

ESTUDO SOBRE OS TIPOS DAS ÁGUAS DO AQUÍFERO SERRA GERAL, NO MUNICÍPIO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

GROUNDWATER TYPES STUDY OF SERRA GERAL AQUIFER IN MARECHAL CÂNDIDO RONDON-PR

Gustavo Barbosa Athayde¹, Camila de Vasconcelos Müller¹,
Ernani Francisco da Rosa Filho² e Eduardo Chemas Hindi²

RESUMO O Aquífero Serra Geral é formado pelos basaltos da Fm. Serra Geral, destacando-se como o mais importante aquífero do Estado do Paraná. As águas do Aquífero Serra Geral são utilizadas para abastecimento público, e em menor volume, para indústrias, hotéis e irrigação. O objetivo deste trabalho foi classificar o tipo químico das águas subterrâneas, bem como verificar a possibilidade de utilização para irrigação. As amostras de água foram coletadas em 34 pontos e analisadas para determinar a concentração dos íons principais (cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato e nitrato, entre outros) e total de sólidos dissolvidos. Alcalinidade, temperatura, pH e condutividade foram medidas em campo. Foram classificados sete tipos de água utilizando o diagrama de Piper para representá-los graficamente. Predominam águas bicarbonatadas cálcicas, destacando a ocorrência de águas carbonatadas sódicas e sulfatada-bicarbonatada sódicas. Estes últimos tipos químicos sugerem a existência de mistura de águas com o Aquífero Botucatu, subjacente ao Aquífero Serra Geral. De uma maneira em geral as águas não possuem restrições para o consumo *in natura* ou utilização para irrigação. Ressalta-se que em alguns pontos, as amostras são restritivas devido aos teores de sódio, cloreto, pH e condutividade.

Palavras-chave: Aquífero Serra Geral, Classificação Hidroquímica e Marechal Cândido Rondon

ABSTRACT The Serra Geral Aquifer is constituted by basalts and associated rocks, fracture type, and very important (mainly exploited) as a public supply and alternatives uses like industry and irrigation in the State Paraná. The aim of this research is defined the water types using the Piper diagram. Ground water samples were collected in 34 points and analyze for the major ions (calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride, sulfate and nitrate among others) and total dissolved solids. Alkalinity, temperature, pH and specific conductance were measured in the field. The major water type was Ca-HCO₃; types like: Na-CO₃ and SO₄ – HCO₃ were associated with the Botucatu Aquifer. The results of this research show that the SGA is strategic for public water supply and can be used, in extreme conditions to irrigation.

Keywords: Serra Geral Aquifer, Hydrochemical Classification and Marechal Cândido Rondon

INTRODUÇÃO

O Aquífero Serra Geral (ASG) é um dos mais importantes aquíferos do Estado do Paraná, em função de sua área de abrangência e principalmente, de seu potencial para abastecimento público. Destaca-se também a qualidade de suas águas para outros fins, como irrigação, uso industrial, rede hoteleira, dentre outros.

A área de estudo abrange o município de Marechal Cândido Rondon (MCR), localizado na região oeste do Estado do Paraná, o qual possui área de 747.11km². A agricultura é a principal atividade econômica no município, setor que vem acumulando prejuízos devido às estiagens ocorridas nas últimas safras. Segundo IBGE a população estimada do município de Marechal Cândido Rondon em 2006 é 45.369 habitantes. O abastecimento público é realizado pelo Serviço Autônomo de MCR, o qual utiliza

predominantemente poços tubulares profundos que captam o ASG. Soma-se aos poços que captam o ASG em MCR, um poço tubular desativado que capta o Aquífero Botucatu, com profundidade total de 920 metros, deste total, 795 metros correspondentes a espessura da Fm. Serra Geral e 125 metros perfurados no Aquífero Botucatu.

Amostras de água coletadas nos poços tubulares profundos foram utilizadas para classificação hidroquímica pelos íons predominantes, bem como verificar a possibilidade de uso destas águas na irrigação.

Dentre os poços tubulares que captam o Aquífero Serra Geral em MCR, verifica-se que alguns apresentam características químicas semelhantes ao Aquífero Botucatu (Guarani), em sua área de confinamento, no Estado do Paraná, o que sugere a existência de conectividade hidráulica entre os aquíferos.

¹ UFPR – alunos da Pós-graduação em Geologia (camilavmuller@yahoo.com.br;e (gustavo_athayde@yahoo.com.br).

² UFPR-DEGEOL-LPH – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (ernani@ufpr.br); (hindi@ufpr.br)

