

DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DA BACIA DE CAPTAÇÃO FAXINAL

Tiago De Vargas; Marta Antenisca Zago; Sônia Suzin; Marcus Vinicius Caberlon

Resumo

O município de Caxias do Sul - RS, através da Lei Complementar nº 246 de 6 de dezembro de 2005, disciplina o uso do solo nas bacias de abastecimento público tendo como marco a proteção do recurso hídrico subterrâneo traduzido no zoneamento do uso do solo. Para a delimitação dos níveis de proteção do manancial dentro da bacia de captação do Faxinal foi contratado, por meio de licitação, uma empresa para realizar este trabalho. O levantamento hidrogeológico é essencial para a delimitação das áreas de recarga e descarga, fluxo da água subterrânea, locais de favorabilidade e vulnerabilidade, que associados aos levantamentos de hidrologia, solos e uso do solo delimitará o zoneamento dos níveis de restrição dentro da bacia. O sentido preferencial do fluxo da água subterrânea foi identificado como WNW, que juntamente com as áreas de alta e média favorabilidade de água subterrânea, predominantemente na parte oeste da bacia, e a identificação dos locais de maior vulnerabilidade natural do aquífero, possibilitará a criação de um gerenciamento do recurso hídrico subterrâneo.

Abstract

The municipality of Caxias do Sul - RS, through the Complementary Law n ° 246, 6 December 2005, disciplines the use of soil in the basins of public supply having as a mark the protection of groundwater resources resulted in zoning of soil use. For the definition of protection levels of wellspring within the catchment basin of Faxinal was hired, through a bidding, a company to perform this work. The hydrogeologic survey is essential for the demarcation of areas of recharge and discharge, flow of groundwater, local favorability and vulnerability, which related to surveys of hydrology, soil and the use of the soil will define the zoning of the restriction levels within the basin. The preferential direction of flow of groundwater was identified as WNW, which together with areas of high and average favorability of groundwater, predominantly in the western part of the basin, and identification of areas of greatest natural vulnerability of the aquifer, it will possible to create a management of groundwater resources.

Palavras – chave: Hidrogeologia, Gerenciamento, Manancial.

SAMAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

Rua Pinheiro Machado, 1615, Bairro: Centro, CEP: 95020-172, Fone: (54) 3219-1040.

E-mail: tvargas@samaecaxias.com.br; mzago@samaecaxias.com.br; ssuzin@samaecaxias.com.br; mcaberlon@samaecaxias.com.br

1. INTRODUÇÃO

O município de Caxias do Sul - RS, através da Lei Complementar nº 246 de 6 de dezembro de 2005, disciplina o uso do solo nas bacias de abastecimento público tendo como marco a proteção do recurso hídrico subterrâneo traduzido no zoneamento do uso do solo. Esta lei foi criada em substituição a Lei nº 2.452 de 1978 que disciplinava o uso do solo nas bacias de captação para abastecimento público.

As áreas das bacias de captação para suprir o abastecimento público acabaram por ter uma legislação específica para o uso do solo, dentro do ordenamento urbanístico do Município, objetivando a proteção dos mananciais. Assim, para a elaboração do zoneamento do solo nos espaços de bacias, da nova Lei, foram contratados através de certame licitatório estudos de “Avaliação do Impacto Potencial do Uso e Ocupação do Solo” para a bacia de captação do Faxinal, que é uma bacia rural. Trabalho semelhante ao que está sendo realizado, nesta bacia, já foi feito nas bacias de captação no espaço urbano.

A elaboração deste estudo tem como objetivo realizar o zoneamento do uso do solo na bacia do Faxinal através da investigação da Hidrologia e Hidrogeologia, respectivamente, estudos dos mananciais superficiais e subterrâneos; estudo dos solos – Pedologia; meio biótico – Ecossistemas; outros elementos conforme descritos, em atendimento ao art. 4º e art. 95 da Lei Complementar nº 246, de 6 de dezembro de 2005. Porém, o que será exposto neste artigo estará restrito a avaliação do recurso hídrico subterrâneo da bacia. O levantamento hidrogeológico é essencial para a delimitação das áreas de recarga e descarga, fluxo da água subterrânea, locais de favorabilidade e vulnerabilidade, que associados aos levantamentos de hidrologia, solos e uso do solo delimitará o zoneamento dos níveis de restrição. Assim, com base nos dados hidrogeológicos é possível criar um gerenciamento da água subterrânea da bacia.

