

# QUALIDADE DA ÁGUA DO AQUÍFERO LIVRE NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Pedro Antonio Roehe Reginato<sup>1</sup>; Gisele Cemin<sup>2</sup>; Denise Peresin<sup>2</sup>; Maurício D'Agostini Silva<sup>3</sup>; Cariston Pinotti<sup>3</sup>; Karoline C. Gilioli<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho tem por objetivo apresentar dados sobre a qualidade de água do aquífero livre, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O aquífero livre é utilizado pela população rural, principalmente, como fonte de abastecimento. Pode ser classificado como poroso, de dimensões reduzidas, pequena continuidade lateral com circulação de água restrita. As águas desse aquífero são classificadas como bicarbonatas cálcicas e magnesianas e apresentam baixos valores de condutividade, pequena concentração de sódio e teores elevados de ferro, manganês, além de apresentar alterações nos parâmetros turbidez e cor. Além disso, mais de 90% das amostras indicaram contaminação bacteriológica (coliformes fecais e totais) evidenciando um aquífero com maior grau de vulnerabilidade e com problemas de qualidade e potabilidade.

**Abstract** – This work has for objective to present data of the quality of water of the free aquifers, in the northeast area of the state of Rio Grande do Sul. The free aquifer is used by the rural population, mainly, as source of provisioning. It can be classified as porous, of dimensions reduced, small lateral continuity with circulation of restricted water. The waters of that aquifer are classified as calcic bicarbonate and magnesium and they present low conductivity values, small concentrations of sodium and high tenors of iron, manganese, besides presenting alterations in the turbidity parameter and color. Besides, more than 90% of the samples indicated bacteriological contamination (fecal and total coliforms) evidencing an aquifer with larger vulnerability degree and with quality problems and potability.

**Palavras-Chave** – aquíferos livre, qualidade de água, hidroquímica

---

<sup>1</sup> Professor, Universidade de Caxias do Sul, CCBS/DCBI, Setor de Geociências/MUS, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail: [parregin@pressa.com.br](mailto:parregin@pressa.com.br)

<sup>2</sup> Bióloga, Universidade de Caxias do Sul, ISAN, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail: [gcecin3@ucs.br](mailto:gcecin3@ucs.br); [dperesin@ucs.br](mailto:dperesin@ucs.br)

<sup>3</sup> Bolsista, Universidade de Caxias do Sul, ISAN, Engenharia Ambiental, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail: [mdsilva2@ucs.br](mailto:mdsilva2@ucs.br); [cpinotti@ucs.br](mailto:cpinotti@ucs.br)

<sup>4</sup> Bolsista, Universidade de Caxias do Sul, CCBS/DCBI, Curso de Ciências Biológicas, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Tel/Fax: 54-32182100, e-mail: [karolina.gilioli@hotmail.com](mailto:karolina.gilioli@hotmail.com)

## **1 – INTRODUÇÃO**

Na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de rochas ígneas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral.

Nessa região, conforme Reginato (2003), há a ocorrência de dois aquíferos principais: o livre ou freático e o fraturado. O primeiro está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas e o segundo está associado às estruturas tectônicas.

Os recursos hídricos subterrâneos, provenientes desses dois aquíferos são utilizados para diferentes fins, como abastecimento, dessedentação de animais e irrigação. O aquífero fraturado tem maior importância em função dos volumes fornecidos e da qualidade da água. Já na zona rural o aquífero livre possui grande importância, pois é o mais fácil de ser captado, sendo sua utilização, quase que exclusivamente para abastecimento. Nesse caso, a forma de captação da água subterrânea é realizada por meio caixas (para o caso das fontes) e poços escavados.

As águas que circulam no aquífero livre apresentam padrões hidroquímicos que as diferenciam das águas que circulam no aquífero fraturado, sendo em geral, menos mineralizadas (menor grau de confinamento). Além disso, esse aquífero possui maior grau de vulnerabilidade o que faz com que existam diferentes padrões de qualidade.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidroquímica das águas do aquífero livre da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, visando a identificação dos principais tipos de classes de água e sua qualidade com relação a presença de metais e contaminação bacteriológica.