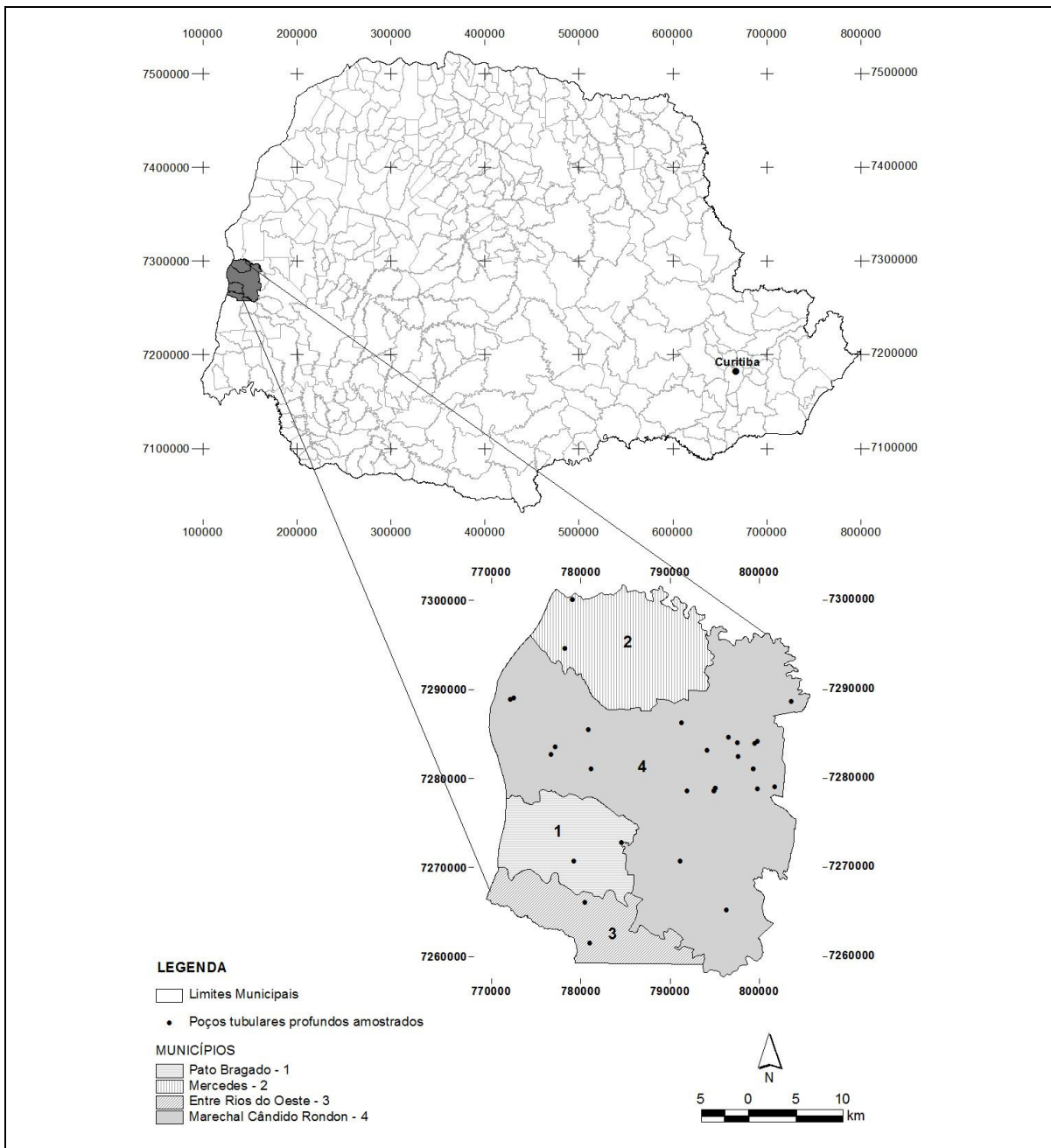


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.
Figure 1 – Localization map of the study area..

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Marechal Cândido Rondon localiza-se no extremo oeste paranaense, fronteira com o Paraguai, as margens do reservatório de ITAIPU BINACIONAL (Figura 1).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar a tipologia das águas coletadas em 34 poços tubulares profundos, situados próximos e no município de Marechal Cândido Rondon, com a finalidade de classificação hidroquímica e possibilidade de aproveitamento das águas para irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados cartografados utilizados estão projetados em UTM – Fuso 21 Sul, datum SAD 69. As rotinas de processamento foram realizadas com os programas: Rockworks; Qualigraf e Statistica 7.

Para confecção da base cartográfica foram utilizados mapas e imagens fornecidas pela ITAIPU – BINACIONAL. Os dados, de consulta restrita à ITAIPU, referem-se ao mapeamento de detalhe realizado em toda BPIII, fornecidos no formato shapefile, contendo: carta de drenagem, carta plani-altimétrica e carta com as principais vias de acesso.

Para classificar os tipos de água existentes e verificar a aplicação destas na irrigação foram realizados os seguintes estudos: classificação hidroquímica pelos íons predominantes e diagrama da relação entre adsorção de sódio e condutividade elétrica da água (RAS).

Na classificação do quimismo da água subterrânea do ASG foram utilizadas 34 análises físico-químicas de água de poços tubulares profundos. As amostras foram coletadas em campo, onde também foram determinados os parâmetros alcalinidade, pH, condutividade elétrica e temperatura. Após a coleta as amostras foram armazenadas em caixas com isolante térmico, refrigerada, mantendo-se a temperatura das amostras em torno de 4°C.

Os laudos analíticos do Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) apresentam o rol mínimo de 32 parâmetros. A consistência e qualidade dos dados foram avaliadas pela Diferença de Balanço Iônico (DBI), que mede a diferença relativa entre as concentrações de cátions e ânions expressa em meq/L. As amostras coletadas apresentam DBI inferior a 10%, com resultado médio de 3%.

Os resultados e concentrações obtidas nos laudos físico-químicos foram submetidos a análises estatísticas univariadas para determinação de parâmetros descritivos e do tipo de distribuição dos dados.

A classificação química da água foi feita pelo método de íons dominantes, utilizando-se o diagrama de Piper (PIPER, 1945), para representação dos resultados.

A avaliação da qualidade da água para fins de irrigação foi realizada pela aplicação do diagrama que relaciona a razão de adsorção de sódio (RAS) com a condutividade elétrica da água, desenvolvido pelo U.S. Salinity Staff (1954), indicando os riscos potenciais de sódio e salinidade.

Neste diagrama, o risco de sódio é indicado no eixo das ordenadas em quatro classes de risco: baixo, médio, forte e muito forte. O risco de salinidade está indicado no eixo das abscissas em seis classes de risco: nulo, baixo, médio, alto, muito alto e excepcionalmente alto. Os campos definidos pela intercessão dessas classes definem se a água é adequada ou não para irrigação.

O AQUÍFERO SERRA GERAL NO ESTADO DO PARANÁ

Dentre as unidades aquíferas existentes no Estado do Paraná o aquífero denominado Serra Geral corresponde aos basaltos e derivados da Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral (WHITE, 1906), refere-se à província magmática relacionada aos derrames e intrusivas que recobrem $1,2 \times 10^6$ km² da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina.

Os basaltos continentais da “Província Magma do Paraná” definida por Peate *et al.*, (1992) representam grandes volumes de magma gerados em períodos relativamente curtos de tempo. Rápidas taxas de geração de magma indicam fusão parcial, em resposta a eventos extensionais, associados a abertura do Atlântico Sul. Os derrames possuem textura microcristalina, estrutura maciça e vesicular e/ou amigdalóide, intenso fraturamento, bem como esfoliações esferoidais. Segundo Melfi *et al.*, (1988) as suítes vulcânicas são essencialmente sub-horizontais, com um mergulho médio de 5° em direção ao interior da Bacia do Paraná. Entretanto, os fluxos basais podem apresentar inclinações excepcionalmente altas relacionadas à topografia irregular do embasamento.

Segundo dados da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA (2005), o ASG é o aquífero com maior número de poços outorgados no Estado do Paraná, aproximadamente 5900 poços.

A maior frequência das entradas de água nos poços perfurados na Fm. Serra Geral, no Estado do Paraná, está localizada até os 110 m de profundidade, nessa faixa as vazões variam de 1 a 70 m³/h (ROSA FILHO *et al.*, 1987).

