

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DOS AQUIFEROS FRATURADOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Pedro Antônio Roehe Reginato¹ & Adelar José Strieder²

Resumo - Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas do sistema aquífero fraturado da Formação Serra Geral. A área de estudo localiza-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e em parte da bacia hidrográfica Taquari-Antas. A caracterização hidroquímica foi realizada por meio da análise de 177 amostras de análise químicas onde identificou-se que na região as águas subterrâneas estão distribuídas em três campos principais: águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%), águas bicarbonatadas sódicas (18,4%) e águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%). Além disso, observou-se que o principal problema relacionado a qualidade das águas subterrâneas desse sistema aquífero está relacionado com a presença de Ferro e Manganês.

Abstract - This paper aims to present the hydrodynamic characterization of underground water of the fractured aquifer system of *Serra Geral* Formation. The study area is situated in the Northeastern region of the state of Rio Grande Do Sul and in part of the *Taquari-Antas* hydrographic basin. The hydrochemical characterization was carried out through 177 samples of chemical analysis where it was identified that the underground water in the region is distributed in three main fields: calcium or magnesium bicarbonate waters (80,1%), sodium bicarbonate waters (18,4%) and calcium or magnesium sulfate waters (1,4%). Moreover, it was observed that the main problem related to the quality of underground water of this aquifer system is due to the presence of Iron and Manganese.

Palavras-Chave - Hidroquímica de Aquíferos Fraturados; Aquíferos Fraturados; Aquífero Serra Geral.

¹ Universidade de Caxias do Sul (UCS) / Centro de Ciências Exatas da Natureza e Tecnologia (CENT) – Departamento de Ciências Exatas e da Natureza (DCEN) – Alameda João dal Sasso, 800 – Bento Gonçalves/RS – CEP 95.700-000 – Tel. (54) 452-1188 e-mail: parregin@ucs.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Escola de Engenharia (EE) – Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN) – Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 502B – Porto Alegre/RS – CEP 90.035-190 – adelir@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul consiste numa região econômica de amplo desenvolvimento do estado, caracterizada por um grande crescimento do setor industrial e agropecuário (Leite; Haase, 1999). Nessa região a utilização de recursos hídricos cresce a cada ano, sendo que os recursos subterrâneos passam a ter um papel cada vez maior, em função do aumento da demanda. Como exemplos dessa crescente utilização e da importância desse recurso pode-se citar a existência de cidades cujo abastecimento público é exclusivamente feito por meio de recursos hídricos subterrâneos (municípios como Antônio Prado, Flores da Cunha, Nova Roma, Nova Pádua, Monte Belo do Sul). Outro ponto importante que favorece a utilização desse recurso está relacionado com a qualidade das águas subterrâneas, visto que em geral, as mesmas são de boa qualidade.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidroquímica do aquífero fraturado, visando apresentar dados concretos sobre a qualidade das águas subterrâneas para toda a região nordeste e para áreas específicas.. Além disso, pretende-se abordar o problema natural de excesso de Ferro e Manganês, que provoca alterações na qualidade e na potabilidade desse recurso. Os dados apresentados nesse trabalho resultaram do desenvolvimento de um projeto de pesquisa desenvolvido por Reginato (2003) na região de estudo.

LOCALIZAÇÃO

A área abrangida nesse trabalho está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, compreende parte da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e envolve a área de onze municípios (Veranópolis, Cotiporã, Bento Gonçalves, Farroupilha, Caxias do Sul, Flores da Cunha, São Marcos, Nova Pádua, Nova Roma do Sul, Monte Belo do Sul e Antônio Prado – Figura 1).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de uma seqüência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. As principais litologias são representadas por basaltos toleíticos, andesitos, riódacitos, riolitos e dacitos (Radam/Brasil, 1986; Roisenberg, 1990).

Conforme levantamento realizado pela CPRM (1998), ocorrem dois tipos principais de litologias na área de estudo: basaltos do tipo Gramado e vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias.

Segundo Reginato (2003) a região é caracterizada por uma seqüência de rochas vulcânicas ácidas e básicas dispostas em nove derrames principais. As rochas básicas são representadas por basaltos e constituem seis derrames de lavas principais (a estruturação primária consiste de zonas maciças, de disjunção vertical e por zonas vesiculares a amigdalóides intercaladas por brechas

vulcânicas). Já as rochas ácidas são caracterizadas pela presença de riodacitos, dacitos, riolitos e vidros vulcânicos e formam três derrames principais (a estruturação primária é marcada por zonas basais, de disjunção horizontal, zonas vesiculares a amigdalóides e de brechas vulcânicas).

