

# XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS DE POÇOS DO AQUÍFERO SERRA GERAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Malva Andrea Mancuso<sup>1</sup>; Jéssica Formentini<sup>2</sup>; Samara Terezinha Decezaro<sup>2</sup>; Francéllwika  
Catharine Gomes de Azevedo<sup>2</sup> & Rúbia Carla Passaglia<sup>2</sup>

**Resumo** – Na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, o Sistema Aquífero Serra Geral – SASG é utilizado como principal fonte de abastecimento público de comunidades isoladas. O presente estudo teve como objetivo realizar a análise das características geoquímica dessas águas subterrâneas, nos municípios de Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito e Ametista do Sul. A análise das características geoquímicas foi realizada a partir de dados das fichas de perfuração de 47 poços, compiladas e disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Nos municípios de Ametista do Sul e Rodeio Bonito, as águas apresentaram características bicarbonatadas sódicas. A amostra coletada em Cristal do Sul apresentou também concentrações elevadas de bicarbonatos e sódio. Em relação aos municípios de Frederico Westphalen e Ametista do Sul, observam-se concentrações elevadas de sulfatos (até 427 mg/L), sódio (até 233 mg/L) e bicarbonatos (até 215 mg/L) nas águas de abastecimento. As águas apresentaram, em geral pH alcalino, sendo que em 10 amostras apresentaram pH > 9,5.

**Abstract** – In the northwestern of Rio Grande do Sul state, the Serra Geral Aquifer System - SGAS is used as the main source for water supply of rural communities. The present study aimed to perform the analysis of groundwater geochemical data for Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito and Ametista do Sul counties. The geochemical data were collected from the drilling reports of 47 wells, made available by the Geological Survey of Brazil - CPRM. In Ametista do Sul

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria: Professora Adjunto do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, malvamancuso@ufsm.br ;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW) e bolsista do Programa FIPT Chamada 06/2014. Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, jeformentitini@yahoo.com.br ;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, samaradecezaro@hotmail.com;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, francellwika@gmail.com;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, rubiapassaglia@hotmail.com;

and Rodeio Bonito counties, the water had sodium and bicarbonate, as the sample collected in Cristal do Sul with high concentrations of bicarbonates and sodium. Regarding Frederico Westphalen and Ametista do Sul counties, were observed high concentrations of sulfates (up to 427 mg/L), sodium (up to 233mg/L) and bicarbonates (up to 215 mg/L) in the drinking water. The water was generally alkaline, and in 10 samples pH was higher than 9.5.

**Palavras-Chave** – Formação Serra Geral; Geoquímica das Águas Subterrâneas; Abastecimento público.

## 1- INTRODUÇÃO

Na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, o Sistema Aquífero Serra Geral – SASG é utilizado como principal fonte de abastecimento público de comunidades isoladas (Sistema de Abastecimento Coletivo - AC e Sistema de Abastecimento Individual - SAI). A água captada nos poços tubulares é utilizada para abastecimento público, uso doméstico e usos múltiplos, dentre eles o desenvolvimento de atividades agroindustriais.

A Formação Serra Geral, é originária do conjunto de rochas magmáticas que recobrem a Bacia do Paraná, e abrange a região centro-sul do Brasil, estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina (CPRM, 2004).

O SASG apresenta característica de permeabilidade principal por fissuras, cuja hidrodinâmica se desenvolve ao longo de fraturas e descontinuidades, compreendendo zonas vesiculares e amigdaloidais de topo de derrame e zonas de disjunção horizontal. Estas feições, quando interceptadas por zonas de fraturas, favorecem a interconexão e podem viabilizar o armazenamento grandes volumes de água (Nanni, 2008).