A circulação de águas dá-se em meio fraturado, onde além das fraturas tectônicas, ocorrem outros tipos de descontinuidades importantes para a circulação e armazenamento da água, representadas por fraturas de resfriamento que podem ser verticais (disjunções colunares) ou sub-horizontais. Segundo Fernandes *et al.* (2006) a maior parte do fluxo no ASG fica limitado às fraturas sub-horizontais e a algumas estruturas tectônicas sub verticais.

É consenso entre muitos autores que predomina a tipologia química bicarbonatada cálcica nas águas do Aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná. Estudos de Buchmann Filho (2002) e Bittencourt *et al.*, (2003) realizados na Bacia do Rio Piquiri (situada à nordeste de

MCR) indicam que o bicarbonato é o ânion mais abundante nessas águas. A concentração média é de 48,95 mg/L, com uma variação de 6 e 127 mg/L. Em 82 % das amostras, a concentração é inferior a 75 mg/L. Esta é uma característica bastante comum em se tratando de águas continentais relativamente diluídas. No mesmo trabalho, descreve-se que o bicarbonato é diretamente influenciado pelo equilíbrio do sistema $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ vigente nas áreas próximas à recarga, também pelas reações de hidrólise dos silicatos das efusivas.

Segundo Bittencourt *et al.*, (2003) os principais processos que condicionam o quimismo das águas do Aquífero Serra Geral na bacia hidrográfica do rio Piquiri são: dissolução dos basaltos e equilíbrio com minerais secundários; além de misturas com águas de aquíferos sotopostos (aquífero Guarani principalmente).

Uma abordagem regional realizada por Rosa Filho; Hindi (2006) descreve para o ASG, no Estado do Paraná, teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L, pH entre 6,6 a 7,2 e dureza em torno de 40 mg- CaCO_3 /L. O teor médio de cálcio é 9 mg/L. As concentrações de magnésio variam de 3,5 a 6,5 mg/L, as de sódio, entre 1,2 a 3,7 mg/L, e as de potássio, entre 1,5 a 3 mg/L. O teor médio de bicarbonato é 38 mg/L, o de cloreto, 1,5 mg/L e o de sulfato, 2,5 mg/L.

Posicionado abaixo do Aquífero Serra Geral, sem afloramentos na área de estudo, ocorre o Aquífero Botucatu (Guarani). Este aquífero, em MCR, não é utilizado no abastecimento público em função da salinidade de suas águas.

CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA DO ASG NO MUNICÍPIO DE MCR

Para avaliar a tipologia e a variação do quimismo da água subterrânea do Aquífero Serra Geral foram utilizadas 34 análises físico-químicas de água de poços tubulares profundos.

As amostras foram coletadas nos dias 18 e 19 de novembro de 2009, nos poços tubulares profundos que captam o ASG situados nos municípios de Marechal Cândido Rondon, Mercedez, Pato Bragado e Entre Rios do Oeste, todos pertencentes ao Estado do Paraná.

Dentre os poços estudados podem ser classificados sete tipos principais de águas: bicarbonatada cálcica (43,6%); bicarbonatada sódica (17,9%); bicarbonatada sódica-cálcica (12,8%); bicarbonatada cálcica-sódica (7,7%); bicarbonatada-carbonatada sódica (7,7%); carbonatada sódica (5,1%); sulfatada-bicarbonatada sódica (5,1%).

A distribuição percentual dos tipos de água para o conjunto de amostras analisado está apresentada na figura 2.

A figura 3 apresenta o diagrama de Piper (1945) para todo o conjunto de amostras. Neste diagrama observa-se principalmente a tendência das águas bicarbonatadas cálcicas migrarem para o campo correspondente ao tipo de água bicarbonatada sódica.

Predomina nas águas do ASG, no município de MCR e fronteiriços o tipo químico bicarbonatada cálcica. Este fato corrobora com os resultados obtidos por diversos autores como o tipo químico predominante deste aquífero no estado do Paraná.

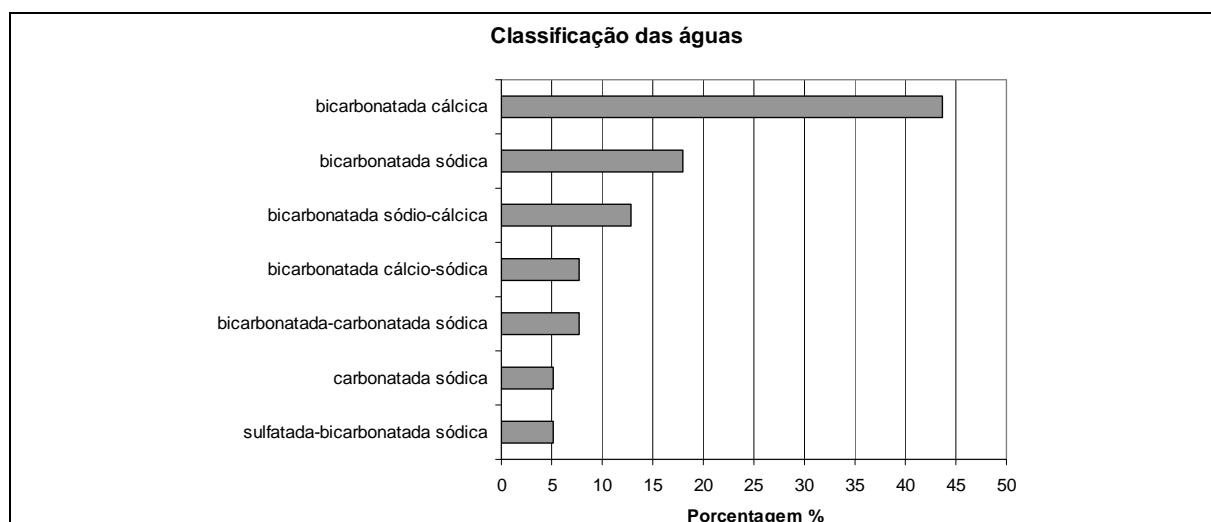


Figura 2 - Distribuição percentual das classes de água com base nas análises físico-químicas das amostras coletadas nos poços tubulares profundos.

Figure 2 – Percentage distribution of main water types, using groundwater samples.

