de condutividade hidráulica (K) da ordem de 10^{-5} m/s, medidos nos poços das baterias Cachoeirinha (PK01, 02, 03 e 04) Chamcia (PC05), São Sebastião (P48 e P49), e nos poços isolados do Jardim Regina (P11), Panorama (P24) e Vieno (P50). Os valores mais baixos de condutividade hidráulica da ordem de 10^{-6} m/s, foram determinados em 33% dos poços: poço PB5 da bateria de poços São Benedito, poço da Creche Marieta de Castro (P45), Industrial (P51) e ambos os poços da Av. Minas Gerais (P03 e P05). Apenas dois poços, UNIT (P47) e Contingente (P08) apresentaram condutividade hidráulica na faixa de 10^{-4} m/s.

A transmissividade (T) média medida nos poços foi de $9,1 \times 10^{-4}$ m²/s. Em 78% dos poços os valores de transmissividade ficaram na faixa de 10^{-4} m²/s, correspondendo aos poços PB05 da bateria de poços São Benedito, Cachoeirinha (PK 01, 02, 03 e 04), São Sebastião (P48 e 49) e Chamcia (PC05), e aos poços isolados localizados na Av. Minas Gerais (P03 e 05), creche Marieta de Castro (P45), Industrial (P51), Vieno (P50) e Jardim Regina (P11).

Os maiores valores de transmissividade, na ordem de grandeza de 10^{-3} m²/s, ocorreram nos poços da UNIT (P47), Contingente (P08) e Panorama (P24).

A capacidade específica (Cs) média dos poços foi de $1,3$ m³/h/m. Valores de capacidade específica superiores a 2 foram determinados nos poços do Vieno (P50), Contingente (P08) e Cachoeirinha (PK01). Os valores mais baixos de capacidade específica, da ordem de 10^{-1} m³/h/m, foram levantados nos poços UNIT (P47), Av. Minas Gerais (P03 e P05), Industrial (P51), Panorama (P24), São Benedito (PB05), Jardim Regina (P11). A variação dos valores de capacidade específica é diretamente relacionada à espessura da fácies conglomerática interceptada pelo poço.

A vazão (Q) média medida foi de $2,7 \times 10^4$ m³/h. O poço do bairro Vieno (P50) apresentou a maior vazão, com 80 m³/h, enquanto que o poço da Av. Minas Gerais (P05) foi o de menor vazão, com $9,5$ m³/h. A análise dos valores demonstra que as maiores vazões estão relacionadas aos poços localizados em latossolo vermelho-amarelo na região que abrange os bairros São Sebastião e Vieno. Esta classe de latossolo por apresentar textura arenosa e maior condutividade hidráulica favorecem as condições de recarga e circulação, o que resulta na maior vazão média dos poços construídos sobre sua área de ocorrência.

Objetivando estabelecer uma relação entre os poços estudados, os valores referentes à condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento, capacidade específica e vazão foram plotados em gráfico de linhas, o que permite fazer uma analogia direta dos resultados (Fig. 3).

Por serem parâmetros diretamente proporcionais, definidos pela equação $T = K \times b$, justifica-se a relação entre os valores de K e T (figura 3). O comportamento das linhas do gráfico demonstra relação entre os valores de Cs e Q nos poços Panorama (P24), Cachoeirinha (PK 01, 02, 03 e 04), Vieno (P50), Industrial (P51) e São Benedito (PB05).

Relacionando os valores de cada parâmetro com os diversos pontos de realização dos ensaios de bombeamento, observa-se que o intervalo de variação de T, K e Q é grande, entretanto, fica

Tabela 2 - Síntese dos resultados de K, T, Cs e Q obtidos nos ensaios de bombeamento em poços localizados no Sistema Aquífero Bauru, perímetro urbano de Araguari/MG.