A captação de águas subterrâneas para abastecimento público de cidades situadas sobre a Formação Serra Geral é, em geral, realizada pela exploração do SASG, visto que o aquífero subjacente (Sistema Aquífero Guaraní – SAG) se encontra a centenas de metros de profundidade, dificultando a exploração das suas águas. A Secretaria de Saúde regional, representada pela 19ª Coordenadoria Regional de Saúde (CRS) do Rio Grande do Sul, controla em conjunto com as Vigilâncias Sanitárias Municipais, a qualidade das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público e usos múltiplos na região, que se configuram no único recurso disponível para consumo nas áreas rurais dos municípios.

As características geoquímicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com as litologias que mantém contato e com os produtos das

atividades humanas, adquiridos ao longo do trajeto. Em geral, as águas do SASG são de excelente qualidade, com resíduo seco raramente superior a 50 mg/L, pH ácido e composição química bicarbonatada cálcica com  $Ca > Mg > Na$  (Lisboa e Menegotto, 1997).

Considerando a importância da qualidade dessa água que é consumida, em geral, sem tratamento prévio, o presente estudo teve como objetivo realizar a análise das características geoquímica das águas subterrâneas exploradas do Sistema Aquífero Serra Geral - SASG, nos municípios de Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito e Ametista do Sul, localizados na região noroeste do Rio Grande do Sul.

## 2- METODOLOGIA

A análise das características das águas subterrâneas exploradas do Sistema Aquífero Serra Geral - SASG, foi realizada a partir de dados geoquímicos de 47 poços, constantes nas fichas de cadastro da perfuração dos poços, compiladas e disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. As análises foram complementadas por informações constantes na base de dados hidrogeológica digital do SIAGAS (CPRM, acesso em 2014).

A área selecionada para a realização do estudo compreende os municípios de Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito e Ametista do Sul, localizados na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

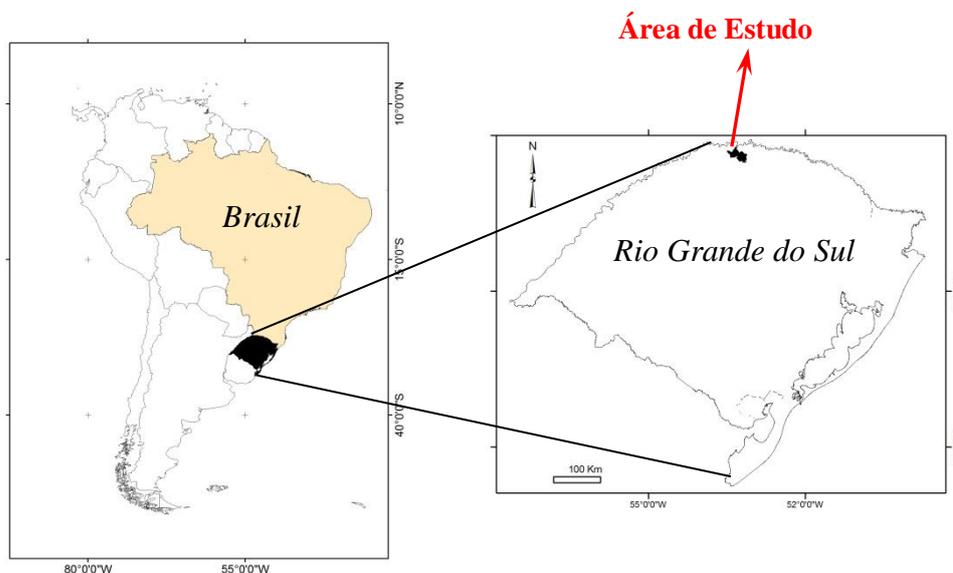


Figura 1. Localização da área de estudo. Municípios de Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito e Ametista do Sul, RS, Brasil

Fonte: Mapa base: BRASIL, 2010.

A espacialização das informações constantes nas fichas técnicas foi realizada por meio do *software ArcGIS 10* (ESRI, 2014).

Os dados geoquímicos foram utilizados para a elaboração do diagrama de Piper, por meio do *software Qualigraf 2009* (Fuceme, 2012). O diagrama foi confeccionado tendo como entrada as concentrações de  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  da água do poço. Entretanto, entre os dados dos 47 poços utilizados neste estudo, somente 5 poços apresentaram as análises dos elementos necessários para elaboração do diagrama de Piper.

