



## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

### CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO SANGA DO CABRAL/PIRAMBOIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA (RS) ATRAVÉS DA REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS)

*Isadora Aumond Kuhn<sup>1\*</sup>; Guilherme Casarotto Troian<sup>2</sup>; Marcelo Gofferman<sup>3</sup>; Eliel Martins Senhorinho<sup>4</sup>; Marcos Alexandre de Freitas<sup>5</sup>*

**Resumo** – Desde 2010 a Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS-CPRM) vem monitorando os principais aquíferos sedimentares do Brasil. Na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (BHRSM), a RIMAS possui oito poços de monitoramento, localizados sobre a área de afloramento do Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia, que compõe o Sistema Aquífero Guarani. O objetivo deste estudo foi apresentar e analisar os dados hidroquímicos obtidos pela RIMAS nestes poços, com a intenção de caracterizar a evolução geoquímica e fluxo das águas subterrâneas no aquífero. Para tanto, foram calculadas as cargas hidráulicas dos poços, que foram divididos em dois grupos. As águas foram classificadas com diagrama de Piper, os teores dos íons maiores foram comparados entre os grupos utilizando-se a proporção de enriquecimento/empobrecimento em cada íon, foram calculados índices hidrogeoquímicos e foram plotados perfis horizontais de teores destes íons. Os resultados obtidos revelaram que as linhas de fluxo subterrâneo possuem tendência geral SO-NE, com áreas de recargas importantes no Município de Santana do Livramento e área de descarga nos Municípios de Cacequi e Rosário do Sul, coerente com dados da literatura.

**Palavras-Chave** – Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas; Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria; Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia.

### CHARACTERIZATION OF SANTA MARIA RIVER WATERSHED'S GROUNDWATER FROM SANGA DO CABRAL/PIRAMBOIA AQUIFER SYSTEM BY THE GROUNDWATER MONITORING NETWORK

**Abstract** – Since 2010 the main sedimentary aquifers in Brazil have been monitored by the Brazilian Groundwater Monitoring Network (RIMAS). In Santa Maria River Watershed, there are 8 monitoring wells, located on the outcrop of Sanga do Cabral/Piramboia Aquifer System, which composes the Guarani Aquifer System. This study aims to present and analyze

<sup>1</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – isadora.kuhn@cprm.gov.br

<sup>2</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – guilherme.troian@cprm.gov.br

<sup>3</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – marcelo.gofferman@cprm.gov.br

<sup>4</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – eliel.senhorinho@cprm.gov.br

<sup>5</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – marcos.freitas@cprm.gov.br



## XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

the hydrochemical data obtained from these wells, characterizing the groundwater hydrochemical evolution and flow in the aquifer. Hydraulic charges of the wells were calculated and they were divided in to two groups. Chemical classification of the waters was done using Piper Diagram. The concentrations of major ions and chemical ratios were used to compare the two groundwater groups. Horizontal chemical profiles were plotted. The results show that the groundwater flow have general direction SW-NE. The major recharge area is located in the Santana do Livramento Municipality and the major discharge area is located in Cacequi and Rosario do Sul Municipalities, similar to bibliographies' data.

**Keywords** – Groundwater Monitoring Network; Santa Maria's River Wathersed; Sanga do Cabral/Piramboia Aquifer System

### INTRODUÇÃO

Desde 2010 a RIMAS - Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2017a) - vem monitorando os principais aquíferos sedimentares do Brasil. Seu principal objetivo é realizar o monitoramento integrado das águas superficiais e subterrâneas do país. No Rio Grande do Sul, o monitoramento está sendo feito no Sistema Aquífero Costeiro e Sistema Aquífero Guarani (SAG), sendo este último objeto deste artigo.

Os poços de monitoramento existentes na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no RS formam uma rede com boa distribuição espacial e com séries de dados de níveis da água e precipitações pluviométricas de até seis anos, além de análises físico-químicas. Na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, a RIMAS possui oito poços de monitoramento, todos locados sobre a área de afloramento do Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia.

