

# CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DA MICROBACIA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DE CAXIAS DO SUL.

Pedro Antônio Roehé Reginato<sup>1</sup>; Alexandra Rodrigues Finotti<sup>2</sup>; Catherine Michelon<sup>3</sup>

## Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica de uma bacia hidrográfica e avaliar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. A área de estudo está localizada na cidade de Caxias do Sul, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul e na bacia hidrográfica do Rio Caí. Os recursos hídricos subterrâneos estão representados por aquíferos livres ou freáticos, captados por meio de fontes e por aquíferos fraturados, captados por meio de poços tubulares. Com a caracterização hidrogeológica observou-se uma série de problemas (como inexistência de dados, falta de regularização junto ao DRH, e superexploração). Além disso, observou-se que não há nenhum sistema de gestão sendo aplicado, o que acaba por comprometer a quantidade, qualidade e disponibilidade desses recursos.

## Abstract

The paper aims has for objective to present the hidrogeological characterization of a basin hydrographic and to evaluate the administration of the groundwater resources. The study area is situated in the city of Caxias do Sul, in the northeastern area of the State of Rio Grande do Sul and in the hydrographic basin of Rio Caí. The groundwater resources are represented by free aquíferos, captured through sources and for fractured aquíferos, captured through tubular wells. With the hidrogeological characterization a series of problems was observed (as inexistence of data, regularization lack close to DRH, and extensive groundwater extraction). Besides, it was observed that no there is any administration system being applied what ends for committing the amount, quality and readiness of those resources.

**Palavras-Chave** – aquíferos fraturados, recursos hídricos subterrâneos, gestão de recursos

---

<sup>1</sup> Universidade de Caxias do Sul (UCS), Departamento de Ciências Biológicas (DCBI/CCBS), Setor de Geociências (MUCS). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: [parregin@ucs.br](mailto:parregin@ucs.br)

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Engenharia Química (DENQ/CCET). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: [ARFinott@ucs.br](mailto:ARFinott@ucs.br)

<sup>3</sup> Universidade de Caxias do Sul, Curso de Engenharia Ambiental, Bolsista de Iniciação Científica. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Caxias do Sul, CEP95070-560. Tel./FAX. 54-32182100. e-mail: [CMichelo@ucs.br](mailto:CMichelo@ucs.br)

## 1 – INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos de uma região, superficiais e subterrâneos, caracterizam importantes reservas, imprescindíveis para o desenvolvimento populacional, econômico e industrial de qualquer município, estado ou país. Com o aumento populacional e o desenvolvimento de novas indústrias, faz-se cada vez mais necessária a utilização de maiores quantidades desses recursos que, devido ao desperdício e à poluição ligada, principalmente, às atividades de urbanização, desenvolvimento industrial, práticas agrícolas e extração mineral estão se tornando mais escassos (Fostere *et.al.*, 1993). Desse modo, deve-se urgentemente desenvolver uma política de gestão de águas que vise à proteção desses recursos, pois a saúde, bem-estar do homem, garantia de alimentos, desenvolvimento industrial e equilíbrio dos ecossistemas estão relacionados com a abundância ou a falta de água.

Na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (Serra Gaúcha), a utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos aumenta a cada ano, visto que a região apresenta amplo desenvolvimento econômico. Isso é evidenciado através das constantes obras de ampliação do sistemas de abastecimento, bem como, do aumento do número de poços tubulares perfurados. Esse crescimento na utilização das águas superficiais e subterrâneas, mostra uma necessidade urgente de planos de gestão de águas, para que esses recursos não sejam degradados ou esgotados. Em geral, os planos de gestão existentes levam em consideração somente os recursos hídricos superficiais, sendo que os subterrâneos são relegados a um segundo plano. No entanto, como prevê a lei, e em especial na região nordeste do estado, há uma necessidade de um sistema de gestão integrado, pois muitos municípios são abastecidos somente por água subterrânea.

Além disso, a gestão de águas deve envolver aspectos relacionados a qualidade e a quantidade dos recursos existentes. No caso da quantificação, a mesma é possível de ser definida quando são desenvolvidos estudos visando determinar o balanço hídrico de uma região, pois os recursos hídricos superficiais e subterrâneos fazem parte do ciclo hidrológico. Nesse caso, a determinação das quantidades de água disponíveis numa determinada bacia hidrográfica pode ser realizada com base em estudos climatológicos, hidrológicos e hidrogeológicos.

Esse trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização hidrogeológica da microbacia hidrográfica denominada de Cidade Universitária, visando com isso identificar e caracterizar o uso dos recursos hídricos subterrâneos e seu gerenciamento atual. Esse trabalho faz parte de um projeto maior que prevê a modelagem do balanço hídrico de microbacias hidrográficas de características acidentadas e a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

## 2 - LOCALIZAÇÃO

A área abrangida nesse trabalho está localizada no município de Caxias do Sul, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e compreende parte da Bacia Hidrográfica do Rio Caí (Figura 1).