Após a confecção dos mapas e diagramas e a partir de uma revisão bibliográfica sobre a geologia da área de estudo e as características do aquífero foi possível analisar o conjunto de poços quanto às suas características geoquímicas e qualidade das águas.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das análises químicas constantes nas fichas de cadastro da perfuração de 47 poços localizados nos municípios de Frederico Westphalen, Cristal do Sul, Rodeio Bonito e Ametista do Sul, constam na Tabela 1. A partir da análise das águas no diagrama de Piper (Figura 2), foi observada a predominância do ânion bicarbonato e o cátion sódio, nos poços B, 3422/rod2, p228squ-2 e 5320/SZA1. Sendo as águas classificadas bicarbonatadas sódicas. As concentrações de sódio, com base nas amostras pontuais dos 47 poços avaliados variaram entre 5 e 233 mg/L. A água do poço p-702/CAT.1 foi classificada como sulfatada sódica. Observa-se, entretanto que poços localizados nos municípios de Ametista do Sul e Frederico Westphalen apresentam concentrações elevadas de Sulfato (até 427 mg/L) e Sódio (233 mg/L).

Apesar das águas do SASG serem reconhecidas tipicamente por diversos autores (Bittencourt *et al.*, 2003; Machado, 2005; Lisboa, 1996) como águas bicarbonatadas cálcicas, Nanni (2008), Fraga (1986, 1992) e Rosa Filho *et al.* (1987) afirmam que a composição bicarbonatada sódica pode ocorrer em algumas partes do SASG, em águas oriundas de aquíferos subjacentes, a exemplo do Sistema Aquífero Guarani - SAG confinado e de aquíferos paleozóicos.

Manasses, Rosa Filho e Bittencourt (2007) em estudos no SASG na região sudoeste do estado do Paraná, também observaram predominância de águas bicarbonatadas sódicas, em 36,8% das amostras, encontrando também águas sulfatadas sódicas, mas em apenas 1,75% das amostras. Segundo os autores, águas sulfatadas sódicas não são comuns no SASG, em função dos baixos teores de sulfato presentes nesses basaltos. De acordo com os autores, teores mais elevados de sulfatos, quando encontrados, podem sugerir misturas por águas oriundas de aquíferos subjacentes.

Segundo Portela Filho et al (2005), quanto aos íons e minerais liberados, as águas do SASG são identificadas predominantemente como águas bicarbonatadas cálcicas, mas também podem ser constatadas tendências para águas bicarbonatadas cálcico-sódicas e cálcico-magnesianas e bicarbonatadas sódicas.

