

## IX-030 – ANÁLISE PRELIMINAR DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO GUARANI EM POÇOS TUBULARES DA SERRA GAÚCHA

**Daniela Santini Adamatti<sup>(1)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul

**Paula Pieruccini Sangali**

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul

**Andreia Neves Fernandes**

Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS

**Marcelo Giovanela**

Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Secretaria do Bloco V, CEP: 95070-560, Caxias do Sul – RS. e-mail: dsadamat@ucs.br

### RESUMO

Levando-se em consideração os poucos resultados disponíveis na literatura sobre o Aquífero Guarani, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, e a importância do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas para a detecção de fontes de contaminação, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de amostras de água subterrânea que foram previamente coletadas em quatro poços tubulares situados na região da Serra Gaúcha, por meio de análises físicas, químicas e microbiológicas, durante o período de janeiro de 2010 a abril de 2011. De modo geral, as amostras de água subterrânea apresentaram, em sua maioria, valores abaixo do valor máximo permitido (VMP) para potabilidade. Foram observados teores superiores ao VMP para os metais alumínio e ferro, que podem estar relacionados à composição geológica da região, e também de fluoreto, devido ao elevado nível de confinamento a que as águas estão sujeitas. Observou-se ainda, no poço com menor profundidade (poço 1), valores para coliformes totais superiores ao limite, que determina a ausência destes, podendo indicar alguma influência antrópica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquífero Guarani, Serra Gaúcha, poços tubulares, análises físico-químicas, análises microbiológicas, qualidade.

### INTRODUÇÃO

A água subterrânea, cuja quantidade estimada em escala mundial é de 23 milhões de km<sup>3</sup>, é uma fonte renovável que necessita de cuidados, principalmente no que diz respeito às suas áreas de afloramento ou de recarga. Segundo Silva e Araújo (2003), as águas subterrâneas podem ser contaminadas pelo manejo inadequado de efluentes domésticos e industriais em fossas e tanques sépticos, pela distribuição inadequada dos resíduos urbanos e industriais, de postos de combustíveis, e por outros tipos de poluições pontuais causadas pelo homem.

O Aquífero Guarani é um dos maiores mananciais de água subterrânea do mundo, localizando-se em parte no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Dois terços de sua área total estão localizados em território brasileiro, ocupando cerca de 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Segundo Campos (2000), o Aquífero Guarani possui característica de confinamento em 90% da superfície e nos 10% restantes tem característica de aquífero livre, na qual ocorre a principal área de recarga do sistema.

Levando-se em consideração os poucos resultados disponíveis na literatura sobre o Aquífero Guarani, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, a avaliação de possíveis fontes de contaminação em águas subterrâneas, principalmente nas áreas de afloramento e recarga do sistema, são extremamente importantes no âmbito do gerenciamento de recursos hídricos. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea do Aquífero Guarani, mediante o

monitoramento de análises físicas, químicas e microbiológicas, em quatro poços tubulares situados na região da Serra Gaúcha.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A região do Aquífero Guarani monitorada nesse estudo está localizada na Serra Gaúcha (nordeste do Estado do Rio Grande do Sul) e ocupa uma área estimada de 157.600 km<sup>2</sup>, sendo que mais da metade de sua área encontra-se encoberta por rochas vulcânicas, formadoras do Aquífero Fraturado Serra Geral. Foram coletadas amostras de água subterrânea de quatro poços tubulares situados em três municípios da região (Caxias do Sul, Bento Gonçalves e Nova Prata). As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem, bem como a profundidade dos mesmos encontram-se sumarizadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Localização e descrição dos poços tubulares.**

Ponto de amostragem	Município	Localização	Altitude (m)	Profundidade do poço (m)
1	Caxias do Sul	Vila Cristina (S 29°18'30" / W 51°09'57,3")	106	120
2	Bento Gonçalves	Vinícola Salton (S 29°04'45,5" / W 51°33'14,3")	506	812
3	Nova Prata	Parque Caldas de Prata/ Poço Aventura (S 28°46'29" / W 51°30'56,8")	521	631
4	Nova Prata	Parque Caldas de Prata / Poço Santa Bárbara (S 28°46'30,4" / W 51°30'53,7")	499	713

As amostras utilizadas para a quantificação de espécies metálicas foram acondicionadas em frascos, previamente lavados com Extran alcalino 15% v/v e HNO<sub>3</sub> 50% v/v, contendo 5 mL de ácido nítrico concentrado como preservante. Para a quantificação dos ânions nitrato, nitrito e fluoreto, as amostras foram acondicionadas em frascos previamente limpos com Extran alcalino 15% v/v e sem adição de preservantes.