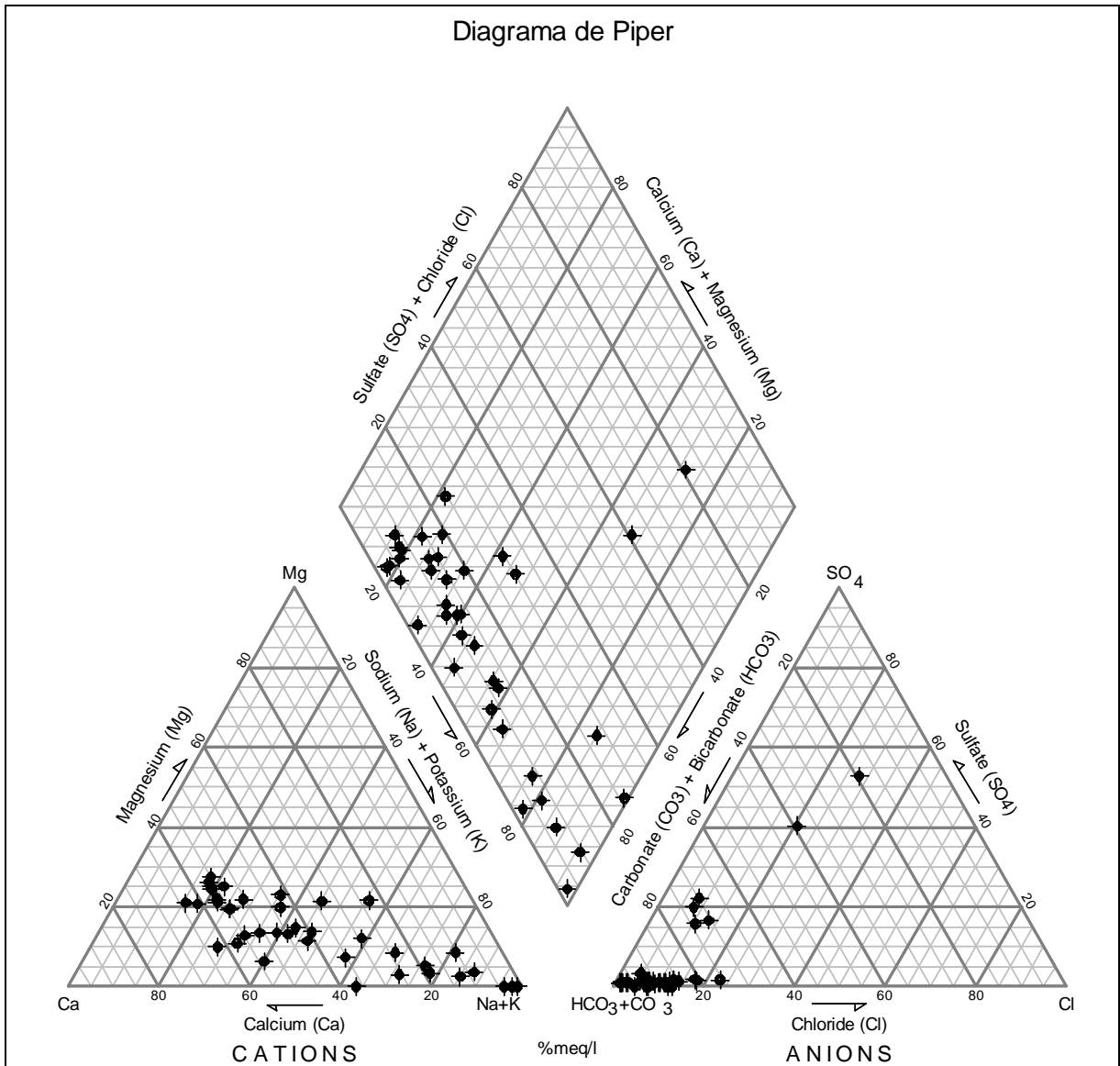


Figura 3 - Diagrama de Piper com 34 amostras de água subterrânea.
Figure 3 - Piper diagram with 34 groundwater samples.

O teor médio de bicarbonato é 84mg/L, com mediana 88,7 mg/L. Os teores de cálcio variaram entre 0,8 e 33,7 mg/L, com 16,2 de média e 17,2 a mediana.

Poços com elevados teores / valores de STD, Temperatura (°C), condutância específica, pH, potássio, sílica e fluoreto predominam nos municípios de Pato Bragado e Entre Rios do Oeste. Destaca-se também um poço situado em MCR, cujos teores acima mencionados se assemelham a amostra coletada no poço tubular existente no município, que capta o Aquífero Botucatu.

A ocorrência de águas sulfatadas bicarbonatadas sódicas, bicarbonatadas sódicas e carbonatadas sódicas no ASG pode estar relacionada a contribuição de águas do aquífero Guarani (mais ricas em sulfato, sódio e cloreto).

A figura 4 apresenta a distribuição espacial dos tipos de água classificados.

A tabela 1 apresenta as concentrações médias e as medianas dos sete tipos de água classificados.

APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DO ASG PARA IRRIGAÇÃO

O uso da água subterrânea para irrigação é limitado pelos efeitos adversos ao solo e plantas, relacionados à presença de substâncias dissolvidas na água, associados à salinidade total da água e ao conteúdo de sódio em solução.

A água com conteúdo elevado de STD causa “risco de salinidade” sendo tóxicas para as plantas. Concentrações elevadas de sólidos dissolvidos no solo podem causar uma condição de seca fisiológica, na qual, apesar do solo estar úmido a planta irá murchar, pois as raízes não

