

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO AQUÍFERO DE SÃO SEBASTIÃO

Caio Tadao Joko¹; Roberto Márcio Macedo dos Santos²; José Eloi Guimarães Campos³

Resumo - Este artigo objetiva contribuir com uma breve caracterização do Sistema de Abastecimento da cidade de São Sebastião, no Distrito Federal, Brasil. São apresentados alguns aspectos da geologia e hidrogeologia da região, incluindo a caracterização hidroquímica do local. As condições geológicas presentes na cidade de São Sebastião, com uma população de cerca de 60.000 habitantes, levaram a CAESB, Companhia de Saneamento do Distrito Federal, a optar pela implantação de um sistema de abastecimento baseado exclusivamente na captação por poços tubulares profundos. A área urbana de São Sebastião está inserida em um gráben, onde predominam os filitos de composição mineralógica variada associados a lentes mármores e, ocasionalmente, quartzitos. Tais condições geológicas permitiram a implantação de um sistema de abastecimento constituído de 20 poços tubulares profundos com vazões médias dos poços de cerca de 40 m³/h, sendo o maior deles com 186 m³/h. De acordo com a classificação química triangular de Piper, as águas subterrâneas do local se enquadram no tipo bicarbonatada cálcica. A caracterização hidrogeológica do aquífero, aliada a um sistema automatizado de monitoramento, em fase de implantação, fornecerão as bases para uma gestão sustentada do aquífero.

Abstract – This paper concern to the hydrogeology of the São Sebastião City, situated in the Federal District of Brazil. Phyllites and lenses of marbles and quartzites represent the local geology. This geologic setting allow the development of a productive fractured/kastic aquifer that locally shows anomalous conditions when compared with the other areas of the Federal District. The mean water well discharge is about 40 m³/h and discharges up to 186 m³/h can be found. Because of this favorable environment, the Water Company developed a project of water supply by groundwater, where a battery of 20 wells is responsible for all the public demand of water. In the Piper diagram the chemical composition of the groundwater is classified as calcium bicarbonated. The hydrogeologic characterization and the automation of the monitoring system will be important to define the sustainability of the aquifers.

Palavras-chave - Distrito Federal; aquífero fissuro-cárstico.

¹ M.Sc., Pesquisador da Universidade de Brasília. SQN 206 Bloco A Apto 406 Brasília DF. e-mail: caio@unb.br

² M.Sc., Geólogo da CAESB, Companhia de Saneamento do Distrito Federal, SCS Qd.4 Ed. Caesb, 2º andar, Brasília, DF, CEP 70300-904, Tel: (61)325-7141, FAX: (61)325-7363, e-mail: robertosantos@caesb.df.gov.br

³ Professor Adjunto da Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Asa Norte Brasília DF. CEP 70919-970, Tel: (61)3072830, e-mail: eloi@unb.br

INTRODUÇÃO

O Distrito Federal (DF) possui aquíferos fissurais com baixas vazões, na sua maioria utilizados para o abastecimento de locais com baixa densidade populacional. Porém na cidade de São Sebastião (DF) os aquíferos possuem características distintas, com vazões acima da média observada na região, o que levou à decisão por parte da CAESB, concessionária de abastecimento do Distrito Federal, a optar pela captação de água subterrânea como fonte de abastecimento de toda a cidade. Porém o crescimento populacional acima da média da região centro-oeste, e conseqüente aumento na demanda de água, fazem com que a caracterização hidrogeológica do aquífero seja de elevada importância para a gestão adequada da sua exploração, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

A área pesquisada situa-se na porção centro-sul do Distrito Federal, a sudeste de Brasília. O acesso por via rodoviária pode ser feito, a partir de Brasília, através da DF-001 (EPCT) e posteriormente seguindo a DF-135, sentido Unai (Figura 1). Localiza-se na bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu e tem como principais drenagens o Ribeirão Taboca, localizado ao norte da área, e o Ribeirão Santo Antônio da Papuda, ao sul da área.