Tabela 1. Qualidade das águas subterrâneas

Nome	Latitude	Longitude	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca	Mg	K	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Na	pH	CE	SDT
3389/bap1	6961056	282297	109	32		6	0,5	0,4		58	9,4	268	210
1247/toc1	6957714	279226	189,1		4	35,1	15	1,2	1,8	62	7,4	325,6	225
B	6963326	289007	108	30	2	3	0,9	0,7	8,2	10	9,6	301	250
C	6963253	289768	128	20	1	0,3	0	0,3		65	8,4	285	206
3421/gio1	6962759	286517	128	5	2	19	4	0,3		8	8,4	179,7	139
1737/rod	6957732	287212	104,9		1	19,2	7,3	0,8	1,1	11	7,4	180,1	159,3
3422/rod2	6958559	286241	93	53	11	1	0,1	0,3	16	81	9,9	431	252
1392/lep2	6966996	285060	89,1		3	15,2	6,1	1,4	4,1	8	7,4	157,6	123,4
3161/pbu1	6960928	289272	123	4	1	16	4	0,8		11	8,2	197,2	135
1770/ani1	6961426	285074	101,3		0	17,6	3,2	0,9	1,2	14	7,6	165	150,7
1770/ani1	6961426	285074	68	48	2	0,3	0,8	0,2		63	9,9	268	228
p228squ-2	6957674	280919	131,8	24	1	2	0,7	0,2	4,5	50	8,8		240,9
6673/rbf	6958995	285054	126		4,6	18	4,3		2,6	50	8,1	228	206
3066/AME4	6966935	265149	111		0	17	7				7,4	175,4	142
5341/TAL3	6970996	289332	4	71	13	1	0,21		104	117	10	NA	365
5222/ABN2	6975607	281771	43	31	7,2	2	0,4				9,6	337	
6108/ABN3	6976302	282542	54	41	4,46	1,4	0,2				9,7	351	
6109/ATB1	6969765	281765	70	75	2,67	5	2		52,7	75	9,4	343	246
4317/TES1	6975197	278009	139	38	<LQM(LQM=1,0)	0,3	0,2		44	81	9,4	358	238
4795/ASK1	6971128	278910	89	66	12	1	0				9,5	578	
3067/AAO1	6969264	282931	103	62	0	0,9	0		16,6	74	9,4	304	242
5335/SNK1	6968036	283994	104		<LQM(LQM=1,2)	8	5		3,9	68	8	182,4	265
6126/TDA1	6972759	266137	68	99	3,29	6,2	0,49		73,3	122	9,5	505	372
5320/SZA1	6970145	284416	47	32	<LQM(LQM=1,0)	2	0,1	0,3	4,7	80	9,6	307	236
4941/TAJ1	6969150	279058	124	8	14	5	2		3,2	31	8,9	NA	156
6645/CCJ2	6964034	279103	82	38	0,7	3,8	0,97		5,6	79	8,7	273	149
6512/AAZ 1	6969368	274582	100	20	0,87	1,8	0,97		6,3	66	9,1	271	222
p-702/CAT.1	6972816	274551	6,1	9,6	113	47,6	1	0,5	427	233	9	1156	987,2
1694 CAT 4	6971639	273680	104,9	16,8		7,6	0,5	0,7	4,3	52	9,3	235,4	220,5
3213/ECZ2	6972872	268820	194	4		21	8	0,5	0,1	42	8,3	315	250
PM 567	6969585	259136	88		1,28	10	2,2			25	7,8	169,4	155
1 (4919/12)	6967946	259512	75	83	1,6	7,9	1,2		<LQM	48	9,8	403	312
6	6968097	259847	73	32	0,7	2,2	0,24		<LQM	94	8,8	233	155
6513/ FDW	6983403	267613	43	40	5,54	4,6	1,6		378	73	9,5	338	248
6100/FDW1	6984253	267755	49	39	113	38	2		94	107	9,8	NA	450
3238/FQS1	6969874	260169	135	38	1	0,8	0,7	0,5	1,2		9,6	341	267
1774/GET1	6975685	271204	76,9	22,8		2	0,2	0,3	3,3	63	9,3	253	212,9
5146/LPP 1	6980215	268420	142	4	<LQM	27	12		1,5	9	8,3	258	178
1829/BRZ 1	6968547	266090	125,7		17	30,5	4,1	0,5	2,7	33	7,8	282,7	223,5
3117/PUA 2	6977003	273638	43	60	5		0,9	0,5	9,5	82	9,8	326	259
6182/FWP 1	6972631	261164	215		24,5	36	8		18,9	31	7	407	232
Prefeitura	6973228	263958	118	23	2	1		0,2	1,8	61	9,3	243	246
PM566	6968688	269038	115	51	7,2	3,8	0,49		7,2	87	9,2	361	260
2945/JPT1	6980430	271072	146	5	4	6	4	0,9		51	8,6	259	225
5153/JPT2	6979490	270357	89		ND	17	7		0,69	5	7,3	159,2	120
Prefeitura	6981143	265586	123		2	19	5	0,5	0,7	19	7,9	195,4	239
6190/FWV1	6966533	260185	68	37	ND	3	0,4		ND	49	9,4	269	156

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = Bicarbonatos (mg/L); CO<sub>3</sub><sup>-</sup> = Carbonatos (mg/L); Cl<sup>-</sup> = Cloretos (mg/l); Ca = Cálcio (mg/l); Mg = Magnésio (mg/l); K = Potássio (mg/L); SO<sub>4</sub><sup>-</sup> = Sulfatos (mg/L); Na = Sódio total (mg/L); pH – potencial hidrogeniônico; CE = Condutividade (µS/cm à 25°); SDT = Sólidos dissolvidos totais (mg/L).