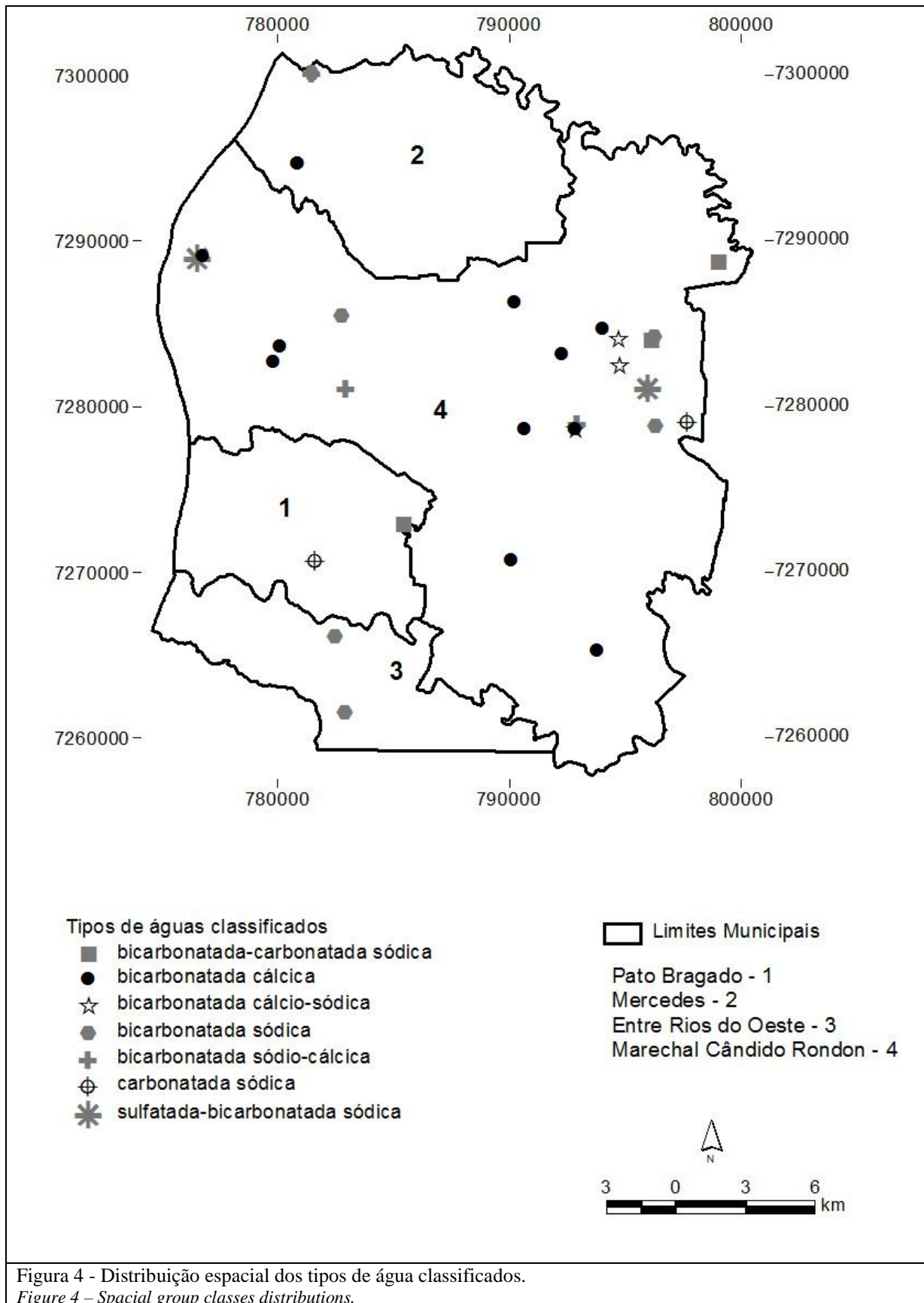


Figura 4 - Distribuição espacial dos tipos de água classificados.

Figure 4 - Spatial group classes distributions.

Tabela 1 – Concentrações médias e medianas das águas: bicarbonatada cálcica, bicarbonatada sódica, bicarbonatada magnésiana, bicarbonatada-cloretada e cloretada-bicarbonatada magnésiana-sódica.

Table 1 – Mean water concentrations for each one of four classes.

TIPOS DE ÁGUAS	Bicarbonatada cálcica		Bicarbonatada sódica		Bicarbonatada sódica-cálcica		Bicarbonatada cálcica-sódica	
	Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana
Turbidez (UT)	0,45	0,41	0,43	0,46	0,38	0,42	0,33	0,32
Cor (uH)	0,71	0,00	0,83	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Condutividade (□Scm/s)	118,54	88,25	161,78	136,45	143,04	145,60	114,10	105,30
pH	7,54	7,64	8,78	8,78	7,75	7,96	7,32	7,42
Dureza (mg/L)	70,26	75,15	24,18	17,51	63,72	63,00	65,67	64,00
STD (mg/L)	70,57	41,50	97,33	64,50	76,20	63,00	53,67	50,00
SiO ₂ ⁻ (mg/L)	36,61	35,42	34,68	34,16	33,37	33,18	34,86	34,15
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	87,54	88,84	93,73	96,02	99,71	96,72	85,63	91,52
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	0,45	0,00	14,77	16,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻ (mg/L)	5,36	5,35	4,52	4,50	6,63	6,00	7,00	7,00
F ⁻ (mg/L)	0,12	0,12	0,18	0,18	0,33	0,17	0,08	0,08
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,82	1,00	0,67	0,75	7,54	1,00	1,00	1,00
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,50	1,50	0,78	0,75	1,10	0,90	1,63	1,50
Ca ²⁺ (mg/L)	21,35	22,04	6,73	6,41	19,31	19,20	18,53	18,00
Mg ²⁺ (mg/L)	4,20	4,26	2,20	0,85	4,16	3,89	4,70	4,62
Na ⁺ (mg/L)	10,85	10,45	43,57	44,60	24,26	26,00	17,60	17,00
K ⁺ (mg/L)	0,49	0,51	0,38	0,32	0,52	0,41	0,47	0,50
Ferro total (mg/L)	0,02	0,01	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
TIPOS DE ÁGUAS	Bicarbonatada-carbonatada sódica		Sulfatada-bicarbonatada sódica		Carbonatada sódica			
	Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana		
Turbidez (UT)	0,37	0,35	1,26	1,26	0,39	0,39		
Cor (uH)	0,83	0,00	3,0	3,0	1,25	1,25		
Condutividade (□Scm/s)	165,57	84,30	104,05	104,05	347,45	347,45		
pH	8,71	8,52	8,04	8,04	9,63	9,63		
Dureza (mg/L)	24,56	24,00	78,00	78,00	4,27	4,27		
STD (mg/L)	99,33	40,00	123,00	123,00	205,00	205,00		
SiO ₂ ⁻ (mg/L)	34,91	30,53	32,65	32,65	31,25	31,25		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	54,01	45,76	73,49	73,49	55,13	55,13		
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	17,11	16,64	4,08	4,08	62,12	62,12		
Cl ⁻ (mg/L)	5,78	5,00	40,50	40,50	13,04	13,04		
F ⁻ (mg/L)	0,15	0,15	0,26	0,26	0,35	0,35		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	8,93	0,00	105,00	105,00	19,05	19,05		
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,10	1,10	0,30	0,30	0,90	0,90		
Ca ²⁺ (mg/L)	8,69	8,41	25,65	25,65	1,41	1,41		
Mg ²⁺ (mg/L)	0,70	0,72	3,40	3,40	0,18	0,18		
Na ⁺ (mg/L)	32,70	20,00	82,50	82,50	90,00	90,00		
K ⁺ (mg/L)	0,43	0,44	0,42	0,42	0,38	0,38		
Ferro total (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02		