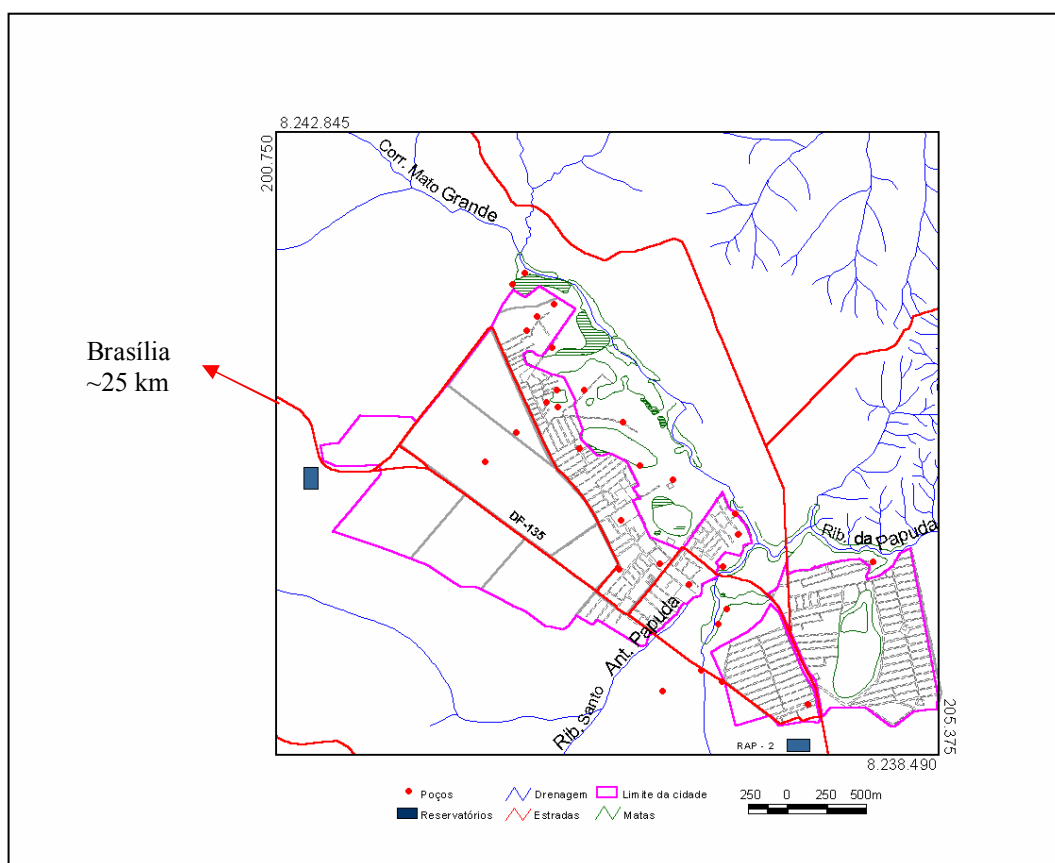


Figura 1 - Mapa da cidade de São Sebastião

GEOLOGIA / HIDROGEOLOGIA

A hidrogeologia do local está associada diretamente com as características fisiográficas da região, principalmente com a pedologia, geologia e geomorfologia, que condicionam os fluxos e características hidrodinâmicas.

Geologia

O Distrito Federal está localizado na Província Tocantins, mais precisamente na porção central da Faixa de Dobramentos Brasília, na área de transição entre as zonas interna e externa da Faixa Brasília. De um modo geral, o arcabouço geotectônico da faixa pode ser explicado pela compressão tectônica gerada por um único evento orogenético neoproterozóico (Ciclo Brasileiro, 950-450 Ma, Fuck *et al.*, 1993). Os reflexos do tectonismo regional atuaram no metamorfismo e na configuração atual das relações estratigráficas das rochas da região.