Para a caracterização microbiológica, as amostras de água subterrânea foram acondicionadas em frascos âmbar, que foram inicialmente higienizados em autoclave, sendo posteriormente lavados com água corrente e deixados imersos por 2 h em uma solução sanitizante à base de hipoclorito de sódio. Para a realização das análises de cor, turbidez, sulfatos, sólidos totais e cloretos, as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos lavados com Extran neutro 5% v/v, igualmente sem adição de preservantes. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados neste trabalho, estão apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3, juntamente com a metodologia de análise adotada.

**Tabela 2: Parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água subterrânea.**

Parâmetro	Metodologia
Cloretos	Titulometria com AgNO <sub>3</sub>
Condutividade elétrica	<i>in situ</i> , em um condutivímetro DIGIMED DM-3P
Cor aparente	Comparação visual
Espécies metálicas	Espectrometria de absorção atômica com chama
Fluoreto	Método 4500 D
Nitrato	Fenoldissulfônico
Nitrito	Colorimétrico
Oxigênio dissolvido	<i>in situ</i> , em um medidor de oxigênio dissolvido LUTRON DO-5519
pH	<i>in situ</i> , em um pHmetro DIGIMED DM-2P
Sólidos totais	Gravimetria a 103-105°C
Sulfatos	Turbidimetria
Temperatura	<i>in situ</i>
Turbidez	Nefelometria

**Tabela 3: Parâmetros microbiológicos analisados nas amostras de água subterrânea.**

Parâmetro	Metodologia
Bactérias heterotróficas	Contagem de placas
<i>Escherichia coli</i>	Tubos múltiplos
Coliformes totais	Tubos múltiplos

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram comparados aos valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008 para águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, com exceção dos parâmetros bactérias heterotróficas, cor aparente e turbidez, que foram comparados com os valores máximos estabelecidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde. O VMP para cada parâmetro avaliado pode ser observado na Tabela 4.

**Tabela 4: Padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008 e pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.**

Parâmetro	Unidade	VMP	Parâmetro	Unidade	VMP
Alumínio	mg L <sup>-1</sup>	0,2	Fluoreto	mg L <sup>-1</sup>	1,5
Bactérias heterotróficas	UFC* mL <sup>-1</sup>	500	Manganês	mg L <sup>-1</sup>	0,1
			Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	10
Bário	mg L <sup>-1</sup>	0,7	Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	1
Cobre	mg L <sup>-1</sup>	2	Prata	mg L <sup>-1</sup>	0,1
Coliformes totais	NMP	ausência em 100 mL	Sódio	mg L <sup>-1</sup>	200
Cor aparente	uH	15	Sólidos totais	mg L <sup>-1</sup>	1000
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	250	Sulfatos	mg L <sup>-1</sup>	250
<i>Escherichia coli</i>	NMP**	ausência em 100 mL	Turbidez	NTU	5
Ferro	mg L <sup>-1</sup>	0,3	Zinco	mg L <sup>-1</sup>	5

\*UFC = unidade formadora de colônias.

\*\*NMP = número mais provável de coliformes totais ou *Escherichia coli* por substrato enzimático

As Tabelas 5 e 6 apresentam os valores referentes à mediana e ao 3º quartil, dos resultados obtidos para os parâmetros monitorados durante as seis campanhas realizadas.

Pode-se observar que, para a maioria dos parâmetros analisados, o valor referente à média, e também ao 3º quartil, ou seja, o valor abaixo do qual 75% dos resultados obtidos estão situados, apresenta-se inferior ao VMP utilizado para comparação.

Para os poços 1, 2 e 4, observa-se que o valor da mediana e também do 3º quartil para o metal alumínio apresentam-se superiores ao VMP. De maneira análoga, observa-se que o valor encontrado para o metal ferro, no poço 2, excede o limite estabelecido para a potabilidade. As concentrações elevadas desses metais parecem estar associadas à lixiviação de rochas basálticas presentes na região, e que compõe o estrato confinante, uma vez que não se detectou, até o momento, fontes de contaminação nestes locais.

**Tabela 5: Valores referentes à mediana e ao 3º quartil, dos resultados obtidos para os parâmetros analisados durante as seis campanhas realizadas, para os poços 1 e 2.**