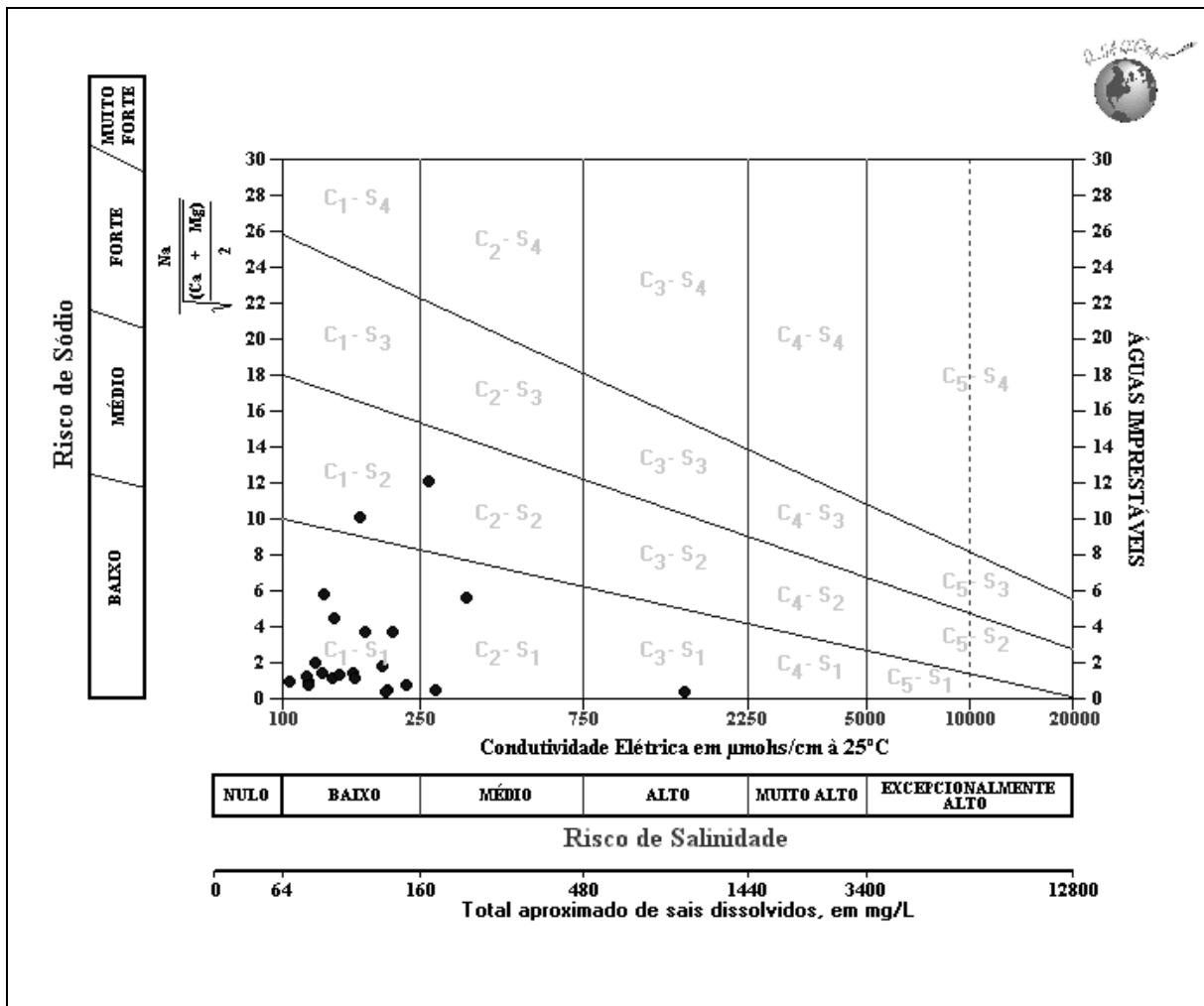
conseguirão absorver água. A concentração de sólidos totais dissolvidos, às vezes denominada salinidade total, pode ser medida indiretamente

O diagrama da figura 5 mostra a qualidade da água para irrigação utilizando as amostras de água subterrânea coletadas nos poços tubulares. Das 34 amostras nota-se que:

- 10 poços têm risco nulo (C0-S1) com valores de condutividade abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Devido a escala do gráfico estas amostras não estão representadas.
- 18 poços têm riscos de sódio baixo e risco de salinidade baixo (C1-S1).
- Seis poços possuem valores de sódio ou salinidade que indicam restrições. Estes poços estão distribuídos da seguinte maneira:
- Um poço, localizado no município de Pato Bragado tem risco de médio sódio e baixo risco de salinidade (C1-S2).

pele valor da condutividade elétrica da água, já que estas duas grandezas são linearmente dependentes (ROSA FILHO; HINDI, 2006).

- Um poço em Entre Rios do Oeste tem risco de sódio médio e risco de salinidade médio (C2-S2).
- Dois poços têm risco de salinidade médio (C2-S1). Um localizado em MCR, na bacia do rio Ajuricaba e outro em Pato Bragado.
- Um poço em MCR com condutividade igual a 1479 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tem risco de salinidade alto (C3-S1).
- Um poço em Pato Bragado com 123 mg/L de sódio, tem risco de sódio muito forte e médio risco de salinidade (C2-S4). Neste caso o valor de Razão de Adsorção de sódio é 33,8. Uma vez que o limite de representação gráfica é 30, esta amostra não é representada no gráfico.



MISTURA DE ÁGUAS ENTRE O ASG E AQUIFERO BOTUCATU

Na área de estudo, conforme apresentado, predominam poços com águas do tipo bicarbonatadas cálcicas. Entretanto, nos municípios de Marechal Cândido Rondon, Pato Bragado e Entre Rios do Oeste, poços tubulares que captam o Aquífero Serra Geral apresentam tipologias químicas como sulfatadas bicarbonatadas sódicas e carbonatadas sódicas, bastante diferenciadas do padrão bicarbonatada cálcica.

Nesta abordagem específica, foram selecionados apenas quatro poços do ASG que apresentaram tipologia química diferenciada do padrão regional e um poço que capta o aquífero Botucatu, situado em MCR, para comparação.

Os poços são assim identificados:

- Poço 01 BOTUCATU: Localizado em MCR, capta o aquífero Botucatu.
- Poço 02 (MCR): localizado em MCR, capta o ASG.
- Poço 03 (MCR 1): localizado em MCR, capta o ASG.
- Poço 04 (PB): localizado em Pato Bragado, capta o ASG.
- Poço 05 (PB 1): localizado em Pato Bragado, capta o ASG.