## **2 – LOCALIZAÇÃO**

A área de estudo está localizada no interior do Município de Caxias do Sul, na bacia hidrográfica Taquari-Antas e na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

## **3 – METODOLOGIA**

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas que circulam no aquífero livre foi realizada com base no desenvolvimento das seguintes atividades:

- cadastro de pontos de captação: foram realizados levantamentos de campo visando ao cadastramento dos diferentes pontos de captação. Cada ponto de captação teve suas características construtivas descritas e sua localização definida com o emprego de GPS de Navegação GARMIN.
- mapeamento geológico: teve por objetivo identificar as diferentes litologias existente na região, a seqüência de derrames e as principais estruturas primárias.

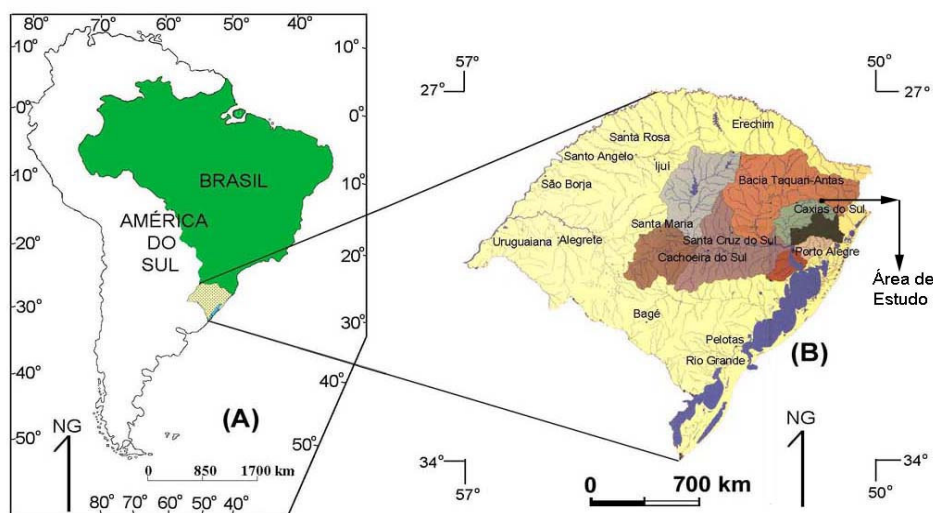


Figura 1- Localização da Área de Estudo.

- caracterização hidrogeológica: foi realizada com base na identificação de parâmetros como profundidade do poço, nível estático, vazão, regime de bombeamento e sistema de captação (manual ou bomba).
- caracterização hidroquímica: foram realizadas coletas de água subterrânea de diferentes pontos, visando a identificação dos principais parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. As análises envolveram a identificação dos seguintes parâmetros: dureza total, condutividade, alcalinidade, pH, turbidez, cor, sólidos totais dissolvidos, cálcio, magnésio, ferro total, manganês, cloreto, sulfato, nitratos, fluoretos, cromo, chumbo, zinco, cobre, alumínio, cádmio, sódio, potássio, sólidos totais (resíduo seco), temperatura, nitrogênio total, colifórmios totais e coliformes fecais.

#### 4 – GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL

A região de estudo é caracterizada pela presença de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Conforme levantamento realizado pela CPRM (1998) na região há a ocorrência de rochas vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias e níveis de rochas vítreas.

No levantamento geológico de detalhe da área pode-se identificar a existência de quatro derrames principais, caracterizados por rochas do tipo riolitos, riodacitos e níveis vítreos, dispostos em derrames com espessuras entre 50 e 90 metros. Os derrames são caracterizados por zonas de disjunção horizontal, zonas vesiculares a amigdalóides e camadas maciças de vidro vulcânico.