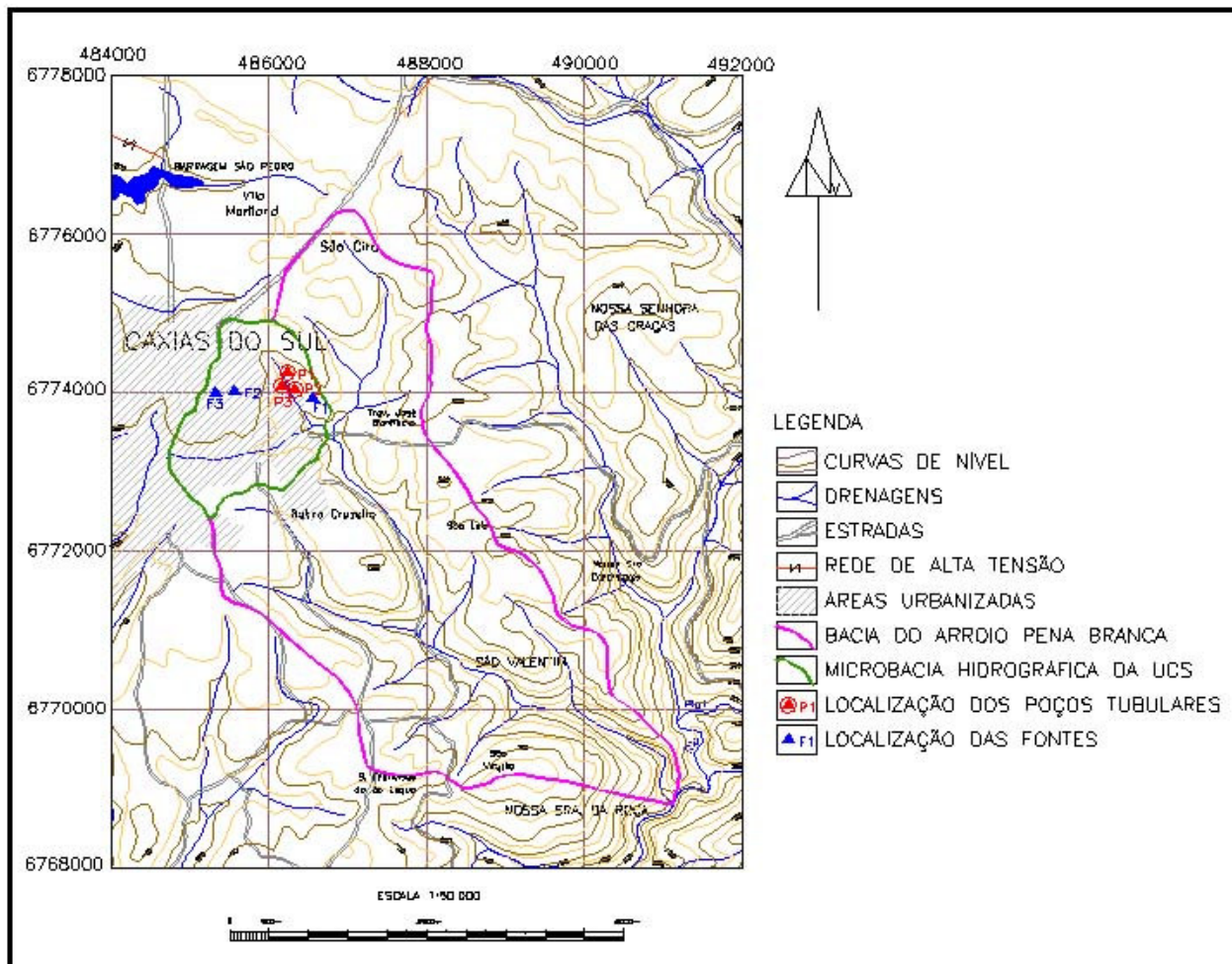


Figura 1 – Localização da área de estudo.

## 3 – GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL

Na área de estudo há a ocorrência de uma seqüência de rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral. As principais litologias são representadas por basaltos toleíticos, andesitos, riocacitos, 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 riódacitos, 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).

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  $\sigma_1$  horizontal de orientação  $082^\circ$  e uma direção de tração  $\sigma_3$  horizontal de orientação  $352^\circ$ ; o segundo campo possui orientação de compressão  $\sigma_1$  igual a  $174^\circ$  e uma direção de tração igual a  $264^\circ$ ), 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.

Com relação a hidrogeologia, a área de estudo está inserida na província hidrogeológica denominada de “Província Basáltica” (Hausman, 1995). Conforme Lisboa (1993, 1996) a área está localizada na unidade morfotectônica denominada de Fachada Atlântica e nas unidades hidrogeológicas denominadas de Ácidas Aplainadas e Ácidas Dissecadas. A primeira unidade é caracterizada por rochas ígneas vulcânicas ácidas associadas a um relevo pouco dissecado e a um manto de alteração de espessura média. Os lineamentos são de médio a pequeno porte com orientação preferencial para nordeste. Essa unidade possui um bom potencial com relação à presença de aquíferos. A segunda unidade apresenta um relevo com grau de dissecção forte, solos com pequena espessura e lineamentos de pequeno a médio porte, o que a torna uma área com baixo potencial de ocorrência de aquíferos.

Na área de estudo há a ocorrência de dois sistemas de aquíferos, um denominado de livre ou freático e outro de fraturado (Reginato, 2003, Reginato & Strieder, 2004, 2005).

O primeiro 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 são captadas por meio de poços escavados (poços cacimba) ou através de fontes (bastante comuns na região em função da topografia). Essas águas são utilizadas para abastecimento público, doméstico e no desenvolvimento de atividades agropecuárias, nas zonas rurais.

O segundo 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 a circulação da água subterrânea 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.

#### 4 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA

A microbacia hidrográfica denominada de Cidade Universitária faz parte da microbacia do Arroio Pena Branca, ambas inseridas na bacia hidrográfica do Rio Caí. Dessa forma a caracterização hidrogeológica foi realizada para as duas bacias, tendo sido efetuada com mais detalhe para a da Cidade Universitária.

##### 4.1 – Hidrogeologia da Microbacia Hidrográfica do Arroio Pena Branca

A caracterização hidrogeológica envolveu estudos relacionados com a delimitação da bacia e identificação da utilização de recursos hídricos subterrâneos.

A microbacia hidrográfica do Arroio Pena Branca possui características acidentadas, em função da existência de relevos com grau de dissecação médio a alto e abrange uma área aproximada de 2221 ha. Nessa bacia foram cadastrados 46 poços tubulares que captam água subterrânea de aquíferos fraturados, cuja finalidade de uso é diversa (62% para irrigação; 34% para indústria e 4% para abastecimento público. Figura 2).