Os litotipos no Distrito Federal são rochas metassedimentares meso/neoproterozóicas, representadas pelos Grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. A área em questão está inserida nos grupos Paranoá, unidades **R₃**, **Q₃**, e **R₄** (Faria, 1995) e Canastra, Formação Serra do Landin (Freitas-Silva & Campos, 1998). O contato entre esses grupos é tectônico, no qual o Grupo Canastra cavalga o Grupo Paranoá.

A unidade **R₃** do Grupo Paranoá caracteriza-se na região por metarritmitos arenosos, com camadas métricas e decamétricas de quartzitos intercalados com metapelitos. A unidade **Q₃** é composta essencialmente por quartzitos puros. A unidade **R₄** é composta por metarritmitos argilosos, com finas camadas de quartzitos intercaladas com metapelitos.

No Grupo Canastra, as rochas predominantes na região são os filitos de variados tipos (calcifilitos, fengita filitos, clorita filitos, quartzo-fengita-clorita filitos e filitos carbonosos) com foliações penetrativas de altos ângulos de mergulho. Ocorrem também lentes de quartzitos e de mármore que podem alcançar centenas de metros de extensão lateral e dezenas de metros de espessuras.

A região está inserida no Gráben de São Sebastião, onde os Córregos Mato Grande, Borá Manso e o Ribeirão Santo Antônio da Papuda, delimitam as bordas falhadas da estrutura. Esta feição neotectônica preserva os mármore da ação intempérica e os colocam em contato brusco com os filitos. Nesta região os afloramentos estão parcialmente mascarados por uma espessa capa de regolito, principalmente sobre a região onde os mármore são predominantes.

As características litológicas são importantes condicionantes da hidrogeologia da região, pois seus aquíferos fissuro-cársticos são relacionados ao comportamento reológico das rochas, no qual os tipos petrográficos mais quartzosos rúpteis, produzem melhores aberturas, enquanto os filitos, eminentemente dúcteis, apresentam pequenas aberturas. Destacam-se aí os mármore, nos quais o

processo de deformação com geração de fraturas foi seguido de uma fase de dissolução ao longo das juntas e fraturas, incrementando as aberturas existentes.

Hidrogeologia

O Distrito Federal, possui dois domínios aquíferos principais: os sistemas porosos e os sistemas fraturados. Os sistemas porosos estão relacionados diretamente com os regolitos, principalmente às coberturas de latossolos. Os sistemas fraturados estão associados diretamente com os grupos litológicos em que os aquíferos se encontram.

Na região de São Sebastião os principais sistemas porosos existentes são os Sistemas **P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄** (Campos & Freitas-Silva, 1998), diferenciados de acordo com os tipos pedológicos, permeabilidades e espessuras saturadas (Tabela 1). Estes sistemas são importantes para a recarga dos aquíferos, principalmente os sistemas **P₁** e **P₂**, existentes em regiões de topo de chapadas planas, à oeste de São Sebastião, com permeabilidades e características favoráveis para a infiltração. Na cidade de São Sebastião dominam os Sistemas **P₂** e **P₃**, com regiões suave onduladas e solos argilosos.

Tabela 1 - Classificação genérica dos sistemas para a região de São Sebastião (modificado de Souza, 2001).

Sistema	Classes Predominantes	Espessura Média (m)	Condutividade hidráulica (m/s)	Un. Geológicas Subjacentes
P₁	Latossolos e areias quartzosas	10	$1,2 \times 10^{-4}$ a $9,9 \times 10^{-5}$	Paranoá: Q₃ , R₃
P₂	Latossolos e solos podzólicos	>10	$1,4 \times 10^{-4}$ a $6,0 \times 10^{-5}$	Canastra
P₃	Latossolos e cambissolos (locais)	<15	$3,1 \times 10^{-4}$ a $6,5 \times 10^{-6}$	Paranoá: R₄
P₄	Cambissolos	<2	$1,2 \times 10^{-5}$ a $6,1 \times 10^{-5}$	Canastra

Os principais sistemas fissurais encontrados na região de São Sebastião são os sistemas Paranoá e Canastra. De acordo com a sua litologia predominante o Sistema Paranoá é subdividido em subsistemas **R₃/Q₃** (domínio de quartzito) e **R₄** (domínio de metapelitos). O Sistema Canastra é subdividido em subsistemas **F** (domínio de filitos) e **F/Q/M** (domínio de calci filitos, quartzitos e mármore).