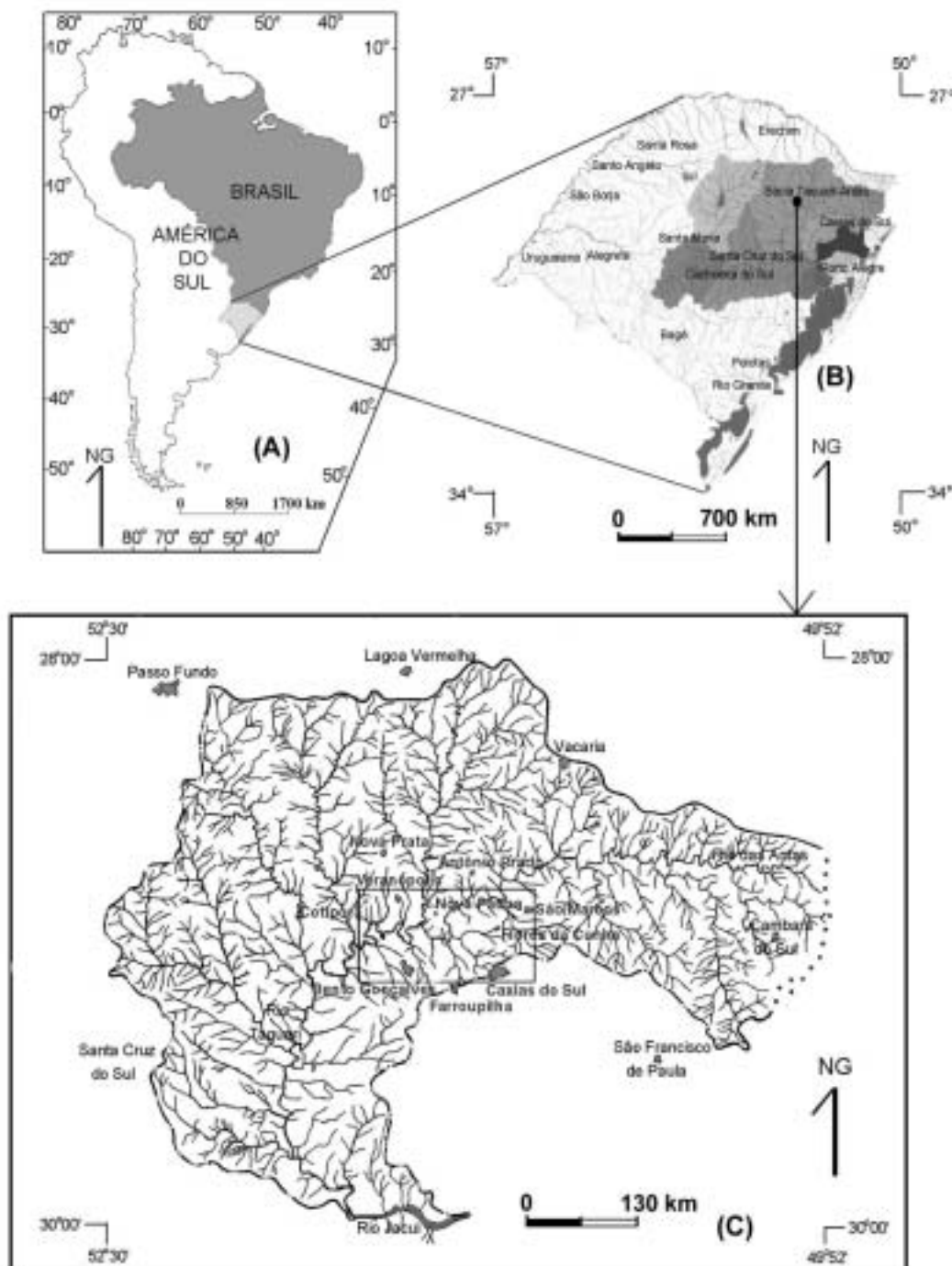


Figura 1 – Localização da área de estudo e relação com a bacia hidrográfica Taquari-Antas

Reginato (2003) também evidenciou a presença de um forte controle tectônico, marcada pela atuação de dois campos tensionais principais (o primeiro campo tensional tem direção de compressão σ_1 horizontal de orientação 082° e uma direção de tração σ_3 horizontal de orientação

352°; o segundo campo possui orientação de compressão σ_1 igual a 174° e uma direção de tração igual a 264°) que foram responsáveis pela geração das estruturas tectônicas existentes na área.

As estruturas tectônicas passam a ser o principal condicionante dos aquíferos fraturados, sendo que as estruturas primárias apresentam um grau de importância mais reduzido, visto que as condições de circulação e armazenamento de água são mais restritas.

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

Com relação ao Estado do Rio Grande do Sul, a área de estudo está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995).

Conforme Lisboa (1993, 1996) a área está inserida na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas.