O objetivo deste estudo é apresentar e analisar os dados hidroquímicos, obtidos pela RIMAS, das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia, que compõe o SAG na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (BHRSM).

### ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (Sub-bacia U70) conforme a divisão estadual de bacias adotada pela SEMA (SANTOS, 2008), abrange as zonas urbanas dos municípios de Santana do Livramento, Dom Pedrito, Rosário do Sul e Cacequi. O rio Santa Maria nasce a nordeste de Dom Pedrito e desemboca no rio Ibicuí, sendo seu uso principal a irrigação. Déficits hídricos são verificados na bacia, principalmente nos meses de verão, quando ocorrem as demandas para orizicultura (SEMA, *site*).

De acordo com o Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul (Machado & Freitas, 2005), a BHRSM é composta pelos Sistemas Aquíferos Botucatu/Guará I, Sanga do Cabral/Piramboia, Aquitardos Permianos, Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito e Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III. Os poços da RIMAS estão locados predominantemente em áreas de afloramento do Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia, que constitui

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

aquíferos intergranulares com média a baixa potencialidade para águas subterrâneas. Informações sobre as unidades aquíferas podem ser encontradas nos mapas de Diniz *et al.* (2014) e CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2010).

Wandscheer *et al.* (2003), utilizando dados da plataforma SIAGAS, diagnosticou que o principal uso da água subterrânea na BHRSM é doméstico, seguido da irrigação de lavouras. A Formação Piramboia ocupa cerca de 30% da área da bacia (Figura 1) e a maior parte dos poços tubulares existentes na Bacia está sobre área de afloramento do SAG, principalmente da Formação Rosário do Sul, correlata a Formação Piramboia.

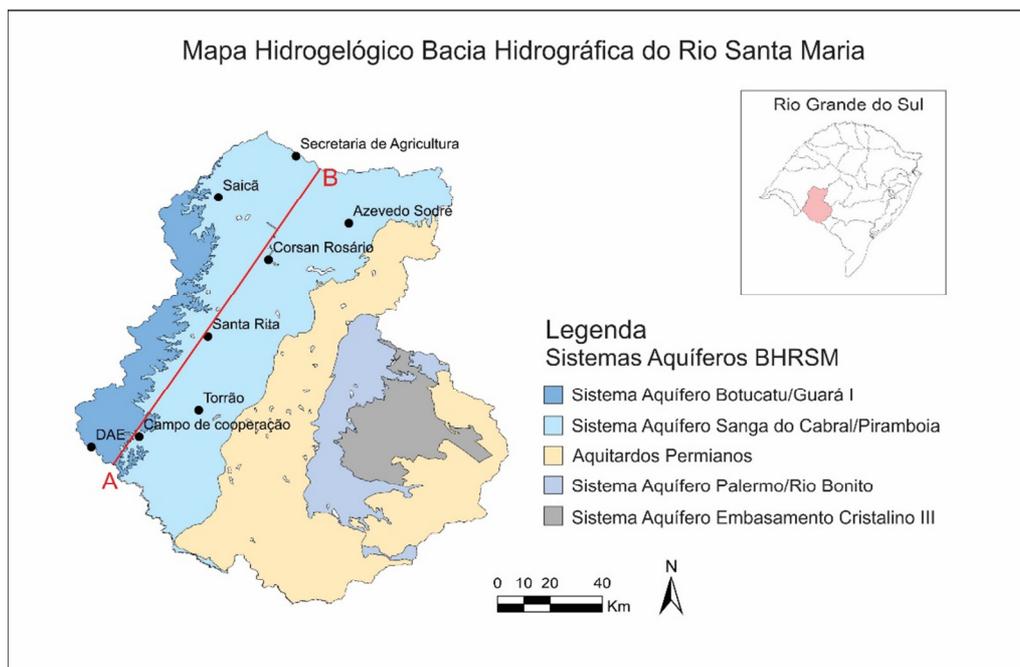


Figura 1 – Mapa da BHRSM, com poços da RIMAS e traçado da seção (A'B) do qual foi elaborado o perfil hidroquímico.