Cada subsistema possui características hidrogeológicas peculiares que podem ser sumariadas nas diferentes médias de vazões (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos sistemas e sub-sistemas aquíferos do domínio fraturado da região de São Sebastião (modificado de Campos & Freitas-Silva, 1998)

Sistema	Subsistema	Vazão Média (m ³ /h)	Litologia predominante
Paranoá	R ₃ /Q ₃	12,200	Metarritmitos arenosos (Unidade R ₃), quartzitos (Unidade Q ₃)
	R ₄	6,150	Metarritmitos argilosos (Unidade R ₄)
Canastra	F	7,500	Filitos e lentes de quartzitos
	F/Q/M	37,000	Filitos com associação de quartzitos e mármore

Os poços que abastecem a cidade de São Sebastião estão localizados sobre o Subsistema F/Q/M. Esse subsistema tem características hidrodinâmicas peculiares que contrastam bruscamente com as regiões adjacentes. Nesse subsistema os poços possuem parâmetros hidrodinâmicos acima da média do Distrito Federal. Atribui-se este comportamento às condições reológicas dos mármore, da sua maior susceptibilidade à dissolução e também ao posicionamento topográfico destes mármore, em regiões mais baixas, na zona de acúmulo dos fluxos regionais e locais. Como os aquíferos são heterogêneos e anisotrópicos, os valores destes parâmetros oscilam espacialmente, ocorrendo poços secos adjacentes a poços com vazões próximas a 190 m³/h. A vazão média é de aproximadamente 40,0 m³/h, com mediana de 24,0 m³/h.

Tabela 3 – Parâmetros hidrodinâmicos calculados pelo método de “*Moench – Fractured Flow*”, para o subsistema F/Q/M

Parâmetros Hidrodinâmicos	Média	Mediana
Vazão (m ³ /h)	36,55	24,0
Transmissividade (m ² /s)	1,7x10 ⁻³	7,3x10 ⁻⁴
Capacidade específica (m ³ /h/m)	2,85	0,63
Condutividade hidráulica (m/s)	1,2x10 ⁻⁵	4,0x10 ⁻⁶

SISTEMA DE ABASTECIMENTO

O Sistema Produtor de água de São Sebastião (SPSS) destaca-se no âmbito do Distrito Federal por ser o único que funciona exclusivamente a partir da captação de água subterrânea através de poços tubulares profundos. O SPSS iniciou sua operação no final do ano de 1997, após a perfuração de 12 poços tubulares profundos e da incorporação pela CAESB de outros 5 poços já existentes.

Atualmente o SPSS possui uma capacidade de produção de 1.033 m³/h, ou 287 l/s. Este sistema responde por 2,33% da capacidade instalada de todo o sistema produtor da CAESB no DF e vem atendendo uma população urbana estimada de mais de 60.000 habitantes. Ressalta-se que as vazões de operação que vem sendo adotadas nos poços correspondem a 80% da vazão obtida nos

testes de bombeamento realizados. Este valor foi adotado como medida de segurança para prevenir a super-exploração do aquífero.

No momento, o sistema conta com 20 poços, com profundidade em torno de 150 metros e diâmetros de 6 e 8 polegadas. O histograma com as vazões de teste é mostrado na Figura 2. Destaca-se na região de São Sebastião a ocorrência de vários poços de grande vazão, muito acima da média registrada no Distrito Federal. Em um deles registrou-se uma vazão de teste de 186 m³/h, a maior já atingida em poços perfurados no Distrito Federal. As capacidades específicas dos poços são mostradas na Figura 3.