Na área de estudo há a ocorrência de dois sistemas de aquíferos, um denominado de livre ou freático e outro de fraturado (Reginato, 2003).

O sistema aquífero livre ou freático está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e possui como principais condicionantes os seguintes fatores: solo (tipo e espessura), relevo, litologia (tipo e estruturação primária) e clima. As águas subterrâneas desse sistema são captadas por meio de poços escavados (poços cacimba) ou através de fontes (bastante comuns na região em função da topografia) e são utilizadas para abastecimento público, doméstico e no desenvolvimento de atividades agropecuárias, nas zonas rurais.

Com relação a qualidade das águas do aquífero livre ou freático, Hausman (1966) comenta que as mesmas não apresentam particularidades marcantes. Em geral, são águas que possuem pH variando entre 6 e 9,5, que apresentam baixos teores de sólidos totais, alcalinidade não muito elevada e dureza abaixo de 100. Outra característica está relacionada com a presença de ferro, que, em boa parte dos casos, apresenta-se em níveis acima do permitido. Além disso, é comum a tendência dessas águas apresentarem uma relação cálcio>magnésio, cuja origem está relacionada com os processos de intemperismo químico das rochas vulcânicas.

Quanto à contaminação bacteriológica, o sistema aquífero livre ou freático apresenta um alto grau de vulnerabilidade. Tedesco (2002) realizou um estudo sobre a contaminação bacteriológica das águas desse sistema aquífero, onde foi determinado que mais de 70% dos poços apresentavam altos índices de coliformes fecais (desde 3000 UFC/ml até 42000 UFC/ml). A causa dessa contaminação está relacionada com atividades agrícolas (lixiviação de nutrientes orgânicos) e domésticas (lançamento de águas residuárias sem tratamento).

O segundo sistema está localizado nas rochas vulcânicas sendo seu principal condicionante as estruturas tectônicas. Os condicionantes secundários consistem na estruturação primária da rocha, o relevo e o solo (tipo e espessura). A formação e circulação da água subterrânea nesse sistema aquífero está diretamente relacionada com a estruturação tectônica (presença de fraturas, zonas de fraturas) e, em segundo plano, com a estruturação primária da rocha. Assim, esse aquífero é caracterizado por uma forte anisotropia responsável por vazões variáveis e por capacidades específicas, em geral baixas. A forma de captação das águas subterrâneas desse aquífero ocorre por meio de poços tubulares.

A caracterização hidroquímica geral das águas subterrâneas do sistema aquífero fraturado foi realizada por Lisboa (1996). Nesse caso o sistema apresenta dois campos hidrogeoquímicos principais: o “Campo das Águas Bicarbonatadas Cálcicas e Calcomagnesianas” e o “Campo das Águas Bicarbonatadas Sódicas”. Além disso, há uma estratificação hidrogeoquímica para o sistema, marcada pelas variações nos teores dos íons magnésio e cálcio, cujo condicionador geológico é o litoquímico. Outro ponto abordado pelo autor corresponde a uma diferenciação hidroquímica que ocorre associada as diferentes unidades hidrogeológicas. Nesse caso, na unidade Fachada Atlântica Dissecada (onde está inserida a área de estudo apresentada nesse trabalho) foram identificadas três fácies hidrogeoquímicas: fácies bicarbonatada calco-sódica-magnesiana (55,55%); fácies mista bicarbonatada sódico-calco-magnesiana (32,11%) e fácies bicarbonatada calco-magnesiana-sódica (12,34%).

HIDROQUÍMICA DO AQUIFERO FRATURADO NA REGIÃO NORDESTE

A caracterização hidroquímica do sistema aquífero fraturado foi realizada visando à determinação das características gerais, e foi baseado no estudo de 137 amostras de análises químicas realizadas pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

A análise hidroquímica dos dados foi realizada com a utilização do programa Qualigraf, desenvolvido pelo Hidrogeólogo Gilberto Möbus da FUNCEME, que possui distribuição livre. O programa foi utilizado para a classificação das águas por meio de diagramas trilineares de “Piper”.

Como caracterização geral, observou-se que as águas do sistema aquífero fraturado estão distribuídas em três campos principais (Figura 2):

- águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas: 80,1%
- águas bicarbonatas sódicas: 18,4%
- águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas: 1,4%

Com relação à análise dos cátions, pode-se verificar que as águas subterrâneas da região estão dispostas em três campos principais:

- águas cálcicas: 62%;
- águas mistas: 37,6%;
- águas sódicas: 18,4%;