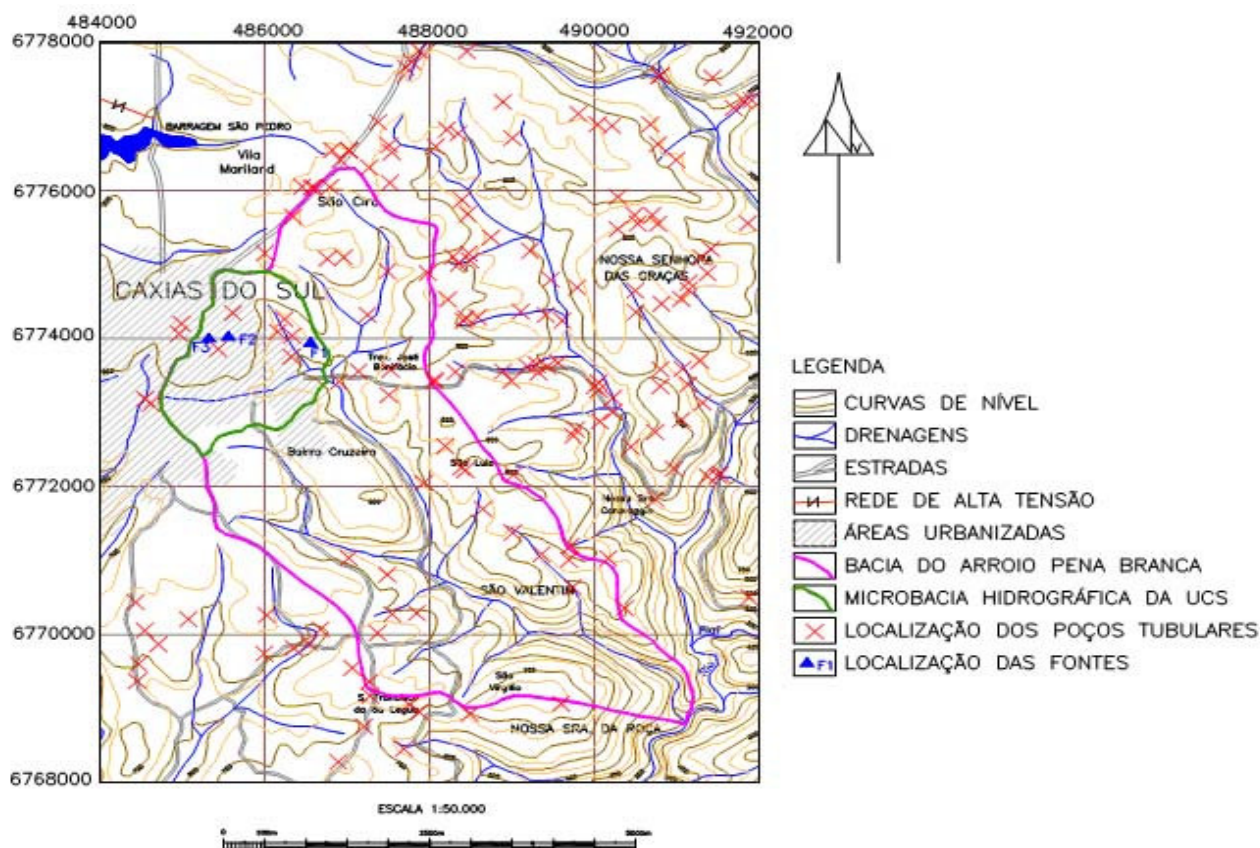


Figura 2 – Localização de poços tubulares na área da microbacia do Arroio Pena Branca.

As vazões de exploração dos recursos hídricos subterrâneos estão na faixa de 2 a 40 m<sup>3</sup>/h, sendo que a maior quantidade de poços apresenta vazões na faixa de 0 a 10 m<sup>3</sup>/h e 21 a 30 m<sup>3</sup>/h (Figura 3 e 4).

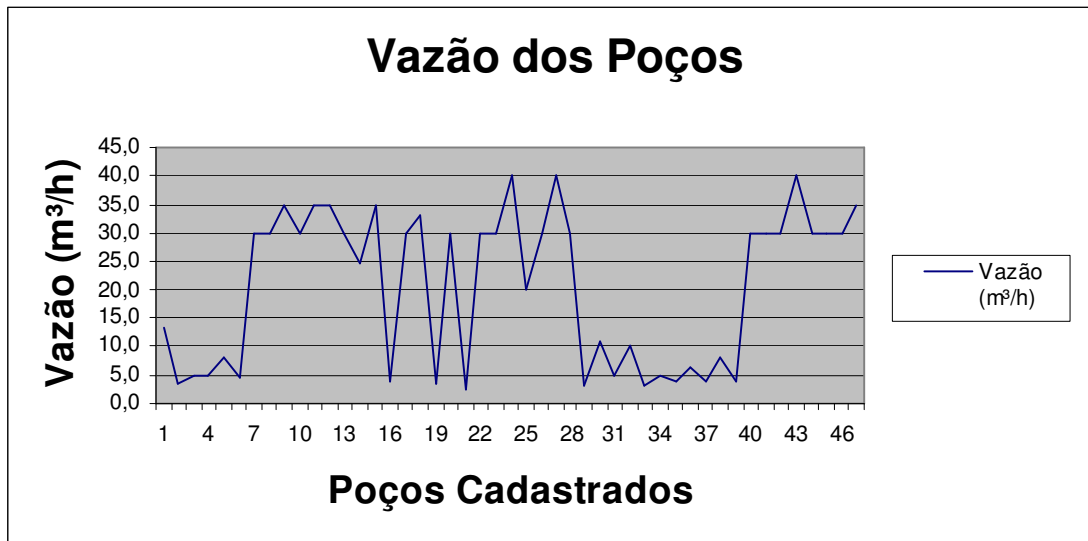


Figura 3 – Vazões explotadas pelos poços tubulares cadastrados no Arroio Pena Branca.