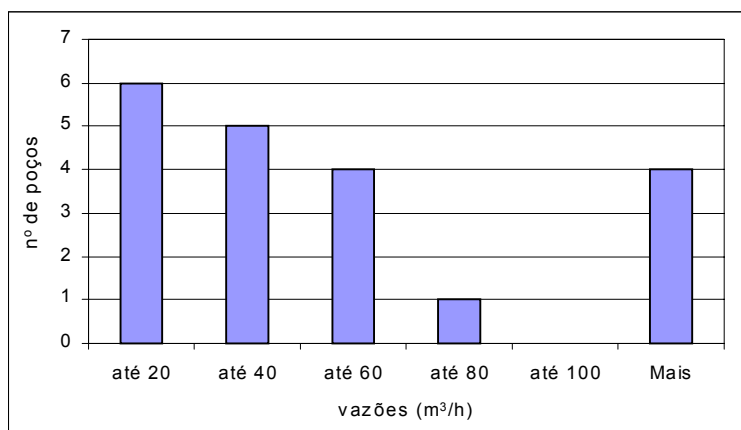


Figura 2 – Frequência das vazões dos poços em São Sebastião.

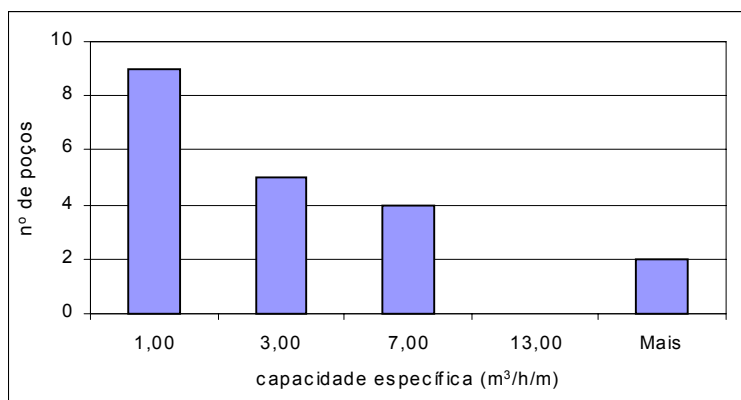


Figura 3 – Frequência das capacidades específicas dos poços em São Sebastião.

Em todos os poços, a captação é feita unicamente no aquífero fraturado. O aquífero poroso, representado pelo manto de intemperismo sobrejacente, não é explorado. Toda a área urbana de São Sebastião é coberta por rede de coleta de esgotos. Porém o elevado número de fossas situadas em áreas irregularmente habitadas constitui um potencial de risco de contaminação dos aquíferos.

Análises físico-químicas e bacteriológicas são feitas periodicamente para controle do padrão de potabilidade da água produzida. Atualmente o monitoramento da produção se faz através do controle do horário de funcionamento e das vazões dos poços. Para o final de 2002 está prevista a

instalação de um sistema de automação do qual constarão medições constantes de níveis estático e dinâmico dos poços, assim como de suas respectivas vazões de operação. Os dados de produção referentes ao sistema são apresentados na Figura 4.