No caso da caracterização hidrogeológica regional observa-se que a área está inserida na Província Basáltica de Hausman (1995) e nas unidades hidrogeológicas Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas de Lisboa (1993). Segundo Machado (2005) a região está inserida no domínio dos Aquíferos Fissurais.

Conforme, Reginato (2003) na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul há a ocorrência de dois aquíferos: o livre ou freático e o fraturado.

O 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 (Reginato e Strieder, 2005).

Os solos que apresentarem menores proporções de argilas e maiores espessuras, em princípio, possuem as melhores condições de armazenar e circular a água subterrânea. A topografia tem uma influência direta no processo de circulação da água, pois a mesma acompanha as inclinações do terreno e do substrato rochoso. Assim, em regiões de declividade mais acentuada, onde há quebra de relevo haverá a tendência de formação de fontes. Quanto ao substrato rochoso, o principal fator corresponde a estruturação dos derrames de lavas, pois, em zonas maciças, a circulação da água ocorrerá entre o contato da zona de alteração e da rocha sã. É o caso das áreas onde há ocorrência de vidro vulcânico que possui um comportamento impermeável favorecendo assim, esse tipo de circulação. Da mesma forma, nas zonas vesiculares e amigdalóides poderá haver uma circulação maior dependendo do grau de alteração dessas rochas. Conforme Hausman (1966), o sistema de juntas de resfriamento das rochas vulcânicas forma um sistema de vasos comunicantes, onde o nível estático marca um nível de equilíbrio.

O clima possui uma relação direta com o volume de água que circula nesses aquíferos e também com a posição do nível estático. Dependendo do tamanho da área de recarga (micro-bacia) e da quantidade de precipitação sobre a mesma, haverá a formação e circulação de maiores ou menores quantidades de água subterrânea. Além disso, quando há variações significativas da precipitação, haverá mudanças na posição do nível estático, e em períodos de chuvas intensas, há um aumento da zona saturada que eleva esse nível, enquanto em períodos de estiagem o nível diminui.

Em função dos diferentes tipos de condicionantes esse tipo de aquífero, embora poroso, tem um comportamento heterogêneo, dimensões reduzidas, pequena continuidade lateral, circulação localizada e grau de vulnerabilidade médio a alto.

## **5 – HIDROQUÍMICA E QUALIDADE DA ÁGUA DO AQUIFERO LIVRE**

Conforme Hausman (1966) as águas subterrâneas do aquífero livre possuem pH variando entre 6 e 9,5, apresentam baixos teores de sólidos totais, alcalinidade não muito elevada e dureza abaixo de 100. Outra característica é a presença de ferro, que, em boa parte dos casos, apresenta-se em níveis acima do permitido (nesse caso, o teor desse elemento está relacionado ao tipo litológico

e com o grau de alteração das rochas vulcânicas). Em outras situações podem ser encontradas águas minerais contendo ou não flúor.

Segundo Reginato (2003) as águas subterrâneas desse aquífero, em geral, apresentam uma tendência marcada pela relação cálcio>magnésio, oriunda dos processos de intemperismo químico das rochas vulcânicas.

Como o aquífero livre encontra-se localizado sobre o manto de alteração, o mesmo possui graus de vulnerabilidade médios a elevados. Nesse caso, as águas subterrâneas podem apresentar variações na qualidade, principalmente quanto à contaminação bacteriológica.

Tedesco e Reginato (2004) realizaram um estudo sobre a contaminação bacteriológica das águas subterrâneas do sistema aquífero livre da região nordeste do RS. Nesse estudo foram analisadas 50 amostras de água provenientes de poços cacimbas e fontes utilizadas pela comunidade rural. Os resultados encontrados evidenciam que esse sistema possui um grau de contaminação bacteriológica elevado (mais de 70% dos pontos de captação apresentaram índices de coliformes fecais que variavam entre 3000 UFC/ml até 42000 UFC/ml).

Segundo Tedesco e Reginato (2004) a origem da contaminação das águas subterrâneas do aquífero livre está relacionada com as atividades agrícolas (em função das práticas de cultivo que dispensam resíduos orgânicos em toda a extensão da propriedade) e domésticas (pelo lançamento das águas residuárias sem tratamento prévio).