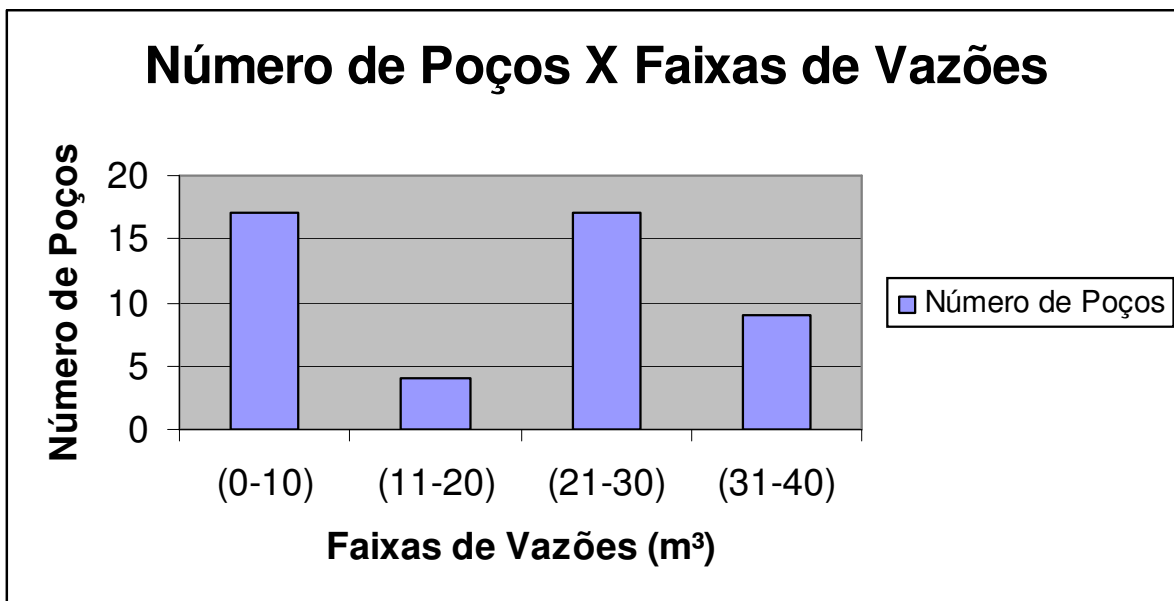


Figura 4 – Faixas de vazões de exploração por número de poços cadastrados.

Observa-se com esses dados que há quantidade significativa de poços tubulares na região da microbacia e que o volume de água explotado também é considerável. No entanto, não foi identificado nenhum modelo de gestão dos recursos hídricos subterrâneos, pois os mesmos são explorados conforme a necessidade de utilização e não conforme a capacidade máxima de produção do poço tubular ou do aquífero.



## 4.2 – Hidrogeologia da Microbacia Hidrográfica da Cidade Universitária

A caracterização hidrogeológica envolveu estudos relacionados com a delimitação da bacia, identificação da utilização de recursos hídricos subterrâneos e caracterização hidrodinâmica e hidroquímica dos aquíferos.

A microbacia hidrográfica da Cidade Universitária também possui características acidentadas, em função da existência de relevos com grau de dissecação médio e abrange uma área aproximada de 327,94 ha. Nessa bacia foram cadastrados 3 fontes que captam águas do aquífero superficial ou freático e 8 poços tubulares que estão associados ao aquífero fraturado (Figura 5).

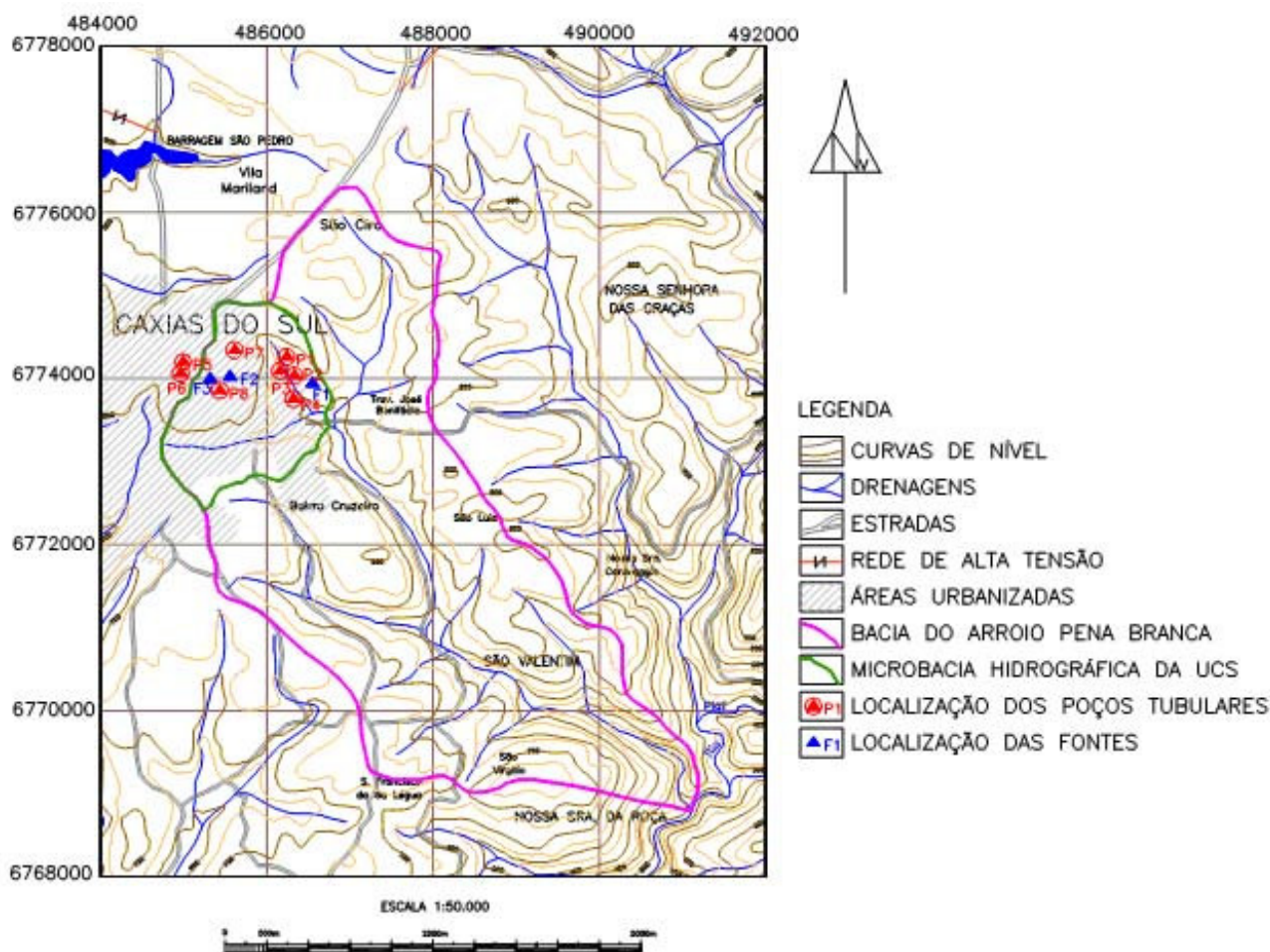


Figura 5 – Localização de Poços e Fontes na área da microbacia Cidade Universitária.