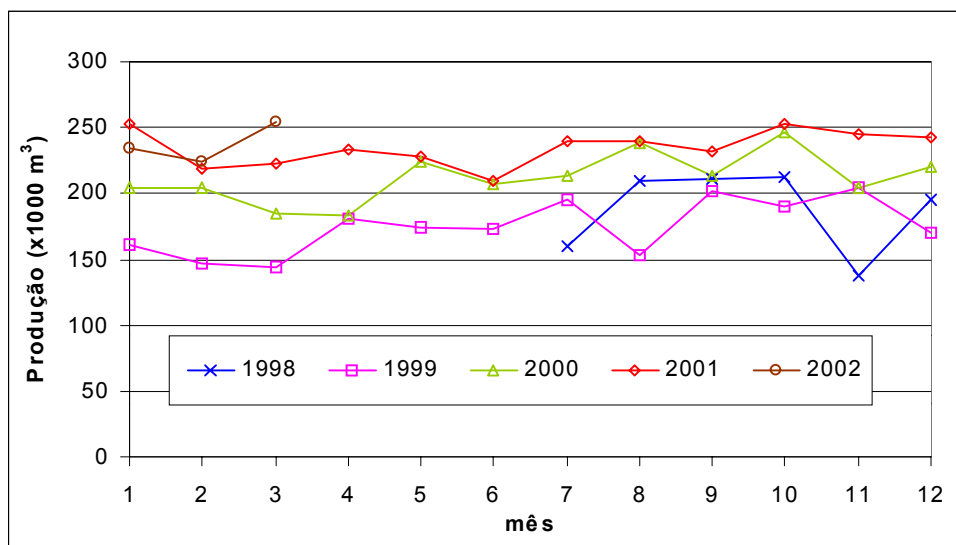


Figura 4 – Produção do Sistema de Abastecimento de São Sebastião (1998-2002).

Observam-se valores crescentes de produção ao longo dos anos, reflexo do aumento de demanda. Os valores elevados medidos no período de agosto a novembro de 1998 são devidos à falta de hidrometração na fase inicial de operação do sistema. Uma vez hidrometradas todas as residências o consumo reduziu-se consideravelmente. Em abril de 2002 o Sistema de Abastecimento contava com 9.725 ligações hidrometradas. O volume total produzido pelo SPSS é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Produção Anual do Sistema Produtor de São Sebastião

Ano	Volume Produzido (m ³ x 1000)
1998	1.126*
1999	2.093
2000	2.544
2001	2.815
2002	712**

* medição iniciada em julho de 1998
 ** produção até março de 2002

Prevê-se para o futuro uma expansão populacional bastante expressiva para a zona urbana de São Sebastião, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5-Estimativa da População para a Zona Urbana de São Sebastião – Hipótese Média.

Ano	2000	2010	2020	2030
População	56.309*	67.030	73.763	82.361
Fonte: ENGEVIX, 2001 * Censo IBGE 2000				

Verifica-se então a necessidade de um incremento na capacidade de produção do sistema de abastecimento do local. Ocorre que o processo de expansão urbana vem limitando a disponibilidade de áreas para perfuração de novos poços, além de gerar a impermeabilização de áreas cada vez maiores. Casos de interferência entre a produção de poços gerados pela perfuração de novas unidades já começam a ocorrer.

Apesar do eficiente trabalho de caracterização do aquífero, ainda não se dispõe de dados sistematicamente coletados ao longo do tempo sobre o desempenho do sistema hidrogeológico frente à exploração desenvolvida nos últimos anos. Estudos mais detalhados são necessários para melhor evidenciar as potencialidades subterrâneas existentes e definir de forma mais clara, através de diagnóstico das condições hidrogeológicas dominantes, o papel dos aquíferos como fonte de suprimento hídrico para o abastecimento seguro e sustentado da cidade de São Sebastião.

Considerando o panorama futuro aqui exposto, a linha básica de ações a serem desenvolvidas pela CAESB para o futuro é a seguinte:

- Estudo da capacidade de produção do aquífero e quantificação das reservas exploráveis;
- Modelagem das condições de circulação da água subterrânea com a definição das áreas de recarga;
- Definição de novas áreas de captação para atendimento do aumento de demanda previsto;
- Plano integrado de monitoramento, gerenciamento e controle operacional do sistema de produção de água subterrânea.

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

Os estudos recentes visando caracterizar físico-quimicamente as águas subterrâneas da cidade de São Sebastião, mostraram que essas águas possuem características distintas do padrão regional observado no Distrito Federal. As águas do Distrito Federal são ácidas, com pH próximos a 5 e pouco mineralizadas. Já as águas de São Sebastião, graças à presença de litotipos carbonáticos, são básicas com pH médio de 8,2, e mineralizadas, relativamente duras e incrustantes. Possuem valores médios de dureza de 99 mg(CaCO₃)/l, condutividade elétrica de 187 mS/cm e alcalinidades de 85 mg(CaCO₃)/l.