Para a área de estudo a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas foi realizada com base na interpretação de laudos físico-químicos e bacteriológicos de amostras de água coletadas pela Secretária de Saúde do município e pelo LASAN/ISAN/UCS.

Na interpretação dos laudos emitidos pela Secretaria Municipal de Saúde, observou-se que:

- 92% dos pontos de captação (fontes e poços escavados) apresentaram problemas de contaminação por coliformes totais, classificando as águas como não potáveis. Dessas, 32% apresentaram teores de Ferro acima do padrão de potabilidade.
- 8% dos pontos de captação (fontes e poços escavados) não apresentaram problemas de contaminação e foram classificadas como potáveis.

Esses resultados corroboram os valores encontrados por Tedesco e Reginato (2004) e evidenciam um aquífero com grande vulnerabilidade em função do mesmo ser superficial, poroso e com nível estático próximo à superfície, o que aliado às condições de ocupação de entorno e aos poucos cuidados com a proteção desses pontos, tornam o aquífero passível de contaminação.

A análise hidroquímica das amostras coletadas e analisadas pelo LASAN/ISAM/UCS, foram interpretadas com o auxílio do programa Qualigraf (software de distribuição livre). Os resultados encontrados evidenciam que:

- todas as amostras analisadas apresentaram contaminação por coliformes fecais (valores entre 2 e 23 NMP/100ml) e coliformes totais (valores entre 2 e 110 NMP/100ml), evidenciando um aquífero de elevada vulnerabilidade a contaminação bacteriológica;
- todas as amostras foram classificadas como água doce;
- segundo a classificação USSL, que define o uso ou restrição de água para irrigação, as amostras foram classificadas como de risco nulo, tanto no caso do teor de sódio como no de salinização, visto que os valores de condutividade elétrica são inferiores a 100 umohs/cm e os valores de sódio são baixos;
- conforme a classificação de Piper (Figura 2), as águas podem ser classificadas como águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, sendo que com base na distribuição dos cátions, estas podem ser consideradas mistas. Essa relação está de acordo com a região, pois em ambientes de rochas vulcânicas é comum o predomínio desse tipo de água;