### 4.2.1 – Caracterização do Aquífero Livre ou Freático

O aquífero freático ou livre está localizado no manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas da região. Sua caracterização foi realizada com base na análise de três fontes.

As fontes existentes na microbacia hidrográfica são do tipo encosta, apresentam, em geral, vazões inferiores a 1 m<sup>3</sup>/h (Tabela 1) e são utilizadas, na maioria dos casos para abastecimento.

Tabela 1 – Características gerais das 3 fontes cadastradas.

| Fontes |         |           |               |               |
|--------|---------|-----------|---------------|---------------|
| Código | Tipo    | Vazão     | Situação      | Uso           |
| 1      | Encosta | n.d.      | Não utilizada | -             |
| 2      | Encosta | 654,3 L/h | Utilizada     | Abastecimento |
| 3      | Encosta | n.d.      | Não utilizada | -             |

n.d. - Não determinado

Com a análise físico-química e bacteriológica foi possível identificar que as águas desse aquífero são bicarbonatadas sódicas e apresentam, em geral, contaminação bacteriológica (Figura 6). Essa contaminação é explicada em função que esse aquífero é superficial e apresenta alta vulnerabilidade. Infelizmente, essa facilidade de contaminação não é compreendida pela população em geral, que acredita que toda a água subterrânea é isenta de contaminação.

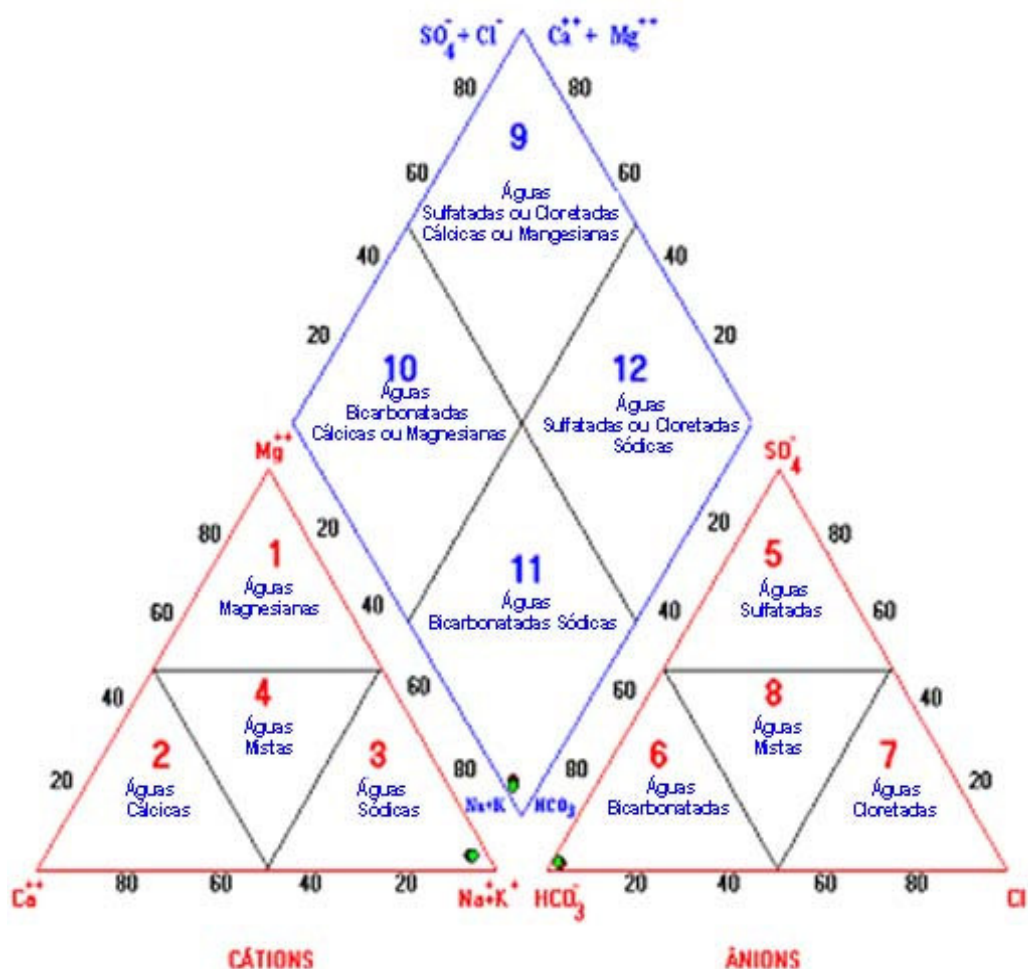


Figura 6 – Diagrama Piper com a classificação das águas do aquífero livre.



#### 4.2.2 – Caracterização do Aquífero Fraturado

O aquífero fraturado está associado às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, sendo seu principal condicionante o sistema estrutural (fraturas e zonas de fraturas) e, em segundo plano, as estruturas primárias dessas rochas. A caracterização desse aquífero foi realizada com base na interpretação de dados provenientes de poços tubulares cadastrados na área de abrangência da microbacia, bem como na análise de dados coletados em campo.

Ao todo foram cadastrados oito poços tubulares, sendo 2 produtivos, 2 atulhados e 4 encontram-se desativados/abandonados em diferentes situações (Tabela 2).