De acordo com a classificação química triangular de Piper (1994) essas águas se classificam como do tipo Bicarbonatada Cálcica, conforme observado na Figura 5. Nos ânions dominam os bicarbonatos, seguidos pelos carbonatos. Apresentam proporções muito baixas de cloreto e sulfatos

(menor que 10%). Nos cátions, o cálcio é predominante (70% da concentração) seguido pelo magnésio (14%).

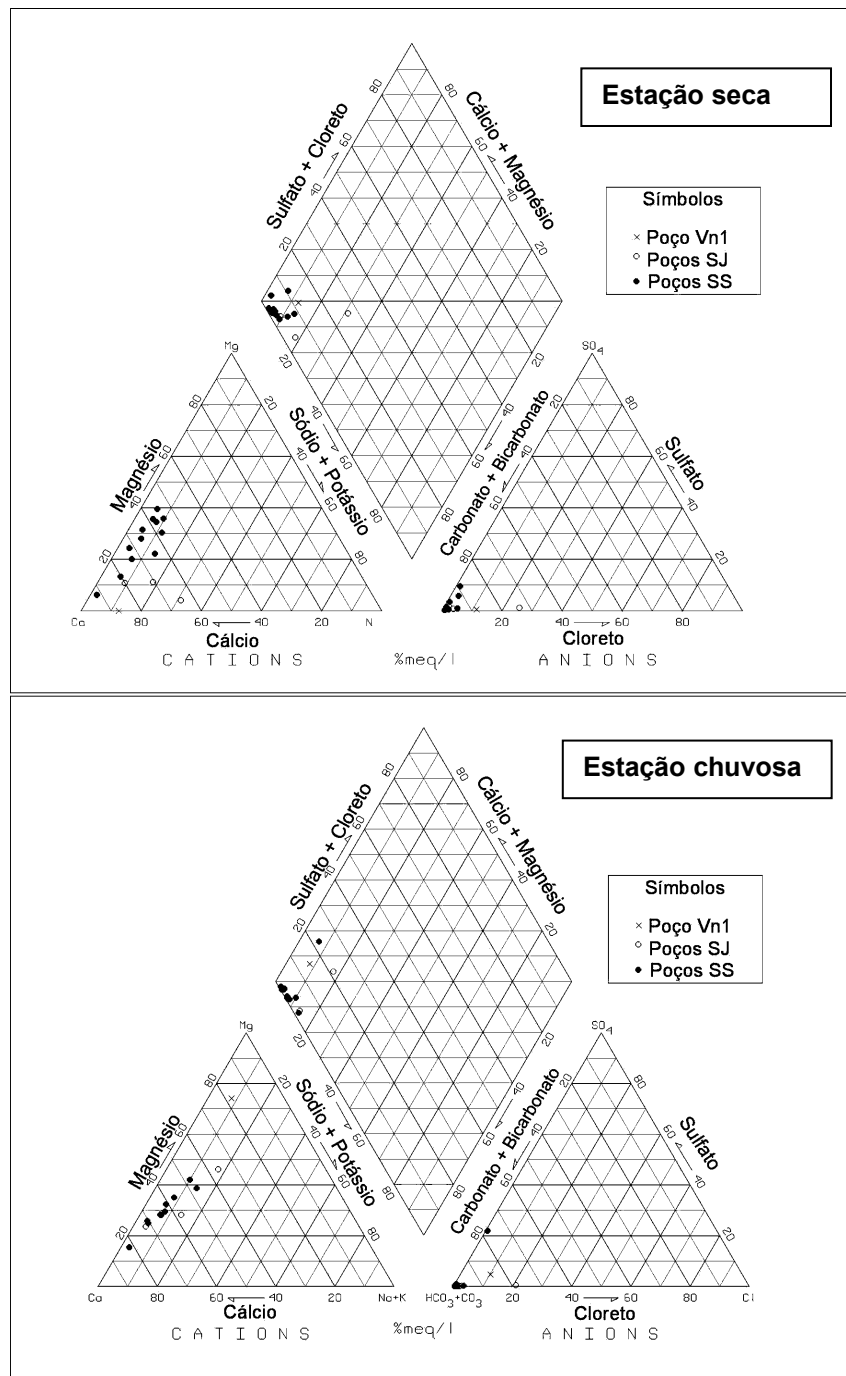


Figura 5 – Classificação das águas subterrâneas de São Sebastião pelos diagramas de Piper. (poços VN e SJ: setor leste de São Sebastião; poços SS: setor oeste)

As análises dos teores de nitrato, sulfato, fosfato e cloretos não mostraram indícios de contaminação do aquífero. A variação sazonal climática afeta principalmente a concentração das amostras e não as suas proporções relativas. A proporção entre os elementos se mantém, com razoável uniformidade, tanto entre os poços em um mesmo período, como entre os poços em períodos distintos. A concentração é levemente menor na época chuvosa.

CONCLUSÕES

As condições geológicas favoráveis em São Sebastião, com a ocorrência de poços de vazões acima da média registrada no Distrito Federal, levaram a CAESB, concessionária local para os serviços de saneamento, a optar pela implantação de um sistema de abastecimento baseado exclusivamente na captação por poços tubulares profundos. Este sistema é único no Distrito Federal e abastece uma população estimada em mais de 60.000 habitantes.

Os poços do Sistema Produtor de São Sebastião, 20 ao todo, foram perfurados no Grupo Canastra, de idade meso/neoproterozóica, constituído, no local, por filitos de composição mineralógica variada, associados a lentes de quartzitos e mármore.

O aquífero explotado em São Sebastião possui caráter fissuro-cárstico, cujas características hidrodinâmicas estão condicionadas essencialmente pela presença de um gráben neotectônico, pela maior dissolução das rochas carbonáticas e pela posição topográfica rebaixada das lentes de mármore em relação ao fluxo.