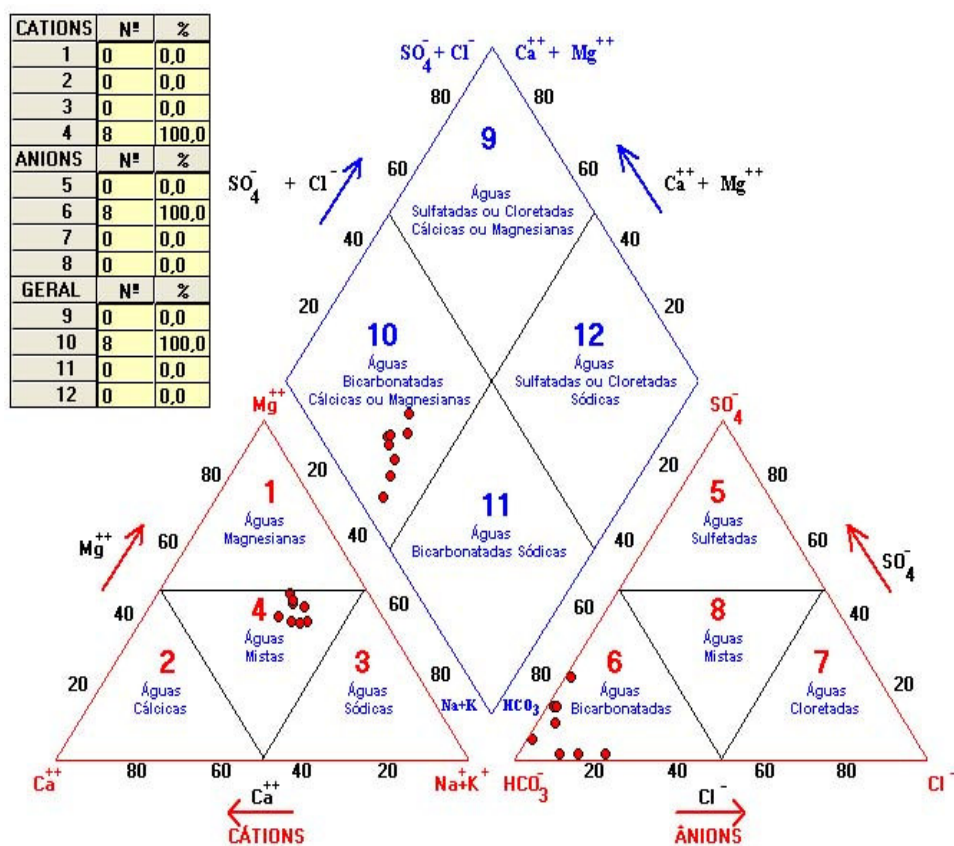


Figura 2 – Diagrama Piper com a classificação das águas do aquífero livre.

- com base na análise do diagrama de Stiff (Figura 3), pode-se comparar relações existentes entre essas amostras de águas, sendo que os resultados indicam águas de mesma origem e com mesma característica química. São características de águas cuja circulação ocorre no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas.

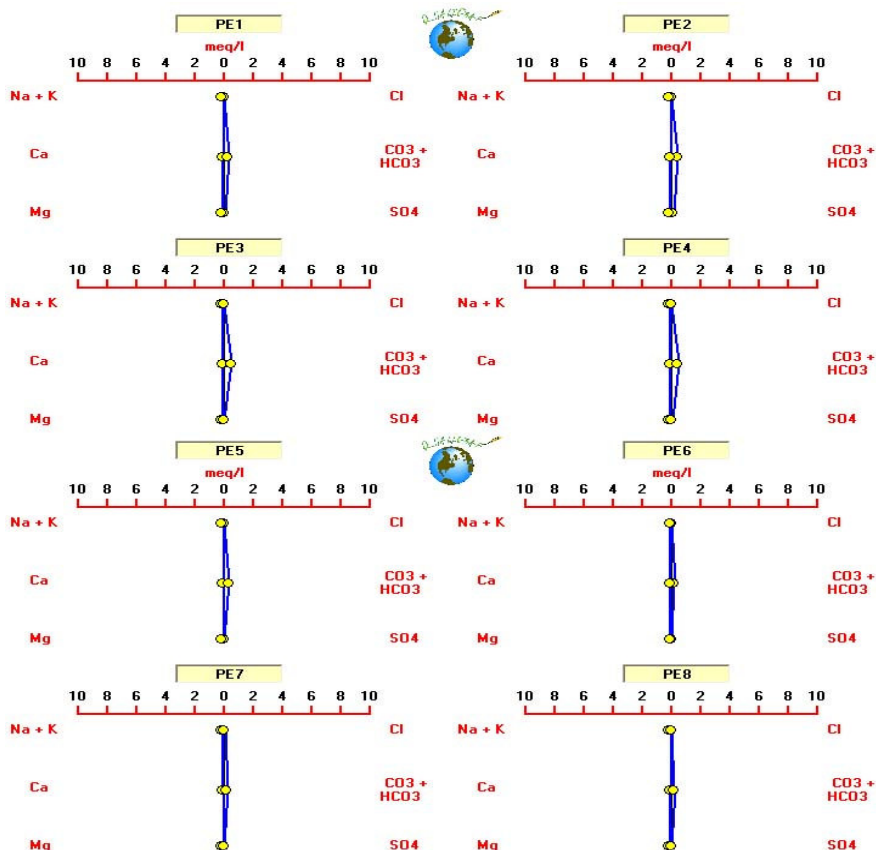


Figura 3 – Diagrama Stiff com a relação hidroquímica da amostras analisadas no estudo.