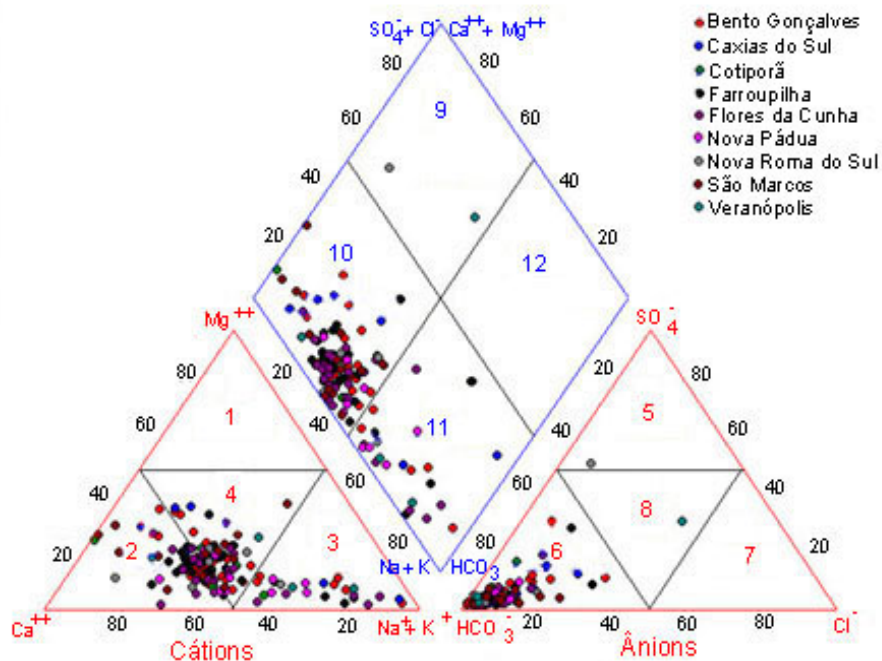


Figura 2 – Classificação das águas subterrâneas da região nordeste (as diferentes colorações adotadas para as amostras correspondem às diferentes regiões).

O campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas corresponde à fácies bicarbonatada calco-sódica-magnesiana identificada por Lisboa (1996), onde a relação $Ca > Na > Mg$ é evidenciada como a principal. O campo das águas bicarbonatadas sódicas corresponde ao campo de águas mistas bicarbonatadas sódico-calco-magnesianas. Por fim, o terceiro campo, das águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas, corresponde a uma nova ocorrência.

O campo predominante das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas está de acordo com a composição química das litologias que hospedam o sistema aquífero fraturado. Essa relação evidencia que a fonte original dos cátions Ca^{+2} , Na^{+1} e Mg^{+2} está associada com a alteração dos silicatos que constituem as rochas vulcânicas da região (basaltos na base da seqüência e riodacitos do topo). Dessa forma, embora não tenham sido realizados estudos para verificação da estratificação hidrogeoquímica, supõem-se que essa distribuição vertical seja a mesma proposta por

Lisboa (1996), que é caracterizada por um enriquecimento de cálcio e magnésio do topo para a base do aquífero, comprovando a existência de um controle litoquímico.

O campo das águas bicarbonatadas sódicas, por outro lado, não possui relação com as composições químicas provenientes do intemperismo das rochas vulcânicas existentes na região, o que marca a existência de uma outra fonte. Conforme apresentado por Lisboa (1996), esse campo é caracterizado por fácies mistas de águas bicarbonatadas sódicas geradas através da mistura das águas do sistema aquífero Botucatu com as águas do sistema aquífero Serra Geral. Dessa forma, há um controle geotectônico e morfoestrutural que condiciona a mistura das águas desses dois aquíferos.

O campo das águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas também não apresenta relação com os processos de intemperismo sobre as rochas vulcânicas, marcando, também, a existência de intercomunicação entre sistemas de aquíferos diferentes. Essa mistura só é possível se forem envolvidos controles morfotectônicos e morfoestruturais na região. Isso pode ser comprovado, pois os poços tubulares que apresentam águas com essas características estão localizados em regiões de baixas altitudes e lineamentos de orientação noroeste.

Caracterização Hidroquímica por Região do Sistema Aquífero Fraturado

Visando uma caracterização hidroquímica detalhada a área de estudo foi dividida em nove regiões (Figura 3): Bento Gonçalves (2), Caxias do Sul (3), Cotiporã (4), Farroupilha (5), Flores da Cunha (6), Nova Pádua (8), Nova Roma do Sul (9), São Marcos (10) e Veranópolis (11). Os dados referentes a caracterização das diferentes regiões podem ser observados na Tabela 1 e Figura 4.