Local	K (m/s)	T (m ² /s)	Cs (m ³ /h/m)	Q (m ³ /h)
Av. Minas Gerais P05	$5,0 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-1}$	0,609	$9,47 \times 10^3$
Av. Minas Gerais P03	$6,8 \times 10^{-6}$	$3,0 \times 10^{-1}$	0,673	$1,36 \times 10^4$
Vieno P50	$1,0 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-1}$	2,64	8×10^4
UNIT P47	$1,0 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-3}$	0,465	$1,00 \times 10^4$
Cachoeirinha PK1	$1,3 \times 10^{-5}$	$5,3 \times 10^{-1}$	2,143	$3,0 \times 10^4$
Cachoeirinha PK2	$1,6 \times 10^{-5}$	$5,4 \times 10^{-1}$	1,513	$2,80 \times 10^4$
Cachoeirinha PK3	$1,2 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-1}$	1,333	$2,40 \times 10^4$
Cachoeirinha PK4	$1,4 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-1}$	1,67	$3,00 \times 10^4$
Contingente P08	$1,6 \times 10^{-4}$	$3,1 \times 10^{-3}$	2,407	$1,42 \times 10^4$
Industrial P51	$8,9 \times 10^{-6}$	$3,9 \times 10^{-1}$	0,689	$2,48 \times 10^4$
Panorama P24	$8,9 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-3}$	0,717	$1,62 \times 10^4$
Jardim Regina P11	$1,2 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-1}$	0,991	$2,30 \times 10^4$
São Benedito PB05	$5,9 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-1}$	0,808	$9,72 \times 10^3$
São Sebastião.P48	$1,5 \times 10^{-5}$	$6,2 \times 10^{-1}$	1,041	$3,80 \times 10^4$
São Sebastião.P49	$1,8 \times 10^{-5}$	$9,5 \times 10^{-1}$	1,348	$6,00 \times 10^4$
Creche M. de Castro P45	$9,0 \times 10^{-6}$	$3,2 \times 10^{-1}$	0,898	$2,30 \times 10^4$
Chamcia PC05	$1,1 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-1}$	1,309	$2,50 \times 10^4$
TOTAL	$5,27 \times 10^{-4}$	$1,64 \times 10^{-2}$	22,1	$4,59 \times 10^5$
MÉDIA	$3,10 \times 10^{-5}$	$9,64 \times 10^{-1}$	1,30	$2,70 \times 10^4$
MEDIANA	$1,28 \times 10^{-5}$	$4,97 \times 10^{-1}$	1,31	$2,40 \times 10^4$
MÍNIMO	$5,03 \times 10^{-6}$	$1,61 \times 10^{-1}$	$6,09 \times 10^{-1}$	$9,47 \times 10^3$

clara a predominância de valores mais altos de T, K nos poços UNIT (P47), Panorama (P24) e Contingente (P08). Ao contrário do que ocorre com os valores de K e T, há um equilíbrio dos valores de Cs dos poços, representados na figura 3 por uma reta horizontal.

De posse dos parâmetros hidrodinâmicos e dimensionais do Sistema Aquífero Bauru na região de Araguari, foram estimadas as reservas hídricas na área urbana. Para as estimativas foi considerada uma área circular eliminando-se apenas as faixas de afloramento dos basaltos o que resultou em 45,6 km² (Fig. 4). A escolha da área foi baseada na poligonal regular que inclui a maior parte da área onde há bombeamento. A porção da área que ocupa zonas não urbanas, deve ser considerada uma vez que os cones de depressão se desenvolvem para fora do limite da cidade e, na prática, há um volume de água disponível nas adjacências da área de exploração.

Os volumes estabelecidos são de 1,7 x 10⁶ m³/ano; 2,4 x 10⁸ m³ e 4,1 x 10⁶ m³/ano, respectivamente para as reservas renováveis, permanentes e explotáveis. Para efeito do cálculo das reservas explotáveis foi considerado o volume de água referente à reserva renovável mais 10% da reserva permanente, o que é compatível com um sistema não confinado, com excelentes condições de recarga e circulação. A retirada de 10% da reserva permanente não compromete o aquífero pois o gradiente gerado pelo rebaixamento regional cria condições para uma recarga adicional.

Considerando que a população de 100 mil habitantes atendida pelo sistema público de abastecimento utilize um volume *per capita* similar à média nacional (250 litros por habitante dia para pessoas de condições socioeconômicas similares as de Araguari), conclui-se que os poços exploram o dobro do volume necessário para seu atendimento, onerando os custos com energia elétrica e consumo de bombas. O excedente é perdido por vazamentos na rede adutora de distribuição.