- na análise dos diferentes parâmetros físico-químicos, observou-se que essas águas tendem a ter valores mais elevados para turbidez, cor, ferro, manganês e alumínio e, valores mais baixos para pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio e dureza do que as águas que circulam no aquífero fraturado (Figura 4, 5, 6, 7 e 8). Essa caracterização evidencia que as águas do aquífero livre têm rápida circulação entre as áreas de recarga e descarga, por isso das baixas concentrações de elementos químicos e da condutividade elétrica. Por outro lado, como essas águas circulam pelo manto de alteração, os conteúdos de Fe, Mn e Al tendem a ser, em geral, mais elevados, visto que esses elementos são comuns nos solos argilo-siltico-arenosos da região;
- na análise de metais (cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco) e de fluoretos, observou-se em algumas amostras índices de cobre (3 amostras – valores entre 0,01 e 0,02 mg/l) e zinco (7 amostras – valores entre 0,01 e 0,03 mg/l). No caso do cobre esse elemento pode ter sua origem natural, pois em rochas vulcânicas da Formação Serra Geral há ocorrência de mineralizações de cobre. Já o zinco pode ter origem natural ou então ser um indicador de poluição (FENZL, 1986). Neste caso, como as rochas ígneas podem conter concentrações desse elemento, a origem do mesmo poderia ser natural, mas pode também haver relação com a atividade agrícola

desenvolvida na região, pois a utilização de fertilizantes e agrotóxicos poderia também ser responsável pela introdução desse elemento no meio.

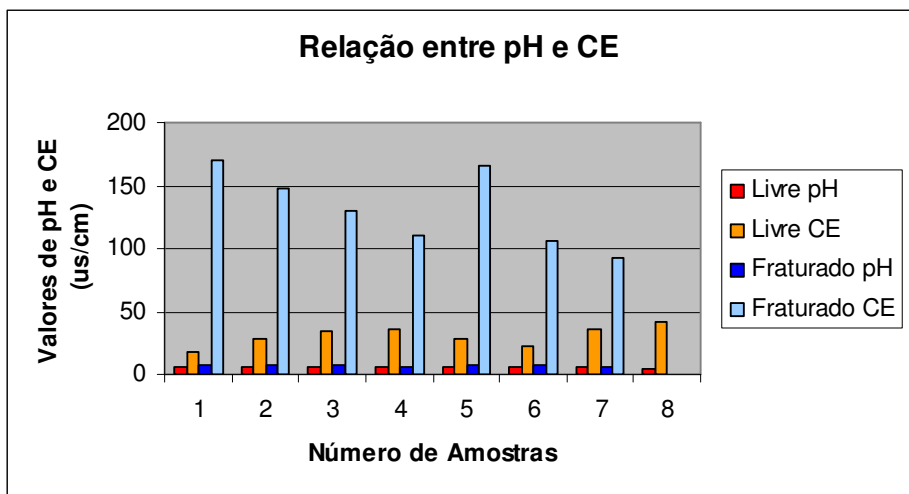


Figura 4 – Relação entre pH e Condutividade elétrica das águas do aquífero livre e fraturado.