Tabela 2 – Características gerais das 8 poços cadastradas.

| Poços Tubulares |         |              |       |          |            |
|-----------------|---------|--------------|-------|----------|------------|
| Código          | Tipo    | Profundidade | NE    | Vazão    | Situação   |
| 1               | Tubular | 147m         | 35,5m | 8608 L/h | Ativo      |
| 2               | Tubular | 172m         | 21m   | 1841L/h  | Ativo      |
| 3               | Tubular | 148m         | 18m   | 5280L/h  | Desativado |
| 4               | Tubular | 118m         | 1,6m  | 4281L/h  | Atulhado   |
| 5               | Tubular | s.d.         | s.d.  | s.d.     | Desativado |
| 6               | Tubular | s.d.         | s.d.  | s.d.     | Desativado |
| 7               | Tubular | 154m         | 10m   | 9000 L/h | Atulhado   |
| 8               | Tubular | 120m         | 24,5m | 2880L/h  | Desativado |

s.d. - Sem Dados

Os poços tubulares produtivos estão associados a um lineamento principal de orientação N10°W o que evidencia a existência de aquíferos fraturados que estão condicionados a estruturas tectônicas (Figura 7).

A avaliação da captação desses recursos foi realizada através de campanhas de monitoramento realizadas durante 8 meses. O volume captado durante esse período foi comparado com a vazão máxima definida para captação de cada um dos dois poços, visando com isso definir a real condição de exploração do aquífero (Figura 8 e 9). Com essa comparação, pode-se observar que a variação de consumo do poço tubular 1 foi determinada entre 3,5 a 7 m<sup>3</sup>/h, enquanto que a vazão no poço tubular 2 foi entre 0,5 a 4,5 m<sup>3</sup>/h. Levando-se em consideração os testes de bombeamento realizados pelas empresas, quando da perfuração dos poços, observa-se que o poço tubular 1 está

sendo explotado conforme seu limite de capacidade, porém o poço tubular 2 está sendo explotado, em alguns períodos, acima de sua capacidade de produção.

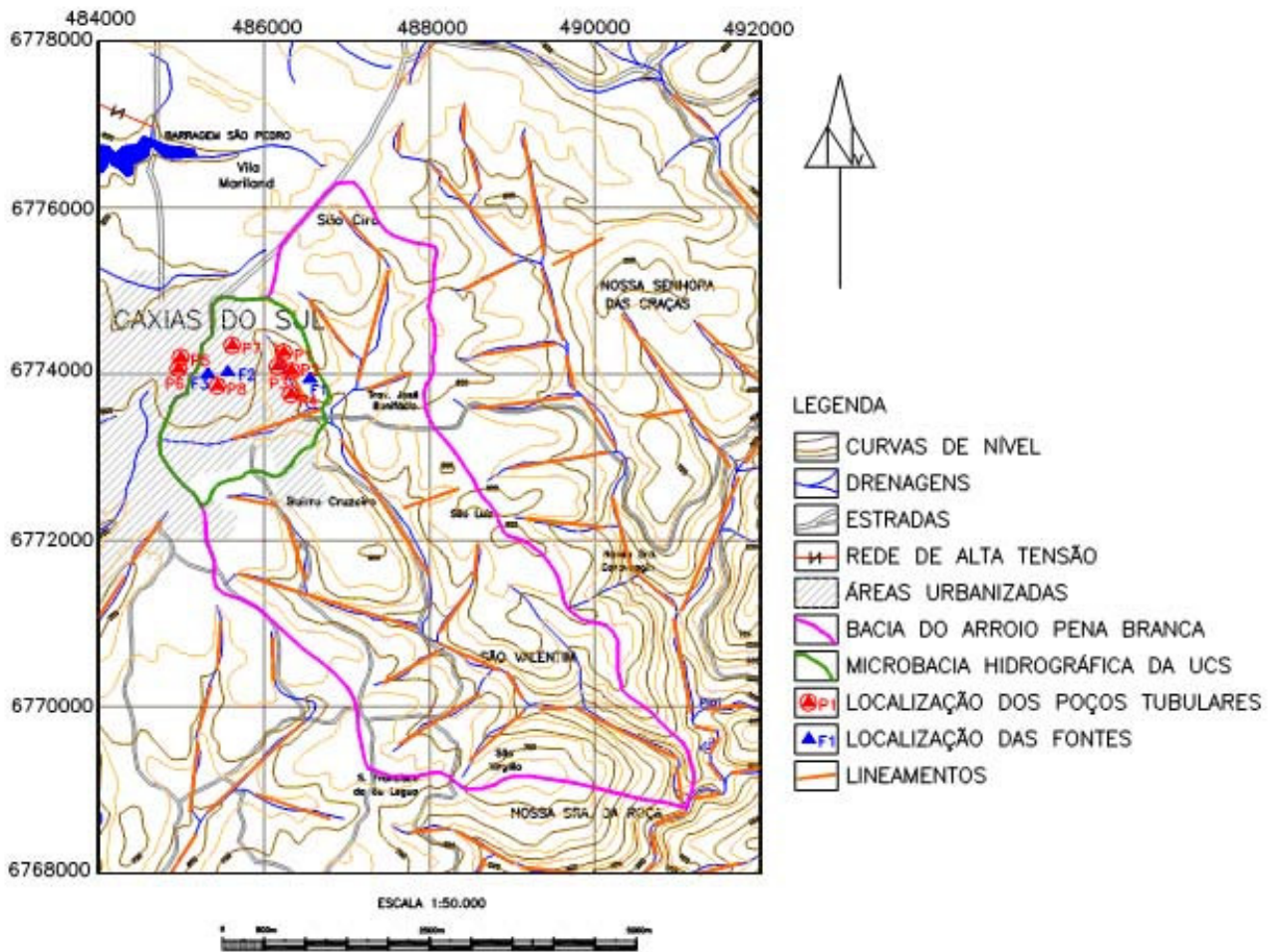


Figura 7 – Lineamentos identificados na microbacia do Arroio Pena Branca e Cidade Universitária.