## METODOLOGIA

As cargas hidráulicas (CH) de oito poços de monitoramento da RIMAS localizados na BHRSM foram calculadas através da subtração da medida do nível estático no poço do valor da cota do terreno - obtida por levantamento topográfico com GPS geodésico. Os poços foram divididos entre poços com maior carga hidráulica (Grupo 1, CH > 100 m) e poços com menor carga hidráulica (Grupo 2, CH < 100 m), conforme exposto na Tabela 1.

A classificação hidroquímica foi feita através de diagramas de Piper processados no software Qualigraph (FUNCEME, 2007). Os teores dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  e condutividade elétrica destes grupos foram comparados utilizando-se a proporção de enriquecimento/empobrecimento em cada íon e utilizando índices hidrogeoquímicos para



**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

caracterizar a evolução geoquímica das águas subterrâneas no aquífero. Foram plotados perfis horizontais de teores destes íons (conforme seção tracejada na Figura 1), permitindo a visualização da variação espacial destas concentrações.

Tabela 1 – Poços de monitoramento com cota, nível estático e carga hidráulica (CH\*), em metros.

SIAGAS	Nome do poço	Município	Cota do terreno	Nível Estático	CH*	Grupo
<a href="#">4300022667</a>	DAE	Santana do Livramento	224	64	160	1
<a href="#">4300021602</a>	Campo de Cooperação	Santana do Livramento	180	43,95	136,05	
<a href="#">4300020126</a>	Torrão	Santana do Livramento	186,77	18,6	168,7	
<a href="#">4300020123</a>	Santa Rita	Santana do Livramento	193,23	37,62	155,61	
<a href="#">4300020532</a>	CORSAN Rosário	Rosário do Sul	104,5	9,55	94,95	2
<a href="#">4300020125</a>	Azevedo Sodré	São Gabriel	109,44	10,43	99,01	
<a href="#">4300022636</a>	Saicã	Cacequi	110	12,61	97,39	
<a href="#">4300022634</a>	Secretaria Agricultura	Cacequi	97	2,68	94,32	

A Tabela 2 apresenta os teores de íons maiores, pH e condutividade de amostras coletadas no ano de 2016 nos oito poços de monitoramento e as concentrações médias dos dois grupos de poços.

Tabela 2 – Concentrações de Na, K, Ca, Mg, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (em ppm) e condutividade elétrica (Cond, em µS/s).

SIAGAS	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cond
DAE	8,787	4,435	16,39	7,234	13,3	-	56,8	10,86	135,3
Campo de cooperação	14,345	3,022	26,678	2,769	1,19	0,1	128,8	0,58	137,4
Torrão	49,396	3,002	73,247	9,507	8,45	0,37	386,7	1,53	402
Santa Rita	6,403	2,473	21,733	2,141	1,09	0,014	88,1	0,12	102,5
<b>MÉDIA</b>	<b>19,733</b>	<b>3,233</b>	<b>34,512</b>	<b>5,413</b>	<b>6,008</b>	<b>0,161</b>	<b>165,1</b>	<b>3,273</b>	<b>194,3</b>
CORSAN Rosário	5,497	2,419	5,387	1,668	0,67	-	34,65	0,15	45
Azevedo Sodré	19,113	1,201	24,099	1,972	1,76	0,07	129,3	0,96	176,4
Saicã	92,849	1,688	7,367	0,369	29,49	17,87	175,5	18,31	321
Secretaria Agricultura	8,239	2,708	6,191	1,168	1,34	-	46,97	0,26	65,1
<b>MÉDIA</b>	<b>31,425</b>	<b>2,004</b>	<b>10,761</b>	<b>1,294</b>	<b>8,315</b>	<b>8,970</b>	<b>96,605</b>	<b>4,92</b>	<b>151,87</b>

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017  
Florianópolis- SC

**Classificação química**

As águas subterrâneas dos poços do Grupo 1 são classificadas como Bicarbonatadas Cálcicas, ao passo que nos poços do Grupo 2, as águas são Bicarbonatadas Cálcicas, Mistas e Bicarbonatadas Sódicas (Figura 2), denotando uma evolução geoquímica das zonas de maior carga hidráulica para as de menor carga hidráulica. Hausman (1995) classificou as águas subterrâneas da Subprovincia Rosário do Sul (correlata à Formação Piramboia) como Bicarbonatadas Sódicas.