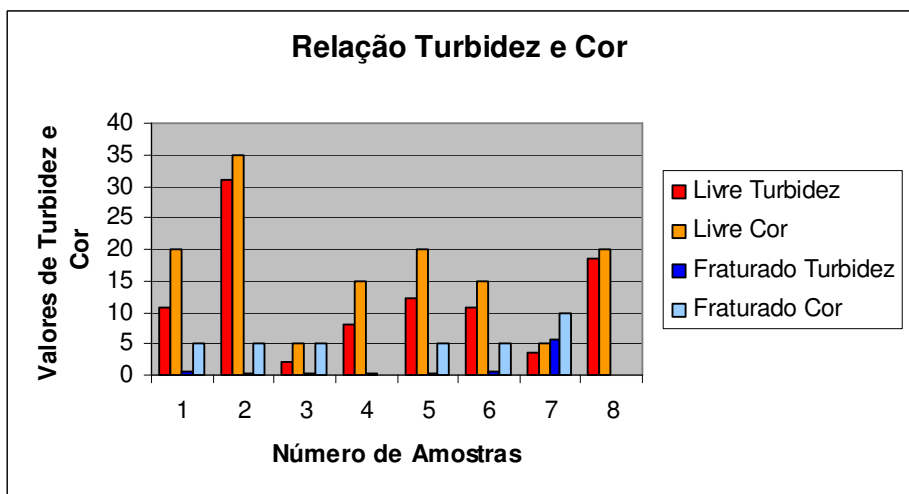


Figura 5 – Relação entre os parâmetros Turbidez e Cor das águas do aquífero livre e fraturado.

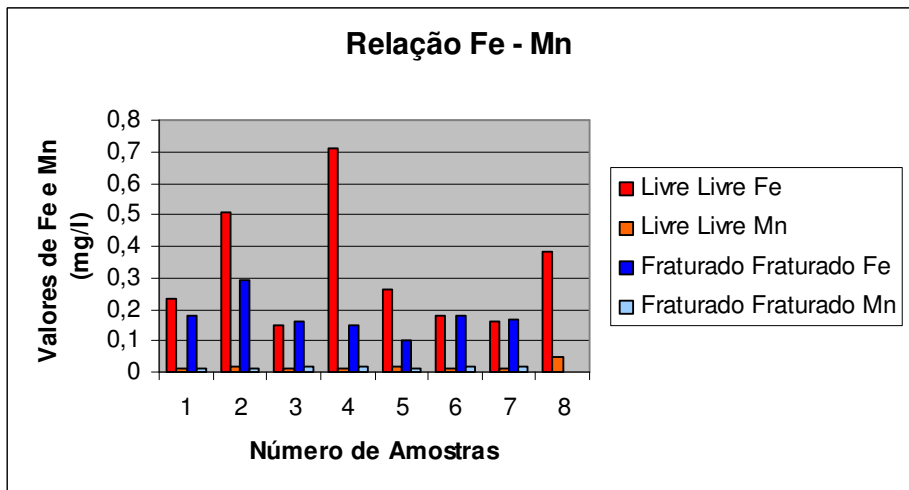


Figura 6 – Relação entre os teores de Fe e Mn das águas do aquífero livre e fraturado.



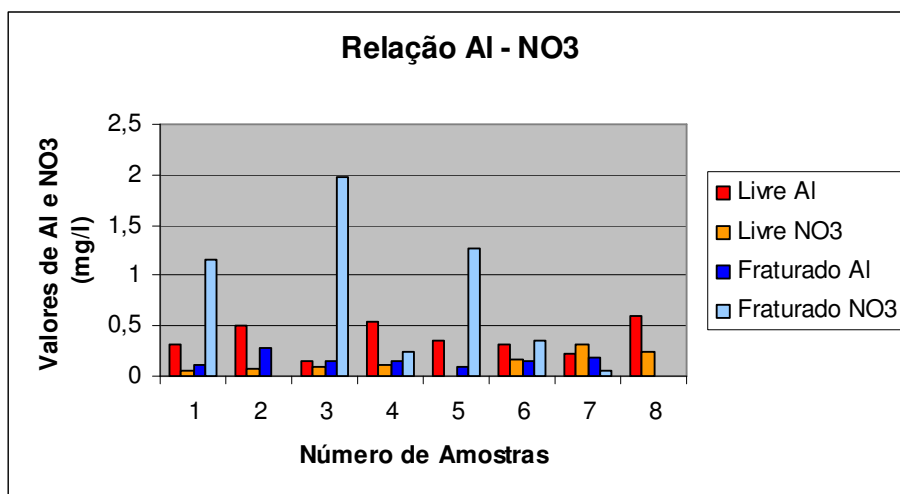


Figura 7 – Relação entre os teores de Al e NO<sub>3</sub> das águas do aquífero livre e fraturado.