O abastecimento eficiente atual e futuro da cidade de Araguari requer uma gestão adequada do sistema aquífero e deverá incluir uma série de práticas e iniciativas para garantir a possibilidade de

crescimento da população atendida e do eventual aumento da demanda para a economia local. Dentre as principais práticas destacam-se:

- construção adequada dos sistemas de captação, segundo as normas técnicas, para minimizar os riscos de contaminação e maximizar a produção de cada poço individualmente. A definição dos perímetros de proteção dos poços também é fundamental;

- aumento da capacidade dos reservatórios em superfície, para evitar os frequentes problemas de desabastecimento e rompimento de adutoras pela sobre-pressão na rede;

- efetivar a prática da cobrança pelo volume efetivamente consumido, para dar conotação econômica a água e evitar os desperdícios comumente observados na região. A prática da cobrança deve incidir desde o DEMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) até os consumidores domésticos e industriais;

- coleta e tratamento dos efluentes, evitando a disposição das águas servidas *in situ*, o que é incompatível em uma área onde o abastecimento é baseado em mananciais subterrâneos, especialmente sobre aquíferos não confinados;

- desenvolvimento de práticas de recarga artificial dos aquíferos, para compensar a diminuição da infiltração natural pela impermeabilização em função da urbanização. As condições físicas (relevo, tipos de solos, espessura da zona vadosa) na região de Araguari favorecem a aplicação da metodologia desenvolvida no Distrito Federal (Cadamuro *et al.* 2002) e

- desenvolvimento de um programa de monitoramento para avaliação contínua do comportamento dos níveis d'água. Sugere-se que sistemas de automação sejam instalados em poços estrategicamente distribuídos para monitorar o sistema como um todo.

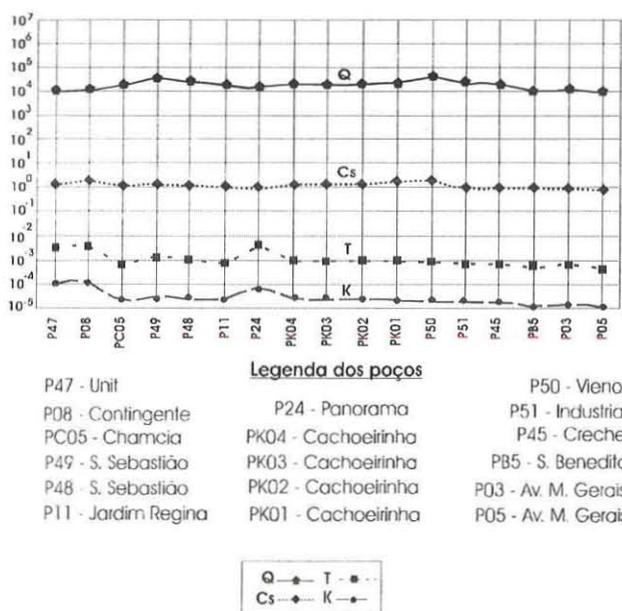


Figura 3 - Gráfico comparativo dos valores K (m/s), T (m²/s), Cs (m³/h/m) e Q (m³/h) para o Sistema Aquífero Bauru na região de Araguari MG.

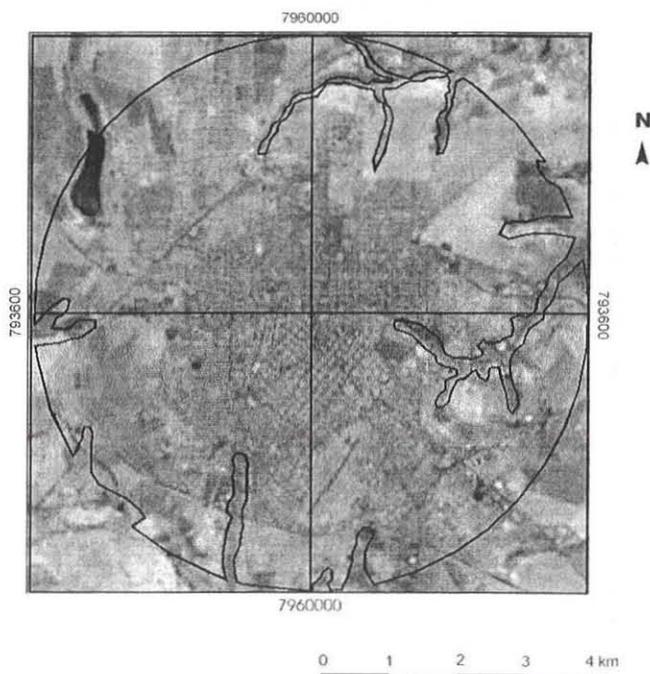


Figura 4 - Limite da área utilizada para os cálculos das reservas hídricas do Sistema Aquífero Bauru na região de Araguari. Notar que a área dos vales das drenagens que fluem sobre basaltos foi eliminada.