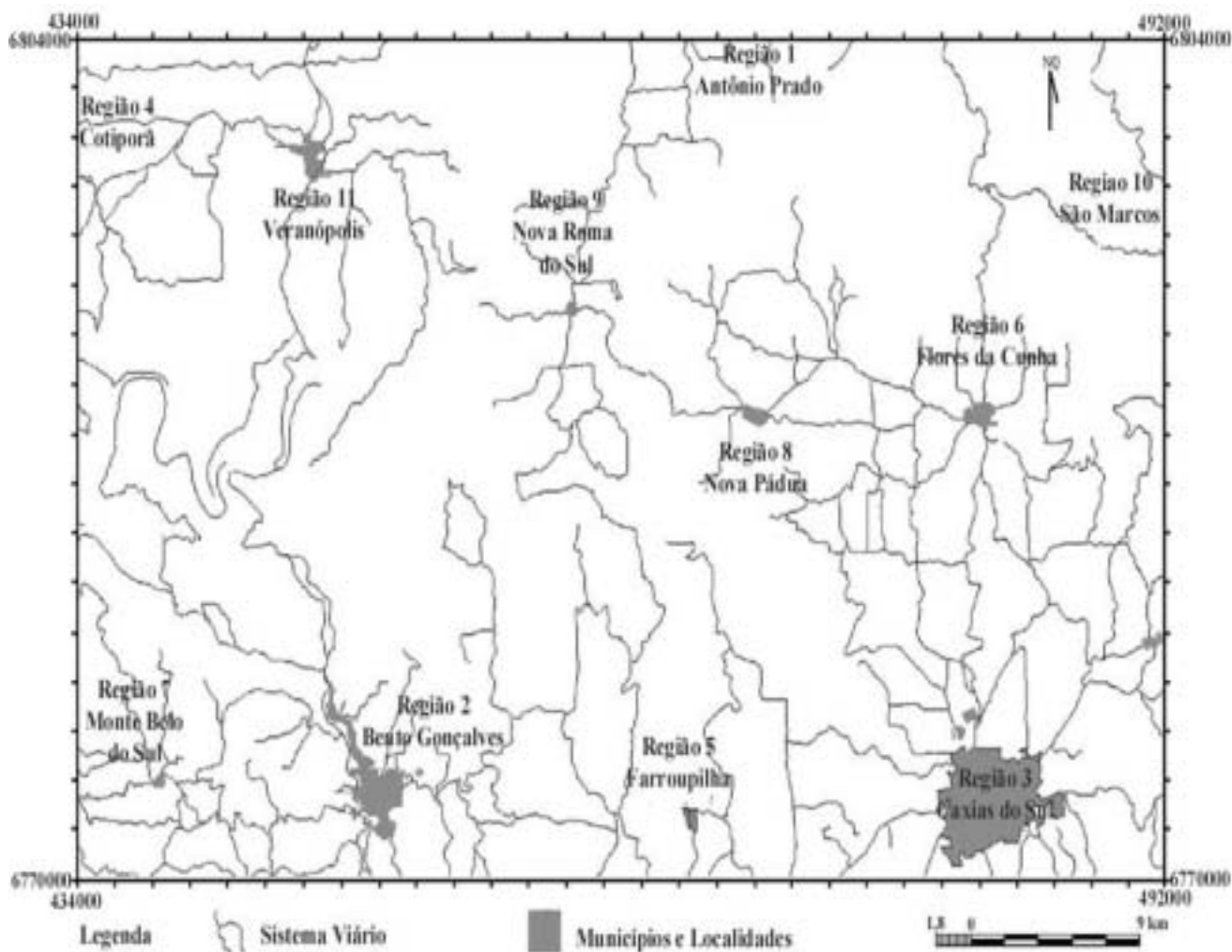


Figura 3 – Regiões envolvidas na caracterização hidrogeológica e hidrodinâmica.

Tabela 1 – Distribuição em porcentagem das ocorrências de tipos diferentes de águas e suas relações com as diferentes regiões da área de estudo.

Regiões	Municípios Envolvidos	Águas Bicarbonatas Cálctica ou /Magnesianas	Águas Bicarbonatas Sódicas	Águas Sulfatadas Cálcticas ou Magnesianas
2	Bento Gonçalves	83,8%	16,2%	0%
3	Caxias do Sul	83,3%	16,7%	0%
4	Cotiporã	75%	25%	0%
5	Farroupilha	87,9%	12,1%	0%
6	Flores da Cunha	76%	24%	0%
8	Nova Pádua	55,6%	44,4%	0%
9	Nova Roma do Sul	66,7%	16,7%	16,7%
10	São Marcos	100%	0%	0%
11	Veranópolis	25%	50%	25%

Analisando-se a Tabela 1, observa-se que há uma predominância do campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, onde uma proporção acima de 65% é destacada. Essa proporção está de acordo com a caracterização geral da área e indica que as composições químicas da maioria das águas subterrâneas da região estão relacionadas com os processos de intemperismo das rochas vulcânicas. Isso evidencia que para o campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas há um controle litoquímico.