Os dados expostos neste artigo são produto do serviço realizado pela empresa NeoCorp Desenvolvimento de Projetos e Serviços Ltda ao SAMAE, através da licitação nº 010/2008 e contrato nº 079/2008.

2. METODOLOGIA

As metodologias utilizadas para realização deste estudo consistiram em levantamento bibliográfico, análise de fotografias aéreas, imagem de satélite LANDSAT TM-5, imagem

de radar STRM e levantamento de campo. Além disso, foi fundamental a inserção de dados nos softwares Golden Surfer 8.0., ArcGis e Spring para geração dos mapas temáticos hidrogeológicos da bacia de captação do Faxinal.

3. LOCALIZAÇÃO

A bacia de captação do arroio Faxinal está localizada no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul (Figura 1). Ela possui uma área territorial de 1.588,4 km². Dentro desta área existem dois distritos pertencentes a Caxias do Sul, sendo estes, Vila Seca e Fazenda Souza. Observando em uma escala macro é possível afirmar que a bacia do Faxinal está inserida na bacia do rio Taquari-Antas (G40), que por sua vez pertence a região hidrográfica do Guaíba.

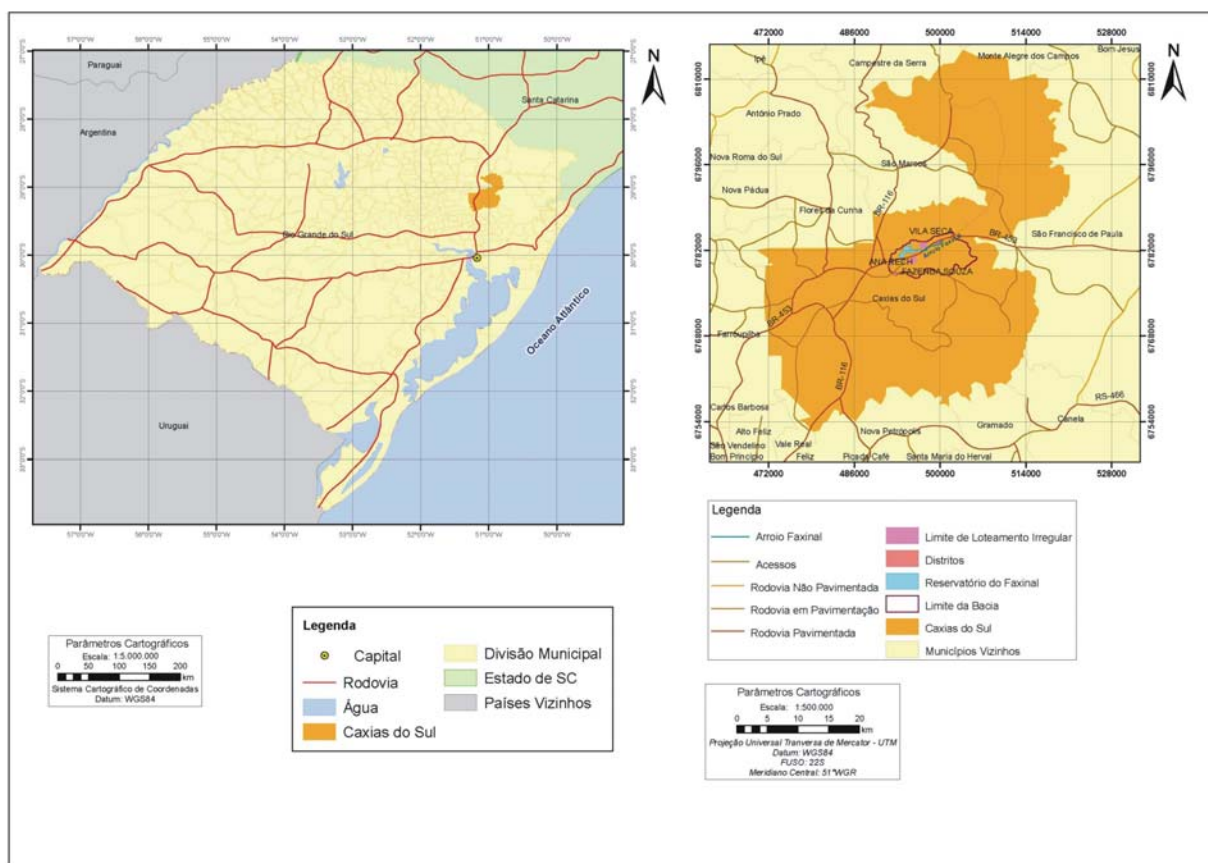


Figura 1. Mapa de localização da bacia de captação do Faxinal. Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