As características hidrodinâmicas dos poços aqui utilizados são descritas na tabela 2. Ressalta-se, nos poços aqui destacados, o nível potenciométrico (virtual) do aquífero Botucatu, acima da potencimetria regional do ASG.

Tabela 2 - Parâmetros hidrodinâmicos dos poços utilizados

Table 2 – Hydrodynamics features in groundwater wells.

Código	Cota (m.s.n.m.)	Nível Estático (m)	Cota Potenciométrica (m.s.n.m.)
Poço 01 - BOTUCATU	395	- 91,5	303,5
Poço 02 – MCR (ASG)	392	- 94,0	298,0
Poço 03 - MCR 1 (ASG)	303	- 21,8	281,2
Poço 04 – PB (ASG)	228	- 5,0	223,0
Poço 05 - PB 1 (ASG)	245	- 33,7	211,3

TIPOLOGIA QUÍMICA DO AQUIFERO BOTUCATU (AQUIFERO GUARANI) NO OESTE PARANAENSE

Na região oeste do Estado do Paraná são poucos os poços perfurados até o Aquífero Botucatu. Isto se deve principalmente a dois fatores: a espessura de até 920 metros de basaltos (Formação Serra Geral) e o alto teor de íons dissolvidos na água subterrânea, condicionando sua aplicação principal à indústria do turismo de águas termais.

Os três poços tubulares profundos que captam o Aquífero Botucatu (MCR, Itaipulândia e Foz do Iguaçu) aqui utilizados, são os mais próximos a área de estudo, e apresentam a seguinte tipologia química:

- Marechal Cândido Rondon: água sulfatada sódica.
- Itaipulândia: água sulfatada sódica.
- Foz do Iguaçu: cloretada-sulfatada sódica.

Os poços de Marechal Cândido Rondon, Itaipulândia e Foz do Iguaçu são apresentados no diagrama de Piper da figura 6.

RELAÇÕES POTENCIOMÉTRICAS E MISTURAS DE ÁGUAS ENTRE OS AQUIFEROS SERRA GERAL E BOTUCATU

Neste estudo foi utilizado o poço de Marechal Cândido Rondon (Poço 01 – BOTUCATU) para correlação química e potenciométrica entre os aquíferos em função da proximidade com os poços do ASG estudados.

Ressalta-se que, a potencimetria regional do aquífero Botucatu, na região oeste paranaense, nos outros dois poços tubulares (Itaipulândia e Foz do Iguaçu) se mantém acima da cota potenciométrica regional do ASG, destacando o artesianismo existente no poço situado em Foz do Iguaçu, utilizado a mais de dez anos no turismo termal.

Para analisar a relação potenciométrica entre os aquíferos, na região de estudo, foi confeccionado um perfil hidrogeológico esquemático (Figura 7) entre os poços selecionados, desde MCR até Pato Bragado.

Observa-se que a cota potenciométrica do Aquífero Botucatu (poço em MCR), está acima da cota altimétrica dos poços situados no município de Pato Bragado (PB e PB 1), evidenciando a possibilidade hidráulica de conectividade entre os aquíferos. Ressalta-se que em função da compartimentação estrutural do ASG trata-se de um nível potenciométrico “virtual”.

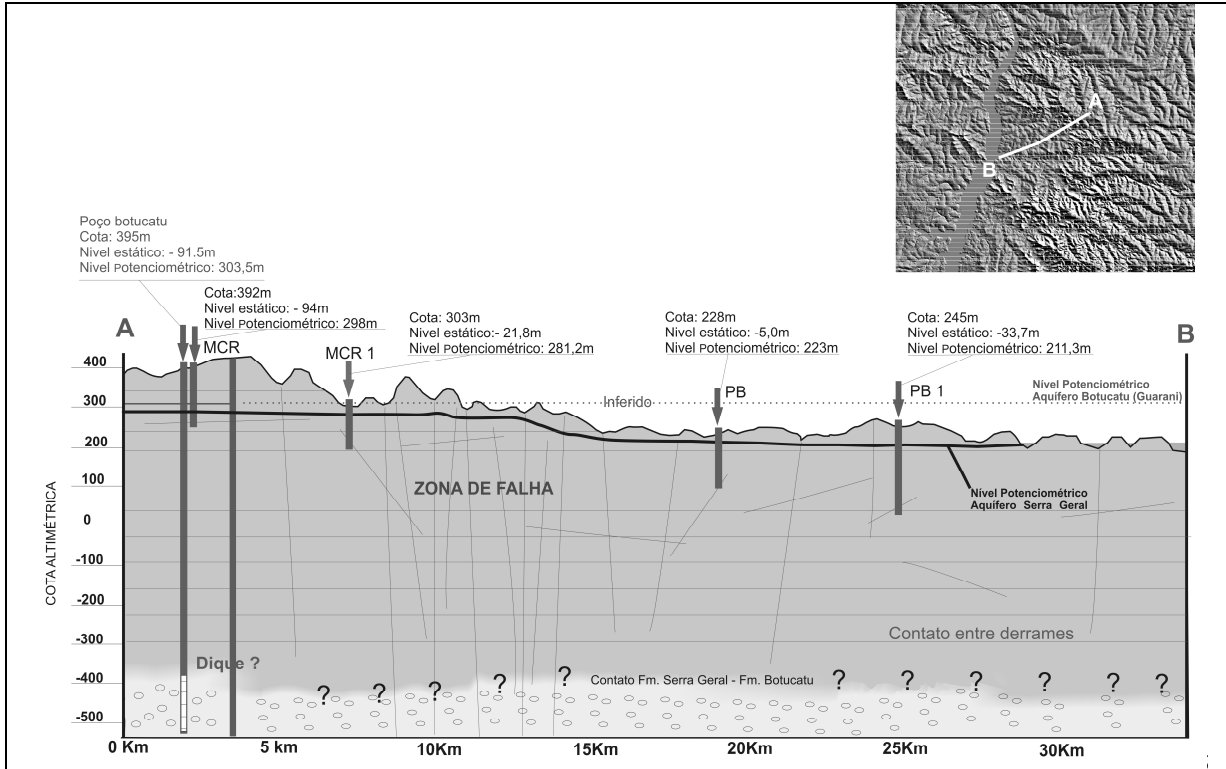


Figura 7 – Perfil hidrogeológico esquemático.