A região de Nova Pádua (8) é uma exceção, pois a proporção apresentada pelo campo das águas bicarbonatadas sódicas (44%) é próximo do campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. Um outro fato que chama atenção, embora o número de amostras envolvidas seja muito reduzido, é a proporção encontrada para a região de Veranópolis (11), onde há um predomínio do campo das águas bicarbonatadas sódicas. A relação encontrada nessas duas regiões poderia indicar uma estruturação tectônica diferenciada, o que favoreceria o contato entre as águas subterrâneas dos diferentes aquíferos (Guarani e Serra Geral), promovendo uma mistura das mesmas. Essa circulação poderia se dar em diferentes níveis altimétricos, dependendo do sistema estrutural existente. Assim, os principais condicionantes dessa diferenciação hidroquímica seriam os controladores geotectônicos, morfotectônicos e morfoestruturais.

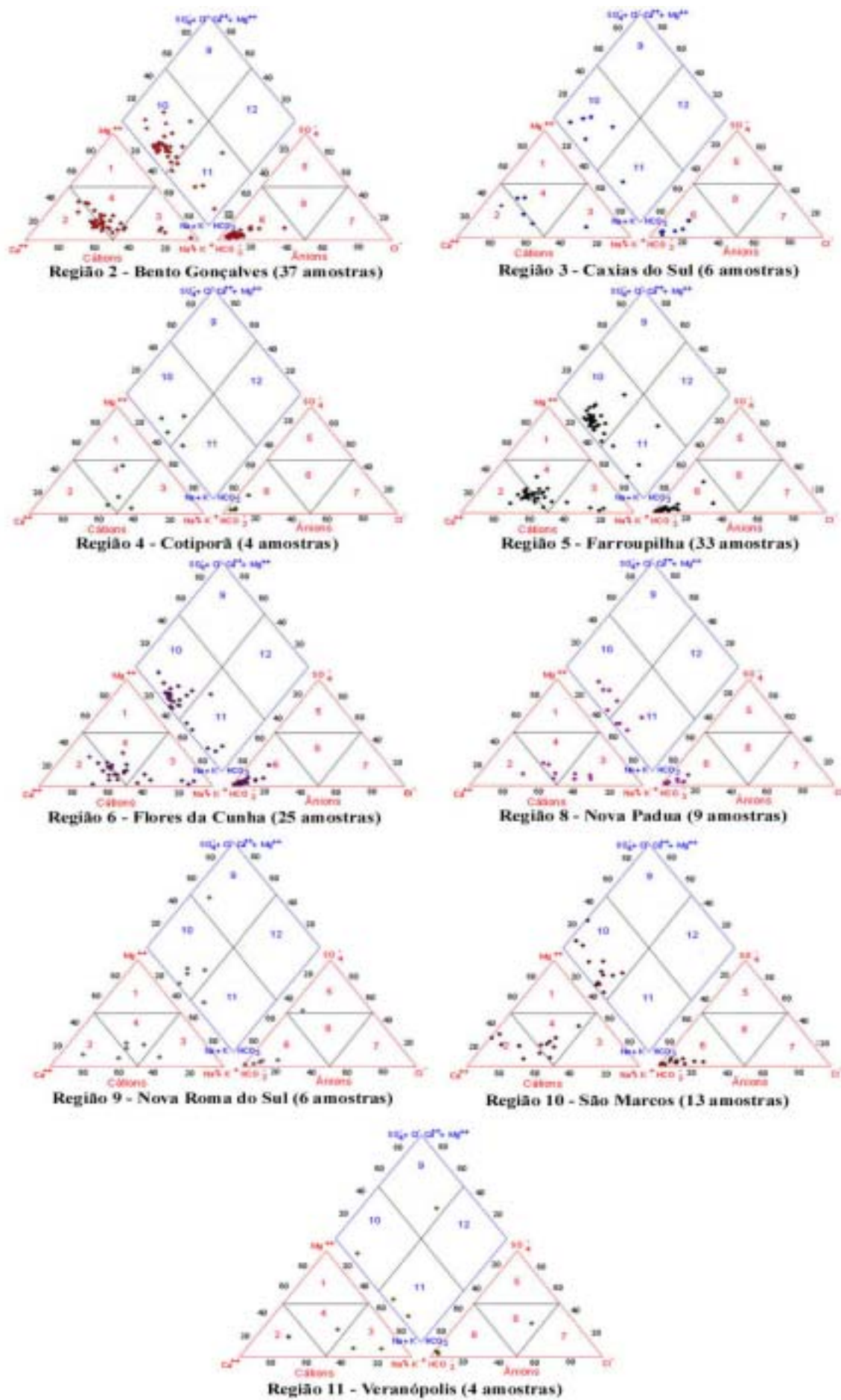


Figura 4 – Classificação das águas subterrâneas por regiões de estudo

As águas bicarbonatadas sulfatadas cálcicas ou magnesianas foram identificadas em Nova Roma do Sul (9) e Veranópolis (11). Em ambas as regiões, observou-se uma correlação dessas ocorrências com lineamentos de médio a grande porte (acima de 2 km), de orientação noroeste (N70 - 90W) e em áreas de relevo dissecado. Assim, esses lineamentos proporcionariam a ligação entre os sistemas de aquíferos Serra Geral e outros sistemas, promovendo a circulação e misturas das diferentes águas. Isso é favorecido pelas condições de relevo dissecado, que seria também responsável pela circulação vertical das águas subterrâneas.