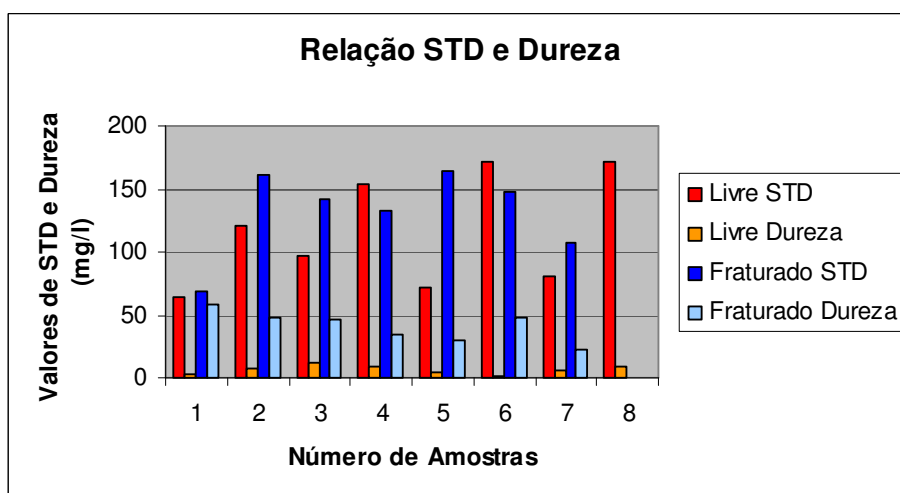


Figura 8 – Relação entre os teores de Al e NO<sub>3</sub> das águas do aquífero livre e fraturado.

## 6 – CONCLUSÕES

Na região de estudo há a ocorrência de dois aquíferos: o livre ou freático e o fraturado. O primeiro aquífero está localizado no manto de alteração que existe sobre as rochas vulcânicas e o segundo é condicionado pela existência de estruturas tectônicas que estão associadas a essas litologias.

O aquífero livre ou freático pode ser classificado como um sistema poroso, heterôgeneo, de dimensões reduzidas, pequena continuidade lateral e circulação restrita. As águas que circulam por esse aquífero apresentam as seguintes características:

- são águas bicarbonatadas cálcicas e magnesianas;
- possuem baixos valores de condutividade e concentração de sódio o que faz com que essas águas não tenham restrições ao uso para irrigação;
- têm teores elevados de ferro e manganês;

- apresentam turbidez e coloração variada;
- estão associadas a uma maior contaminação bacteriológica, visto que em mais de 90% das amostras foi evidenciada a ocorrência de coliformes fecais e totais.

Essas características evidenciam que as águas do aquífero livre, que são utilizadas pela maior parte da população rural da região para consumo, apresentam problemas de qualidade, evidenciados pela alteração de parâmetros físicos-químicos e pela presença de agentes bacteriológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM.1998 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.
- FENZL, N. 1986. Introdução a Hidrogeoquímica. Editora da Universidade Federal do Pará. 189p. il.
- HAUSMAN, A. 1966. Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. *Boletim Paranense de Geografia*. Nº18/20 p. 177-215.
- HAUSMAN, A. 1995 Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Estudos Tecnológicos: Acta Geológica Leopoldensia, Série Mapas. Nº 2. P-1-127, 1995.
- LISBOA, N.A..1993 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<sup>o</sup>, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.
- MACHADO, J. L. F. 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. José Luiz Flores Machado; Marcos Alexandre de Freitas. Porto Alegre. CPRM. 2005. 65p.il.mapa.
- REGINATO, P.A.R.. 2003 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.
- REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. 2005. Caracterização Hidrogeológica dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: 1º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL. Santa Maria. RS, Anais. (CdRoom).
- TEDESCO, M.; REGINATO, P.A.R. 2004 A contaminação da água usada para abastecimento por compostos orgânicos e biológicos na zona rural do município de Veranópolis. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2004. Cuiabá. Anais do XIII CABAS (2004).