Figure 7 – Hydrogeologic cross section

A relação potenciométrica entre os aquíferos contribui para explicar os teores “anômalos” ao ASG, principalmente para os íons sulfato e sódio.

Os poços apresentados no perfil hidrogeológico esquemático podem apresentar quimismo diferenciado do tipo bicarbonatada cálcica em função da mistura de águas entre os aquíferos Serra Geral e Botucatu. Entretanto, não podem ser descartadas a possibilidade de quimismos diferenciados, dentro do ASG, em função principalmente de litotipos mais alcalinos, ou até mesmo contribuições de outros aquíferos sotopostos ao Aquífero Botucatu.

A hipótese de mistura de águas entre os ASG e Botucatu, neste caso, parece mais apropriada, em função das tipologias químicas entre os dois aquíferos.

Corroborar esta afirmação a possibilidade de amostragem do Aquífero Botucatu nos poços situados em MCR, Itaipulândia e Foz do Iguaçu para classificação química das águas e obtenção dos dados hidrodinâmicos aqui apresentados.

Destaca-se também que a temperatura da água nos poços onde há mistura de águas está acima da média para o ASG, evidenciando inclusive efeito do termalismo do aquífero Botucatu no ASG.

CONCLUSÕES

Foram classificados na área de estudo, segundo os íons predominantes, sete tipos principais de água no ASG: bicarbonatada cálcica (43,6%); bicarbonatada sódica (17,9%); bicarbonatada sódica-cálcica (12,8%); bicarbonatada cálcica-sódica (7,7%); bicarbonatada-carbonatada sódica (7,7%); carbonatada sódica (5,1%); sulfatada-bicarbonatada sódica (5,1%).

Alguns tipos químicos destacam-se por diferenciarem do padrão bicarbonatada cálcica existente no Aquífero Serra Geral, estas “anomalias físico-químicas” em função da semelhança com o tipo químico das águas do aquífero Botucatu (em sua área de confinamento), e também pela relação potenciométrica local (que indica ascensão do fluxo do aquífero Botucatu em direção ao ASG), sugere que ocorram misturas de águas entre os aquíferos, no município de MCR e limítrofes aqui abordados.

Corroborar esta afirmação a temperatura mais elevada dos poços onde há mistura de águas. Como exemplos, os poços localizados no município de Entre Rios do Oeste com temperatura de 27 °C e Pato Bragado com 25,6 °C.

Ressalta-se que o fluxo entre aquíferos dá-se principalmente por falhas com altos ângulos de mergulho e/ou pelas intrusões dos diques de diabásio, estes fatos destacam a importância do mapeamento destas estruturas, bem como um detalhamento e controle das mesmas em campo quando da locação de poços tubulares profundos.

Deve destacar a dificuldade de mapeamentos destas estruturas que conectam ambos os aquíferos em função principalmente da anisotropia estrutural do ASG, que faz com que coexistam lado a lado poços tubulares com teores diferenciados e poços com o padrão químico predominante neste aquífero.

Dentre as amostras coletadas, quando comparadas a valores orientadores, as águas do ASG geralmente não apresentam restrições para consumo humano ou irrigação *in natura*, o que representa o potencial deste aquífero para a região.

Excetuam-se seis poços, restritos à irrigação em função de elevados teores de sódio e condutividade. Para consumo *in natura*, excetuam-se dois poços, um situado em MCR e

outro em Pato Bragado, que apresentam valores de fluoreto e pH (respectivamente) acima dos valores máximos permitidos pela Portaria nº518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Frente aos teores elevados encontrados nas águas do aquífero Botucatu, na área de estudo, quando ocorrem condições favoráveis à comunicação entre os aquíferos, muitas vezes as águas do ASG acabam por perder qualidade, tanto para consumo *in natura*, quanto para irrigação, em função do aumento na concentração dos teores.

Em função de suas restrições químicas para consumo *in natura*, outra possibilidade de utilização das águas do Aquífero Botucatu, na área de estudo, dá-se pelo termalismo de suas águas, favorecendo a instalação de empresas focadas no turismo termal.

O ASG deve ser encarado como importante recurso hídrico, em especial na região de MCR, em função de sua qualidade e aptidão para o consumo *in natura*, bem como pela possibilidade de suprir a demanda de irrigação em períodos prolongados de estiagem.

REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, A.V.L.; ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C.; BUCHMANN FILHO, A.C. A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do rio Piquiri, Paraná, BR. **Águas Subterrâneas**. Curitiba: ABAS, v. 17, p. 67-75, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518** de 25 de março de 2004. Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, v. 59, p. 266-270, 26 mar., Seção 1. 2004.
- BUCHMANN FILHO, A.C. **Características das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. Curitiba, 120p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) Departamento de Geologia, UFPR. 2002.
- FERNANDES, A.J.; , C.; WAHNFRIED, I.; FERREIRA, L.M.R.; PRESSINOTTI, M.M.N.; VARNIER, C.; IRITANI, M.A.; HIRATA, R. Modelo conceitual preliminar de circulação de água subterrânea do aquífero Serra Geral, Ribeirão Preto, SP. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas da ABAS., 2006. **Anais** do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2006.
- MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. ; NARDY, A.J.R. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin: an introduction. In: PICCIRILLO E.M. e MELFI, A.J. (Eds.). **The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo: USP, p. 1-14. 1988.
- PARANÁ. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Banco de dados georreferenciados de poços tubulares profundos**. Curitiba, 2005.
- PEATE D.W.; HAWKESWORTH C.J.; MANTOVANI M.S.M. Chemical Stratigraphy of Paraná Lavas (South America): Classification of Magma Types and their Spatial Distribution. **Bull. Volcanol**, 55: 119-139.; 1992.
- PIPER, A.M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. **Transactions of the American Geophysical Union** – 1944. Washington (DC), Part VI, p. 914-928, May/1945.
- ROSA FILHO, E.F.; BITTENCOURT, A.V.L.; SALAMUNI, R. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.37, p. 22-41, 1987.
- ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. **Diagnóstico das águas subterrâneas no Estado do Paraná: quantidade e qualidade**. Relatório técnico. 2006.
- U.S. SALINITY STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Department of agriculture; **Agriculture Handbook**, n. 60, 160p. Washington, DC, 1954.
- WHITE, I.C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar); 1906.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Itaipu Binacional pela concessão dos dados e financiamento do projeto de pesquisa “Estudos Hidrogeológicos na Bacia Hidrográfica do Paraná III”. Específico ao diretor Nelson Friedrich e a bióloga Simone Benassi, pelo apoio e oportunidade.