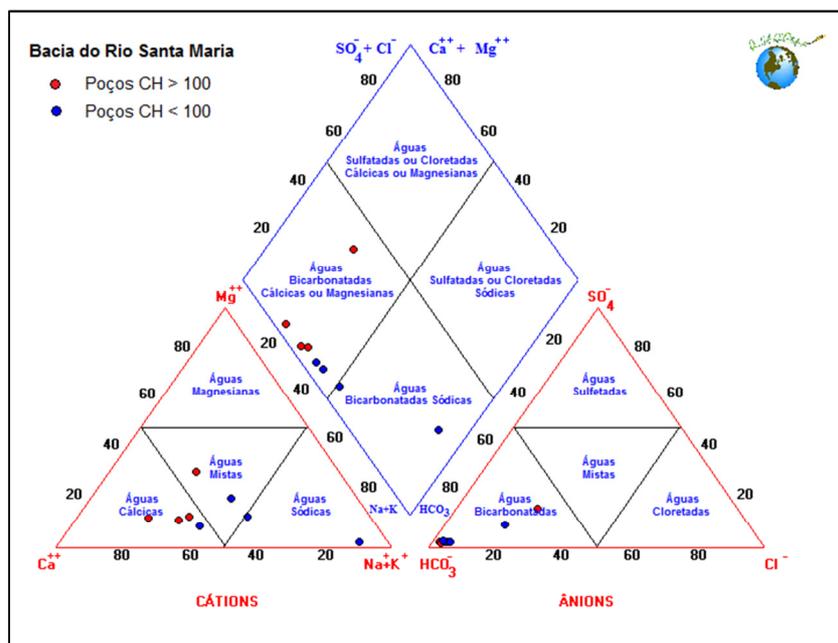


Figura 2 – Diagrama de Piper com a classificação química dos poços da RIMAS na BHRSM.

Segundo Custodio & Llamas (1998), esta mudança é natural na evolução da composição química de águas subterrâneas de circulação regional, esperando-se o aumento da proporção dos cátions seguindo a seguinte ordem:  $Ca^{+2} \rightarrow Mg^{+2} \rightarrow Na^{+}$ . Esta evolução pode também ser constatada através do incremento das concentrações médias de  $Na^{+}$  e  $Cl^{-}$  e redução das concentrações de  $Ca^{+2}$  e  $HCO_3^{-}$  dos poços com maior CH para os poços com menor CH, conforme exposto na Tabela 2.

Os índices hidrogeoquímicos como  $K^{+}/Na^{+}$  e  $Cl^{-}/HCO_3^{-}$  (com as concentrações em meq/l) também permitem a observação da evolução geoquímica das águas, pois variam com o aumento da concentração destas, sendo úteis para a determinação do sentido do fluxo subterrâneo.  $K^{+}/Na^{+}$  varia de 0,096 nos poços do grupo 1 para 0,037 nos poços do grupo 2, enquanto que  $Cl^{-}/HCO_3^{-}$  varia de 0,063 para 0,148.