Fonte: Fichas de cadastro de perfuração disponibilizadas pela CPRM em 2013

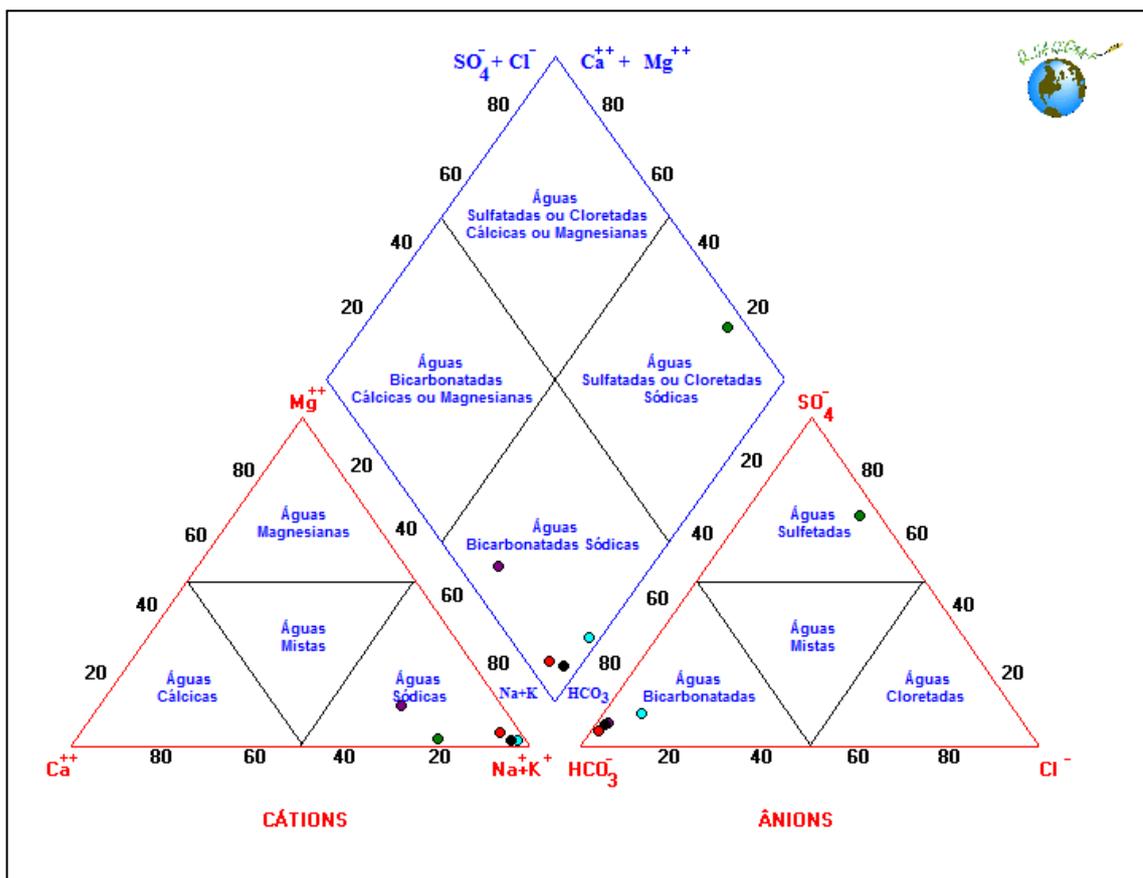


Figura 2. Diagrama de Piper para os poços da área de estudo

Quanto à salinidade, as águas dos poços apresentaram valores inferiores a 280 mg/L, na maioria das amostras (90%). Sendo esse valor ultrapassado em 5 poços da área de estudo, atingindo valores de 987,2 mg/L, em águas sulfatadas sódicas (p-702/CAT.1, Frederico Westphalen).