Qualidade das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Fraturado

As águas subterrâneas do sistema aquífero fraturado apresentam, em geral, boa qualidade. Existem problemas de contaminação bacteriológica e química associado, principalmente às regiões de maior desenvolvimento urbano e industrial. Nesse caso, a região de Caxias de Sul se destaca, pois já foram identificados problemas com contaminação por cromo e outros metais pesados.

Um dos maiores problemas da região que compromete a qualidade e a potabilidade das águas subterrâneas é a presença de Ferro e Manganês. Segundo Hausman (1995), a presença de desses elementos corresponde ao principal problema com relação ao aproveitamento dessas águas. Sua origem está associada aos processos de decomposição das rochas vulcânicas que possuem minerais ferro-magnesianos, os quais, quando quimicamente intemperizados acabam por fornecer os elementos Fe e Mn para os solos e, conseqüentemente, para as águas que circulam por eles.

Em geral, em todas as regiões analisadas, há a ocorrência de águas subterrâneas que apresentam excesso de Ferro e Manganês. No entanto, observando-se a Figura 5, percebe-se que, em algumas regiões, a ocorrência é maior e ultrapassa 50% dos casos. Isso é evidenciado ao se analisar a região de São Marcos (10) onde, para um total de 13 laudos químicos, foi identificada a presença de excesso de Fe e Mn em 8 casos, indicando um percentual de 61,5%.

Numa avaliação da localização das regiões de ocorrência de águas subterrâneas com excesso de ferro e manganês e sua relação com diferentes condicionadores geológicos, observou-se que:

- 48,4% das ocorrências de águas subterrâneas com excesso de Fe e Mn estão associadas a lineamentos de portes variados, mas com orientação para o quadrante NW. Na seqüência, 24,1% dos casos estão relacionados com estruturas NE, 17,2% com E - W e 10,3% com N - S;
- as áreas de ocorrência dessas águas estão relacionadas com altitudes entre 600 e 700 metros (47,1%); 700 e 800 metros (23,5%); 500 e 600 (20,6%) e 400 e 500 metros (8,8%). Abaixo de 400 metros não foi identificado nenhum registro;
- há uma associação entre as ocorrências e os aspectos morfoestruturais e geomorfológicos.

Os locais onde foram identificadas águas subterrâneas com excesso de ferro e manganês correspondem às seguintes áreas:

⇒ vales com vertentes e fundo côncavo;

⇒ altos topográficos representados por superfícies onduladas;

- há uma associação com regiões de solos do tipo Podzólicos, Cambissolos e Terra Bruna, bem como com a espessura do manto de alteração. Em geral essa associação de solos é caracterizada por uma espessura média e apresenta o horizonte B argiloso, com concentração de óxidos e hidróxidos de ferro. Assim, quando esses solos estão associados a relevos ondulados, há uma tendência de circulação de água mais restrita favorecendo a concentração do Fe e Mn. Além disso, nos casos dos vales com fundo côncavo há a tendência de formação de maiores espessuras de solos, bem como maior circulação da água pelo manto de alteração, favorecendo também a concentração desses dois elementos.