**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017  
Florianópolis- SC

**Perfis hidroquímicos**

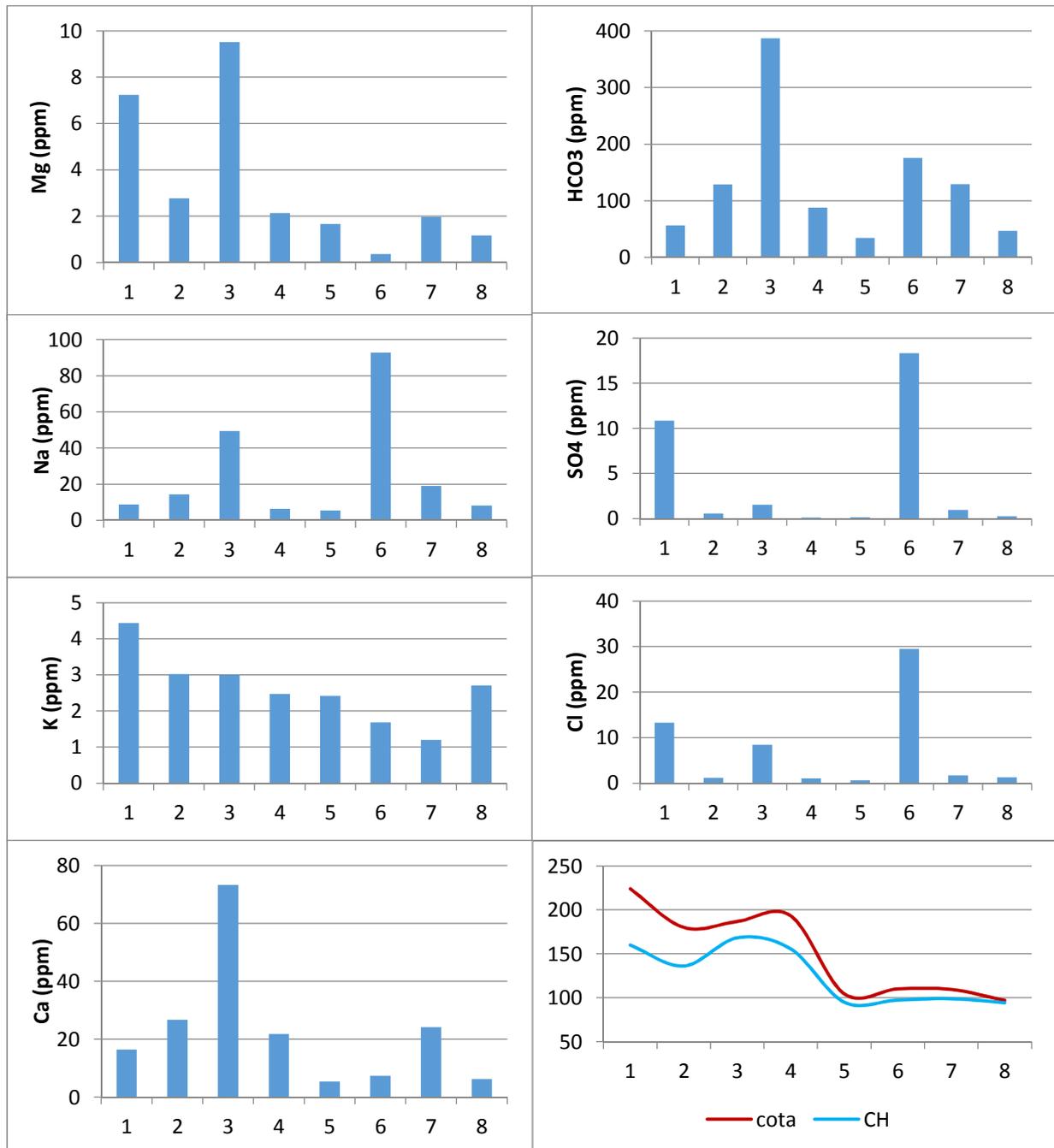


Figura 3 – Perfis hidroquímicos e cota/carga hidráulica. 1: DAE; 2: Campo de Cooperação; 3: Torrão; 4: Santa Rita; 5: CORSAN Rosário; 6: Saicã; 7: Azevedo Sodré; 8: Secretaria da Agricultura. CH = Carga hidráulica.