Em relação ao pH, os valores observados encontram-se entre 7,3 e 10. Entretanto, 53% das águas apresentaram pH superior a 9. Mobus (1987) afirma que o aumento do pH é proporcional à quantidade de águas bicarbonatadas sódicas.

Segundo Machado e Freitas (2005), nas águas do SASG, valores maiores de pH (entre 9 e 10), salinidade e teores de sódio podem ser encontrados nas áreas influenciadas por descargas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani.

Com vista a analisar a adequabilidade das águas do SASG utilizadas para abastecimento público nos municípios estudados, foram comparados as concentrações dos elementos presentes nas amostras de águas analisadas com os padrões de potabilidade constantes na Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011). Observa-se que a Portaria estabelece parâmetros para os seguintes elementos:  $\text{Cl}^-$ ; Ca e Mg,  $\text{SO}_4^-$ ; Na; pH; e SDT.

O Valor Máximo Permitido (VMP) para  $\text{Cl}^-$  estabelecido pela Portaria nº 2914 é de 250 mg/L. De acordo com a Tabela 1, as águas não apresentaram concentrações superiores ao estabelecido

pela Portaria, sendo o maior valor encontrado de 113 mg/L, nos poços p-702/CAT1 e 6100/FDW1. A maioria dos poços apresentaram valores entre 0 e 14 mg/L de Cl<sup>-</sup>.

Segundo a FUNASA (Brasil, 2009), a Dureza Total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons Ca e Mg na água, expressos como carbonato de cálcio. Assim, para comparação de valores, somou-se os valores de Ca e Mg apresentados na Tabela 1 para cada poço e fez-se a comparação com o VMP da Dureza estabelecido pela Portaria 2914, o qual é de 500 mg/L. Em relação à Dureza, nenhum dos poço ultrapassou o VMP pela Portaria. O maior valor encontrado para Dureza foi de 50,1 mg/L no poço 1247/toc1 e o menor foi de 0,3 mg/L no poço C.

Quanto ao K, observa-se que nenhum poço apresentou valor de K superior a 10 mg/L.

Em relação ao SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, o VMP pela Portaria 2914 é de 250 mg/L. Neste caso, os poços p-702/CAT.1 e 6513/FDW apresentaram valores superiores ao VMP, com 427 e 378 mg/L, respectivamente. Garcez (2004), diz que a presença do sulfato em águas de abastecimento público deve ser controlada, uma vez que pode provocar efeitos laxativos. Para o mesmo autor, o sulfato presente nas águas subterrâneas tem origem da dissolução de solos e rochas.

Para o Na, o VMP na Portaria 2914 é de 200 mg/L, sendo que apenas o poço p-702/CAT.1 apresentou valor superior a este, de 233 mg/L, mais 91% dos poços apresentaram valores entre 5 e 95 mg/L.

Os valores estabelecidos pela Portaria 2914 para pH devem respeitar o intervalo de 6,0 a 9,5. Aproximadamente 53% dos poços apresentaram valores de pH superiores a 9,0, sendo que destes, 9 poços apresentaram valores superiores a 9,5 e um poço apresentou pH 10 (5341/TAL3).

Para os SDT, o maior valor encontrado é de 987,2 mg/L para o poço p-702/CAT.1. Porém, não ultrapassa o VMP pela Portaria 2914, que é de 1000 mg/L. Aproximadamente, 56% dos poços apresentaram valores entre 200 e 300 mg/L de SDT.

#### **4- CONCLUSÃO**

Para os municípios de Ametista do Sul e Rodeio Bonito, as águas apresentaram características bicarbonatadas sódicas. A amostra coletada em Cristal do Sul apresentou também concentrações elevadas de bicarbonatos e sódio. Em relação aos municípios de Frederico Westphalen e Ametista do Sul, observam-se concentrações elevadas de sulfatos, sódio e bicarbonatos nas águas de abastecimento.