CONCLUSÕES Dos três sistemas aquíferos presentes na região de Araguari, apenas o Sistema Bauru apresenta potencial para abastecimento público da cidade. Os sistemas fraturados Serra Geral e Araxá tem potencial limitado e devem ser utilizados para suprir demandas isoladas e mais restritas (abastecimento de pequenas comunidades, clubes, pequenas indústrias, etc).

Em se tratando de aquífero poroso (relativamente isotrópico e homogêneo), uma maior correlação entre os valores levantados dos parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aquífero Bauru era esperada. A disparidade dos resultados evidencia falhas nos aspectos técnico-construtivos dos poços, como mau dimensionamento da granulometria do pré-filtro, abertura inadequada dos filtros, coluna insuficiente de filtros, bombas mal dimensionadas, diâmetro insuficiente do espaço anelar para posicionamento do pré-filtro, dentre outros.

A avaliação da potencialidade aquífera do Sistema Aquífero Bauru, utilizando-se a distribuição espacial dos parâmetros hidrogeológicos, somente foi possível pela análise dos valores de vazão e de capacidade específica.

Os valores superiores dos parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aquífero Bauru na região de Araguari/MG, quando comparados aos valores levantados por Azevedo *et al* (1999) no Sistema Aquífero Bauru no estado de São Paulo (Tabela 3), demonstram maior potencialidade do aquífero na região de Araguari. Este fato é decorrente do grande volume de conglomerados clasto-suportados presente na região de Araguari

e ausente nas demais áreas de ocorrência do Grupo Bauru.

Em virtude de vazamentos na rede adutora atualmente o sistema de poços explora o dobro da vazão necessária. Como a vazão excedente retorna ao sistema aquífero na forma de recarga artificial, o maior impacto desse fato é o consumo desnecessário em energia elétrica e em manutenção de bombas, por outro lado, também há risco efetivo de contaminação das águas na rede de distribuição.

Agradecimentos Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Tabela 3 – Comparação entre os valores dos parâmetros hidrogeológicos do Sistema Aquífero Bauru na região de Araguari/MG e os levantados no estado de São Paulo.

ESTADO DE SÃO PAULO			
Parâmetro	Qs m ³ /h/m	Q m ³ /h	T m ² /d
Média	0,80	18,4	42,6
Mediana	0,38	12,3	16,1
Mínima	0,004	0,2	1,1
Máximo	8,93	150	437
REGIÃO DE ARAGUARI/MG			
Média	1,30	27	83,28
Mediana	1,31	24	42,94
Mínima	0,609	9,5	13,91
Máximo	2,65	80	302

Referências

- Azevedo A.A.B., Iritani M.A., Oda G.H., Kakazu M.C., Campos J.E., Ferreira L.M.R., Silveira E.L. 1999. Zoneamento das características hidrodinâmicas (transmissividade e capacidade específica) do Sistema Aquífero Bauru no estado de São Paulo – Brasil. In: I Joint World Congress on Groundwater. ABAS, Fortaleza. CD ROM.
- Cadamuro A.L.M. 2002. *Proposta, avaliação e aplicabilidade de técnicas de recarga artificial em aquíferos fraturados para condomínios residenciais do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 126p.
- Campos J.E.G. & Freitas-Silva F.H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB 1998. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. IEMA/SEMATEC/UnB. Brasília. Vol. 4, 234p.
- DAAE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1979. Estudo de águas subterrâneas, Regiões Administrativas 10 e 11, Presidente Prudente e Marília, São Paulo. 3 Vol.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 412 pp.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1996. Anuário estatístico. Rio de Janeiro.
- Oliveira L.A. 2002. *O Sistema Aquífero Bauru na Região de Araguari/MG: propostas de gestão e parâmetros dimensionais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 120 p.
- Rebouças A.C., Iritani M.A., Hassuda S., Souza J.C.S. 1999. Avaliação dos valores de transmissividade do aquífero sedimentar no município de Caçapava (SP), com base na capacidade específica obtida em testes de bombeamento. In: I Joint World Congress on Groundwater. ABAS, Fortaleza. CD ROM.

Manuscrito A-1401

Recebido em 07 de janeiro de 2003

Revisão dos autores em 05 de março de 2004

Revisão aceita em 15 de março de 2004