Parâmetro	Unidade	Poço 1		Poço 2	
		Mediana	3º Quartil	Mediana	3º Quartil
<b>Alumínio</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,13	0,21	0,52	0,54
<b>Bactérias Heterotróficas</b>	UFC mL <sup>-1</sup>	2,50	3,25	3,25	3,37
<b>Bário</b>	mg L <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Cobre</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,03	0,03
<b>Coliformes totais</b>	NMP	Ausência	0,27	Ausência	Ausência
<b>Condutividade</b>	µS cm <sup>-1</sup>	225,5	231,5	401,5	403,5
<b>Cor aparente</b>	uH	7,5	8,8	10,0	12,5
<b>Cloretos</b>	mg L <sup>-1</sup>	2,75	6,77	8,57	9,03
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
<b>Ferro</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,08	0,07	0,26	0,50
<b>Fluoreto</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,56	0,65	0,96	1,1
<b>Manganês</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,015	0,017	0,015	0,100
<b>Nitrato</b>	mg L <sup>-1</sup>	2,64	2,85	0,69	0,71
<b>Nitrito</b>	mg L <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Oxigênio dissolvido</b>	mg L <sup>-1</sup>	8,85	9,23	5,50	6,60
<b>pH</b>	-	7,09	7,27	9,30	9,34
<b>Prata</b>	mg L <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Sódio</b>	mg L <sup>-1</sup>	15,8	21,0	110,6	143,9
<b>Sólidos totais</b>	mg L <sup>-1</sup>	177	193	288	311
<b>Sulfatos</b>	mg L <sup>-1</sup>	4,56	4,73	81,8	94,2
<b>Temperatura da água</b>	°C	21,0	21,0	34,8	37,9
<b>Temperatura do ar</b>	°C	23,5	29,8	20,5	24,8
<b>Turbidez</b>	NTU	0,39	0,47	2,15	4,28
<b>Zinco</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,03	0,04	0,05	0,05

**Tabela 6: Valores referentes à mediana e ao 3º quartil, dos resultados obtidos para os parâmetros analisados durante as seis campanhas realizadas, para os poços 3 e 4.**

Parâmetro	Unidade	Poço 3		Poço 4	
		Mediana	3º Quartil	Mediana	3º Quartil
Alumínio	mg L <sup>-1</sup>	0,12	0,14	0,22	0,27
Bactérias Heterotróficas	UFC mL <sup>-1</sup>	1	1	1	1
Bário	mg L <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cobre	mg L <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Coliformes totais	NMP	ausência	ausência	ausência	ausência
Condutividade	µS cm <sup>-1</sup>	753,5	767,0	737,5	745,5
Cor aparente	uH	7,5	8,8	5,0	7,5
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	27,05	27,70	27,65	28,04
<i>Escherichia coli</i>	NMP	ausência	ausência	ausência	ausência
Ferro	mg L <sup>-1</sup>	0,03	0,04	0,04	0,08
Fluoreto	mg L <sup>-1</sup>	3,00	3,47	2,99	3,33
Manganês	mg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	0,14	0,14	0,26	0,31
Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	4,75	5,57	4,80	5,37
pH	-	9,45	9,50	9,37	9,45
Prata	mg L <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	155,0	197,4	149,7	154,6
Sólidos totais	mg L <sup>-1</sup>	482	493	467	476
Sulfatos	mg L <sup>-1</sup>	221,5	230,3	220,0	229,8
Temperatura da água	°C	41	41	40	40
Temperatura do ar	°C	24,1	28,8	21,8	30,3
Turbidez	NTU	0,83	1,87	1,70	2,90
Zinco	mg L <sup>-1</sup>	0,05	0,07	0,04	0,07

É possível observar que o teor de fluoreto, para os poços 3 e 4, excede o limite de 1,5 mg L<sup>-1</sup>, tanto levando-se em consideração a mediana quanto o 3º quartil. De acordo com Silva *et al.* (2008), concentrações elevadas para este ânion são normalmente encontradas em águas subterrâneas com elevadas concentrações de sódio, alcalinidade, sulfatos e cloretos, advindas de zonas de confinamento profundo, o que pode justificar tais concentrações.

Observa-se ainda que, para o poço tubular 1, que o valor obtido para o 3º quartil apresenta-se superior ao VMP, em função de não ter sido observada a ausência de coliformes totais em pelo menos três das seis coletas realizadas.

## CONCLUSÕES

As amostras de água subterrânea do Aquífero Guarani coletadas na Serra Gaúcha apresentaram, em sua maioria, valores abaixo do VMP para potabilidade. Foram observados teores superiores ao VMP para os metais alumínio e ferro, que podem estar relacionados à composição geológica da região, e também de fluoreto, devido ao elevado nível de confinamento a que as águas estão sujeitas. Observou-se ainda, no poço com menor

profundidade (poço 1), valores para coliformes totais superiores ao limite, que determina a ausência destes, podendo indicar alguma influência antrópica.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. CAMPOS, H. C. N. S. Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guarani, Cono Sur. Acta Geológica Leopoldensia, v. 23, n. 4, 2000, p. 3-50.
2. SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva, v. 8, n. 4, 2003, p. 1019-1028.
3. SILVA, J. L. S. da; DRESSLER, V. L.; RIFFEL, E. S.; SANTIAGO, M. R. Ocorrências anômalas de flúor em águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Geografia. Ensino & Pesquisa, 2008, 12, 623-639.