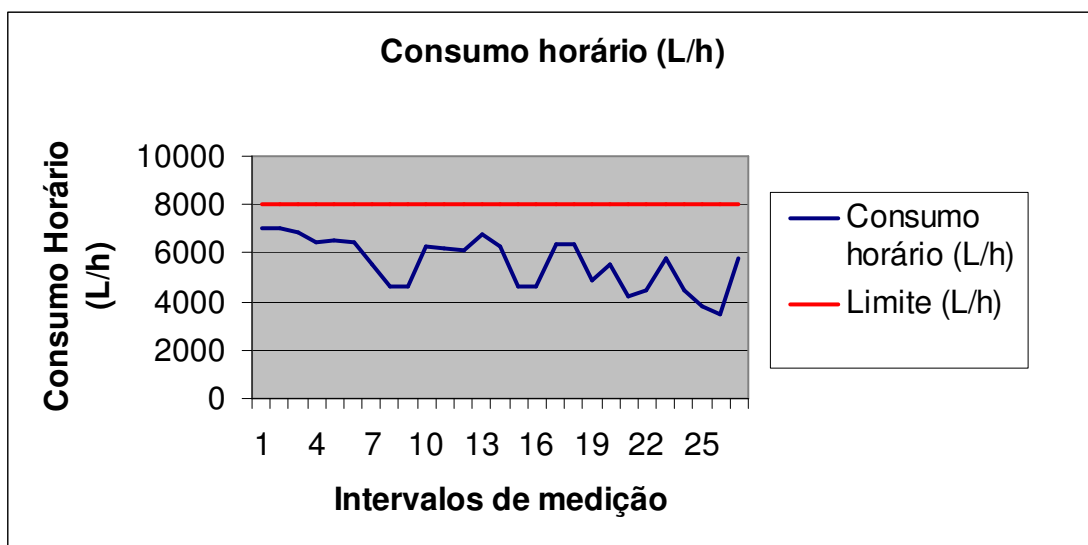


Figura 8 – Vazões medidas no poço tubular 1 sua comparação com a vazão máxima.

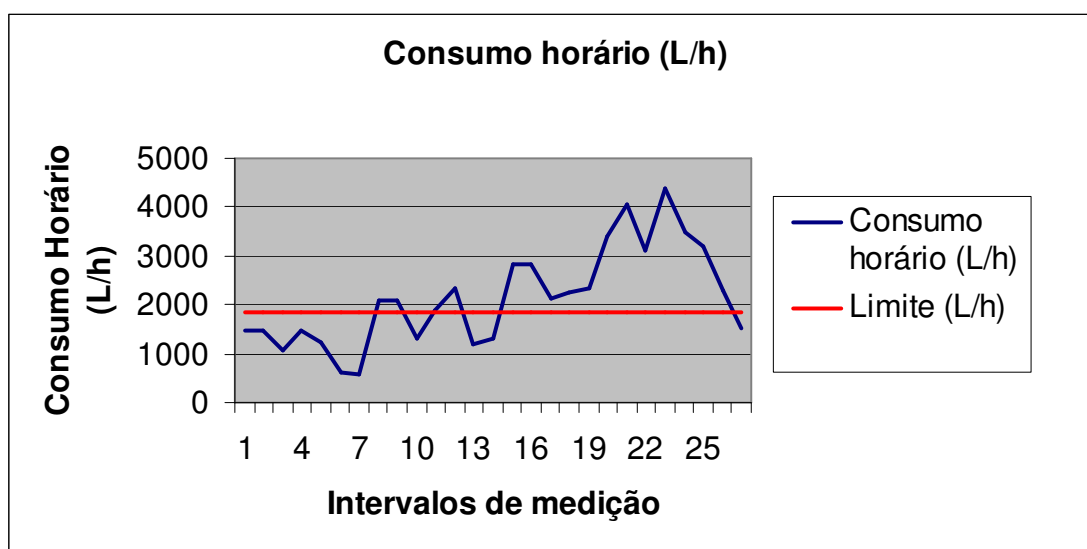


Figura 9 – Vazões medidas no poço tubular 2 sua comparação com a vazão máxima.

Na caracterização hidroquímica, foi identificado que as águas do aquífero fraturado pertencem a classe das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (Figura 10). Em geral, essas águas são potáveis, mas algumas podem apresentar contaminação bacteriológica. Nesse caso, o principal problema de contaminação deve-se à má qualidade na construção dos poços tubulares (falta de selo sanitário ou isolamento das entradas de água relacionadas ao aquífero superficial).

Analisando-se a caracterização do aquífero fraturado, observa-se que o mesmo consiste na fonte de recursos hídricos subterrâneos de maior importância, visto que os volumes de água são maiores e a qualidade das águas são melhores. No entanto, observa-se que há uma má gestão desses recursos seja em função da superexploração, seja em função da má qualidade de construção dos poços, o que acarreta em uma contaminação desses recursos.

## 5 – ANÁLISE DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS MICROBACIAS

Com a caracterização hidrogeológica das microbacias hidrográficas do Arroio Pena Branca e da Cidade Universitária, pode-se observar que os recursos hídricos subterrâneos são representados por aquíferos livres ou freáticos e fraturados. A utilização dos recursos subterrâneos é variada, sendo os mesmos utilizados para fins de irrigação, industriais e de abastecimento público.

Com relação à gestão desses recursos, foi constatada a inexistência de um plano de gestão seja a nível local (proprietário dos poços tubulares), seja a nível de bacia hidrográfica. Observou-se como pontos problemáticos e que comprometem a quantidade, qualidade e gestão dos recursos a falta de um grande número de informações técnicas sobre os aquíferos e sobre os poços tubulares existentes.