## **XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**

**Florianópolis- SC**

O traçado de perfis hidroquímicos (Figura 3) revela que há um padrão na distribuição dos íons maiores no aquífero, que é relacionado ao fluxo subterrâneo. Isto pode ser observado principalmente pela diminuição progressiva das concentrações de  $K^+$  e  $Mg^{+2}$  e aumento das concentrações de  $Cl^-$  e  $SO_4^{-2}$  dos poços 1 ao 8 na Figura 3.

O poço Torrão (3) possui as maiores concentrações de  $Ca^{+2}$  e  $HCO_3^{-2}$ , características hidroquímicas que supõe área relativamente próxima para infiltração de chuvas. De fato, se trata do poço com maior carga hidráulica, podendo esta região ser considerada uma importante área de recarga do aquífero.

Por outro lado, as maiores concentrações de  $SO_4^{-2}$  e  $Cl^-$  ocorrem no poço Saicã (6), pertencente ao Grupo 2. Tal característica hidroquímica sugere que a área de infiltração de chuvas está relativamente distante. Além disto, a presença de litologias pelíticas como siltitos argilosos e siltitos arenosos (pertencentes, possivelmente, à Formação Sanga do Cabral), sobrepostas às unidades arenosas aquíferas (relacionadas possivelmente à Formação Piramboia) pode sugerir condições locais de semi-confinamento do aquífero nesta região.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A comparação das cargas hidráulicas dos poços com os teores e índices hidroquímicos se mostraram úteis na caracterização da evolução química das águas e do fluxo subterrâneo do Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia da BHRSM.

Os dados obtidos permitem considerar que as linhas de fluxo possuem uma tendência geral SO-NE. Wandscheer *et al.* (2003), através do traçado da superfície potenciométrica do aquífero, diagnosticaram a mesma direção de fluxo e, segundo os autores, o fluxo subterrâneo serve para perenizar o curso dos rios subsequentes, estando relacionado com a Cuesta do Haedo, unidade geomorfológica com relevo homoclinal dissimétrico com front voltado para Leste, e cujo reverso suave decai em direção ao rio Uruguai.

Da mesma forma, os dados aqui apresentados corroboram o traçado das linhas de fluxo do Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (MACHADO & FREITAS, 2005), com as áreas de recargas mais importantes em áreas localizadas no Município de Santana do Livramento, próximas ao poço Torrão e uma importante área de descarga entre os Municípios de Cacequi e Rosário do Sul, próximas ao poço Saicã.

Este estudo vem complementar e fornecer mais informações a respeito da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, apresentando os dados da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas que estão disponíveis para uso público.

### **REFERÊNCIAS**

CUSTODIO, E; LLAMAS, M. (1983). *Hidrología subterránea*. 2.ed. Barcelona: Omega.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS (CPRM) 2006. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, CPRM. Escala 1:750.000.



**XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**26 de novembro a 01 de dezembro de 2017**  
**Florianópolis- SC**

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Hidrogeológica do Brasil ao Milionésimo: Folha SH.22 Porto Alegre; Bloco Sul. Brasília: CPRM, 2010. 1 CD-ROM; Escala 1: 1000.000. SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: <<http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 05 maio. 2017.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Rio de Janeiro, 2017b. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 05 maio 2017.

DINIZ, J. A. O.; BOMFIM, L. F. C.; FREITAS, M. A. de (Coord.). Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Recife: CPRM, 2014. Escala 1:1.000.000. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=756&sid=9>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2007. Disponível em: <<http://www.funceme.br/produtos/manual/projetos/qualigraf/>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

HAUSMAN, A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul - RS. Acta Geológica Leopoldensia. 2, 1-127.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul**: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM Escala 1:750.000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/relatoriohidrogeoRS.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

SANTOS, E. R. O. (Coord.) Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul - Edição 2007/2008, 2008. Porto Alegre: SEMA, Divisão de Planejamento e Gestão/DRH, 284 p.

SEMA, disponível em <<http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-do-rio-santa-maria>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

WANDSCHEER, E.A; SILVÉRIO DA SILVA, J.L.; BERRO, S. (2003). Avaliação da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS. In *Anais do V Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Santa Maria, Ago. 2004, 1, pp. 1-13.