As características físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero de São Sebastião distinguem-se sensivelmente do padrão regional observado no Distrito Federal. As águas são básicas, bicarbonatadas cálcicas e de boa qualidade.

A produção do Sistema vem sendo constantemente incrementada desde à sua implantação. O Sistema necessita de um aumento em sua capacidade de produção para atender ao aumento de demanda previsto. A implantação de um sistema automatizado de monitoramento, aliada ao detalhamento dos trabalhos de caracterização hidrogeológica, fornecerão as bases para uma gestão sustentada do aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS J. E. G. & FREITAS-SILVA, F. H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. *In:* Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, vol. IV, 1998. Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, 85p.
- ENGEVIX. 2000. Estudos de Demandas de Água para Abastecimento do Distrito Federal e Áreas do Entorno - Projeções Populacionais. P.ECA.DEN.001. 2001. Brasília. DRSA/SRH. Vol. I. Anexos.
- FARIA, A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança-Alto Paraíso de Goiás. Brasília. 199p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília).
- FREITAS-SILVA, F. H. & CAMPOS, J. E. G. 1998. Geologia do Distrito Federal. *In:* Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, vol. I, 1998. Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, p.01-87.
- FUCK, R. A.; JARDIM DE SÁ, E. F., PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A. ; PEDROSA SOARES, A. C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese dos conhecimentos. *In:* DOMINGUEZ, J. M.L. & MISI, A. (eds.). O Cráton do São Francisco. Salvador. SBG: SGM: CNPq. p.161-185.
- PIPER, A. M. 1944. A Graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Trans. Am. Geophysical Union*, 25:914-923.
- SOUZA, M.T. 2001. Fundamentos para Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal. Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 94p. (Dissertação de Mestrado).