Quanto à qualidade das águas dos poços profundos, em relação ao VMP dos parâmetros Cl<sup>-</sup>; Ca e Mg, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; Na; pH; e SDT, indicados pela Portaria 2914, as amostras apresentaram salinidade com valores baixos, na maioria das amostras (< 250 mg/L) e os valores de Cl<sup>-</sup>, Dureza e SDT não ultrapassaram os VMP estabelecidos pela Portaria MS 2914/11. Entretanto, em relação ao pH, dos

47 poços avaliados, 10 poços apresentaram valores de pH > 9,5, acima do VMP indicado pela legislação.

Em relação ao  $\text{SO}_4^-$ , o VMP pela Portaria 2914 é de 250 mg/L. Neste caso, os poços p-702/CAT.1 e 6513/FDW apresentaram valores superiores ao VMP, com 427 e 378 mg/L, respectivamente. O poço p-702/CAT.1 apresentou valor superior a este, de 233 mg/L de Na, sendo este superior a 200 mg/L, VMP indicado pela Portaria 2914.

As águas de abastecimento dos municípios estudados apresentaram, em geral pH extremamente alcalino e elevadas concentrações de bicarbonatos, sódio e sulfatos, seguidas pelas concentrações de cálcio.

## **5- AGRADECIMENTOS**

Projeto: CNPq/VALE S.A N° 05/2012 - FORMA-ENGENHARIA

## **6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. Governo Federal. Portal Brasileiro de Dados Abertos: Malha geométrica dos municípios brasileiros / Malha geométrica dos municípios do Rio Grande do Sul (RS) em 2010. 2010. Disponível em: <<http://dados.gov.br/dataset/malha-geometrica-dos-municipios-brasileiros/resource/00f14b6b-b016-43b2-a96f-81f90b98dceb>>. Acesso em janeiro de 2014.

BRASIL. Governo Federal. Ministério da Saúde. Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011. 2011.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual prático de análise de água. 3 ed., Brasília, 2009.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12/12/2011. Brasília, 2011.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Excursão virtual aos Aparatos da Serra – RS/SC. Superintendência Regional de Porto Alegre. Out. 2004.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. SOPS – SEMA – DRH / RS – CPRM. 2005.

ESRI. ArcGIS for Server, v.10. 2014.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (coordenação). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2 ed. 2000.

FRAGA, C. G. Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná, São Paulo, Dissertação (Mestrado), USP. 1986.

FRAGA, C. G. Origem de Fluoreto em Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná, São Paulo, Tese (Doutorado), USP. 1992.

FUCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e recursos hídricos. Disponível em: <[www.funceme.br/index.php/softwares/qualigraf](http://www.funceme.br/index.php/softwares/qualigraf)>. Acesso em: 20 de Agosto. 2013.

GARCEZ, L. N. Manual de procedimento e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2004.

LISBOA, N. A.; MENEGOTTO, E. Diferenciações hidrogeoquímicas no sistema aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 489-496, 1997.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. (Coord). Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005.

MANASSES, F.; ROSA FILHO, E. F. da; BITTENCOURT, A. V. L. Estudo hidrogeoquímico da formação Serra Geral na região sudoeste do estado do Paraná. Águas Subterrâneas, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2007.

MOBUS, G. Análise estrutural e hidrogeológica do aquífero fraturado da Formação Serra geral – Região Noroeste do Rio Grande do Sul. 125 p. Curso de pós-graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

PORTELA FILHO, C. V. et al. Compartimentação magnética estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral e sua conectividade com o sistema Aquífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). Revista Brasileira de Geociências, 35, p. 369-381, set 2005.

ROSA FILHO, E. F.; SALAMUNI, R.; BITTENCOURT, A. V. L. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, n 37, p. 22-52.1987.