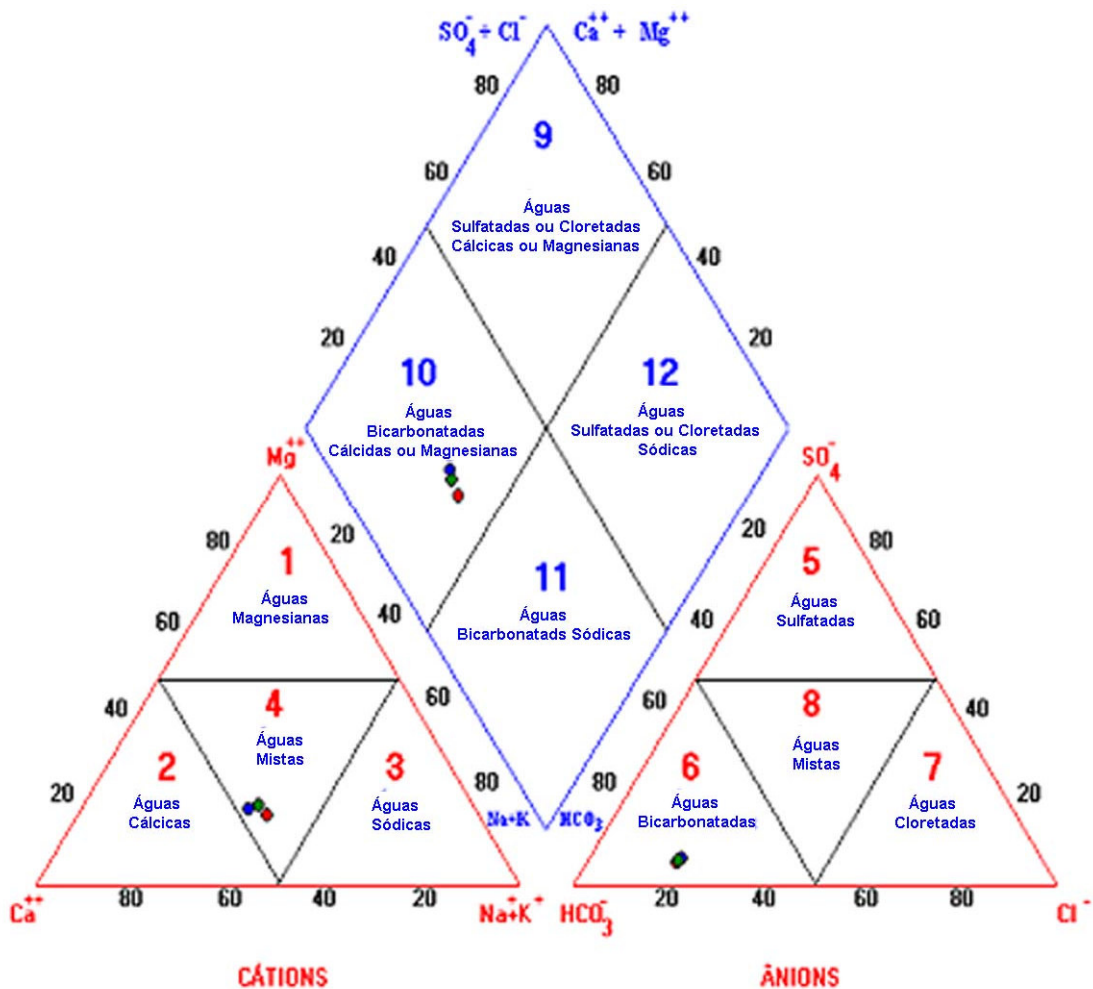


Figura 10 – Diagrama Piper com a classificação das águas do aquífero fraturado.

Para o Aquífero Livre observou-se:

- falta de conhecimento sobre a estruturação do aquífero;
- falta de campanhas de monitoramento da qualidade bacteriológica;
- falta de conscientização das pessoas que utilizam esses recursos para consumo e acreditam que por serem fontes as águas estão isentas de contaminação;

Para o Aquífero Fraturado identificou-se:

- a falta de dados sobre a construção dos poços tubulares;
- a inexistência, salvo algumas exceções, de regulação dos poços tubulares junto ao Departamento de Recursos Hídricos do Estado (regularização para solicitação de outorga);
- a falta de dados de teste de vazão confiáveis dos poços tubulares para determinação da vazão máxima de exploração;
- problemas com superexploração de poços tubulares, o que acaba acarretando perda de vazão;

- má condições dos poços abandonados: nesse caso ou os mesmos encontram-se abertos, ou parcialmente fechados;

- problemas na construção de poços tubulares: falta de selo sanitário entre outros fatores.

Com esses dados expostos pode-se observar que os recursos hídricos subterrâneos, considerados como reservas estratégicas, estão sendo mal explorados, em função da inexistência de um sistema de gestão, seja a nível de proprietário, seja a nível de bacia hidrográfica. Isso acaba comprometendo a quantidade, a qualidade e a disponibilidade desses recursos.

## 6 – CONCLUSÕES

Os recursos hídricos subterrâneos da microbacia hidrográfica da Cidade Universitaria estão associados a aquíferos livres (freáticos) e fraturados. As águas do aquífero livre são utilizadas para consumo e captadas por meio de fontes de encosta. As mesmas são caracterizadas como águas bicarbonatadas sódicas e com alta vulnerabilidade a contaminação bacteriológica. Já as águas do aquífero fraturado são utilizadas para diferentes fins (irrigação, indústria e abastecimento público) e captadas por meio de poços tubulares. Essas águas, em geral, são bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas e de boa qualidade (uma exceção se faz para poços tubulares mal construídos que apresentaram contaminação bacteriológica).

Com relação a gestão dos recursos hídricos nessa bacia, observa-se que não existem projetos de gestão, sejam os mesmos a nível local (proprietário dos poços), sejam a nível de bacia hidrográfica. Isso acaba por comprometer a quantidade, a qualidade e a disponibilidade desses recursos, normalmente considerados como uma reserva estratégica.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**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.

**FOSTER. S.; VENTURA, M.; HIRATA, R. 1993. Poluição das águas subterrâneas: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável.** São Paulo. Instituto Geológico (Séries Manuais). 55p.

**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.**

**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<sup>0</sup>, Gramado/RS, 1993. Anais. p. 539-548. 1993.

LISBOA, N.<sup>a</sup>. **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).

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).

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.

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. **Caracterização Hidrogeológica e Potencialidades dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Cuiabá, Anais (CdRoom). 2004 .

REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. **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). 2005.

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).