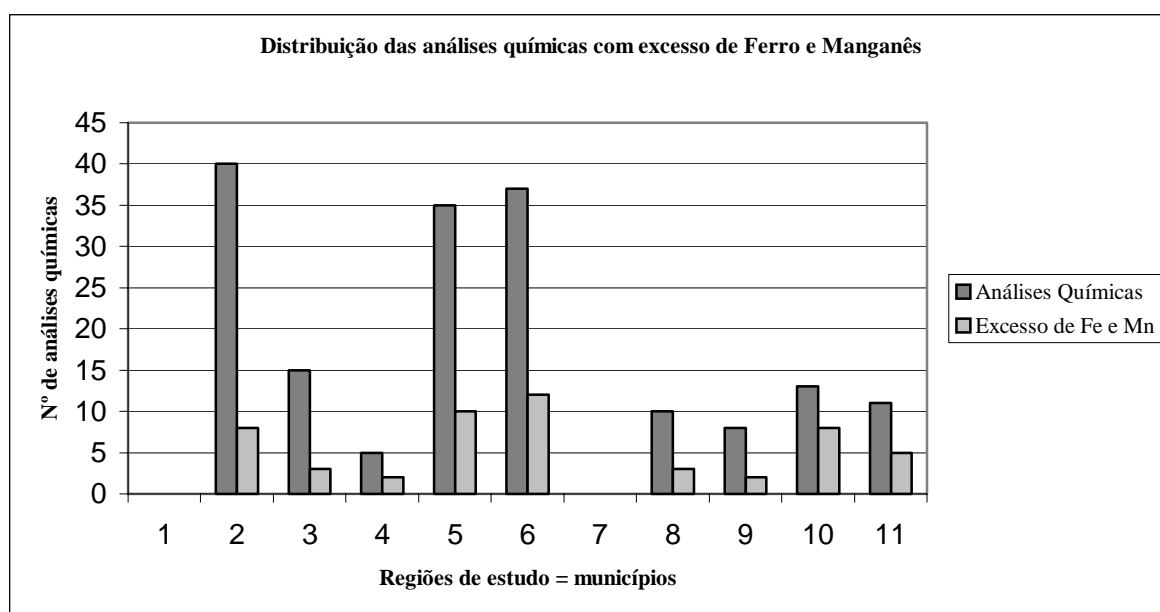


Figura 5 – Distribuição das análises químicas que apresentaram excesso de Ferro e Manganês e sua relação com as diferentes regiões de estudo

Dessa forma, se observa que o principal condicionador da ocorrência de águas subterrâneas com teores de Fe e Mn acima do padrão de potabilidade, está relacionado com os aspectos morfoestruturais, geomorfológicos e pedológicos.

CONCLUSÕES

A caracterização hidroquímica do sistema aquífero fraturado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul evidencia que as águas que circulam por esse sistema podem ser classificadas em três grandes campos principais: o campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (80,1%); o campo das águas bicarbonatadas sódicas (18,4%) e o campo das águas sulfatadas cálcicas ou magnesianas (1,4%).

O campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas possui um controle litoquímico já que suas características químicas estão relacionadas com os processos de intemperismo que atuam sobre as rochas vulcânicas da região. Já os campos das águas bicarbonatadas sódicas e sulfatadas cálcicas ou magnesianas evidenciam a existência de condicionadores geotectônicos e morfotectônicos que seriam responsáveis pela ligação, circulação e conseqüente mistura das águas de diferentes aquíferos (Guarani e o Fraturado da Serra Geral). Além disso, a análise detalhada por regiões comprovou a existência desses três campos e a predominância das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas.

A qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero fraturado em geral é boa, apresentando exceções nas regiões mais densamente urbanizadas e que apresentam forte desenvolvimento industrial. Nesses locais a contaminação bacteriológica e por metais pesados já é comprovada.

No entanto, um dos maiores problemas da região que comprometem a qualidade e potabilidade das águas subterrâneas está relacionado com o excesso de Ferro e Manganês. Nesse caso, os condicionadores da presença desses dois elementos estaria relacionado com aspectos morfoestruturais, geomorfológicos e pedológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-B – Passo Fundo**. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil), 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.
- [2] CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-D – Caxias do Sul**. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. . Porto Alegre (Brasil), 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.
- [3] GIARDIN, A.. **Hidrogeologia das Rochas Fraturadas**. DNPM/ABAS. Florianópolis. Apostila. 43p. 1997.
- [4] HAUSMAN, A.. Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. **Boletim Paranense de Geografia**. Nº18/20 p. 177-215. 1966.

- [5] HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Estudos Tecnológicos: **Acta Geológica Leopoldensia**, Série Mapas. Nº 2. P-1-127, 1995.
- [6] LEITE, E.H.; HAASE, J.F. (Coord). **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas e Rio Taquari**. Fundação de Proteção Ambiental (FEPAM) do Estado do RS. Relatório Técnico. 1999. 55p.
- [7] LISBOA, N.A.. **Compartimentação Hidrogeológica e Diferenciação Hidrogeoquímica em Aquíferos do Extremo Sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 10^o, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.
- [8] LISBOA, N.^a. **Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do Paraná, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1996. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 135p. il. (Inédito).
- [9] RADAM/BRASIL. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra**. 1986. Rio de Janeiro: IBGE 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v..33).
- [10] REGINATO, P.A.R.. **Integração de Dados para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS)**. Porto Alegre, 2003. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais. UFRGS. 254p.
- [11] ROISENBERG, A. **Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná**. Porto Alegre, 1990. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Inédito).
- [12] TEDESCO, M.. **A contaminação da água usada para abastecimento por compostos orgânicos e biológicos na zona rural do município de Veranópolis**. Joinville, 2002. Monografia. Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano e Gestão Ambiental, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. 70p. (inédito).