4. GEOLOGIA

A geologia da região é constituída por pacotes vulcânicos que tiveram o seu início no evento geotectônico da ruptura gonduânica. Este evento ocasionou grandes fissuras na crosta terrestre e de grande profundidade, que se estenderam por uma área de aproximadamente 1.200.000km², e que abrange oito estados brasileiros e quatro países da América do Sul (Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai). A formação dos derrames vulcânicos tiveram uma duração de 10 milhões de anos, entre 138 e 128 milhões de anos (Renne, et al, 1992, Stewart, 1996, Roisenberg & Viero, 2000 *apud* Lisboa, 2003) ^[1], recobrimo as rochas sedimentares gonduânicas da Bacia do Paraná (Figura 2). Além disso, o pacote vulcano-sedimentar regional é representado no Rio Grande do Sul, da base para o topo, pelas formações: Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Rio do Rasto, Rosário do Sul, Botucatu e Serra Geral (coluna estratigráfica segundo Schneider, 1974, adaptada por Aboarrage & Lopes, 1996 *apud* Lisboa, 2003) ^[1].

No município de Caxias do Sul afloram rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e Arenitos da Formação Botucatu. As vulcânicas da Formação Serra Geral, são as rochas dominantes da região. Esta unidade é constituída de vulcanitos ácidos e rochas básicas estruturados na forma de derrames tabulares que repousam discordantemente sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu. Baseado em estudos geoquímicos, as ácidas desta região foram classificadas como vulcânicas do tipo Palmas e as básicas designadas como tipo Gramado (Bellieni et al. 1986, Peate et al, 1992 *apud* Lisboa, 2003) ^[1]. Na região do município de Caxias do Sul predomina o tipo Palmas como litologia aflorante. Os arenitos da Formação Botucatu, considerado o reservatório mais importante do Aquífero Guarani, constituía um grande deserto, desenvolvendo-se no final do período Jurássico e início do Cretáceo. Estes arenitos afloram somente na porção sul do município, na região do Vale do Rio Caí.

P E R Í O D O	I D A D E Ma	UNIDADE LITOE- STRATIGRA- FICA	LITOLOGIAS		COTA DA ALTITUDE DO TOPO EM METROS DO NÍVEL DO MAR	ESPESSURA APROXIMADA EM METROS
			T I P O			
C R E T Á C E O I N F.	128	FORMAÇÃO SERRA GERAL	C A X I A S	VITRÓFIROS PRETOS	1000	80
				VULCÂNICA ÁCIDA CINZA	920	170
				VULCÂNICA ÁCIDA VERMELHA	750	70
				VULCÂNICA ÁCIDA CINZA	680	70
				BASALTOS E ANDESIBASALTOS TIPO GRAMADO	610	450
JURÁS- SICO	138	FORMAÇÃO BOTUCATU		ARENITOS EÓLICOS	160	160

Figura 2. Coluna estratigráfica das litologias que compõem o arcabouço geológico do Município de Caxias do Sul (Lisboa, 2003).

5. ESTRUTURAL

O levantamento estrutural da bacia de captação do Faxinal foi feito através da interpretação de fotografias aéreas, imagem de satélite e interpretação do modelo digital do terreno. O levantamento do controle tectônico através dos lineamentos permitiu a identificação das fraturas e falhas preferências, tendo como direção predominante N90E. Além disso, obteve-se o mapa de densidade de lineamentos (Figura 3).

De acordo com Roisenberg (1990) ^[2], as feições estruturais estão dispostas em três zonas principais:

- Zona basal: Composta por vidro vulcânico de coloração preta e vermelha, brechas e rochas maciças.
- Zona central: esta zona é caracterizada por dois tipos de estruturas primárias preferências (juntas horizontais e juntas verticais). Essas estruturas podem ocorrer em forma maciça ou porções muito fraturadas.
- Zona superior: composta por rochas vulcânicas vesiculares e amigdalóides, preenchidas por zeólitas, carbonatos e quartzo.

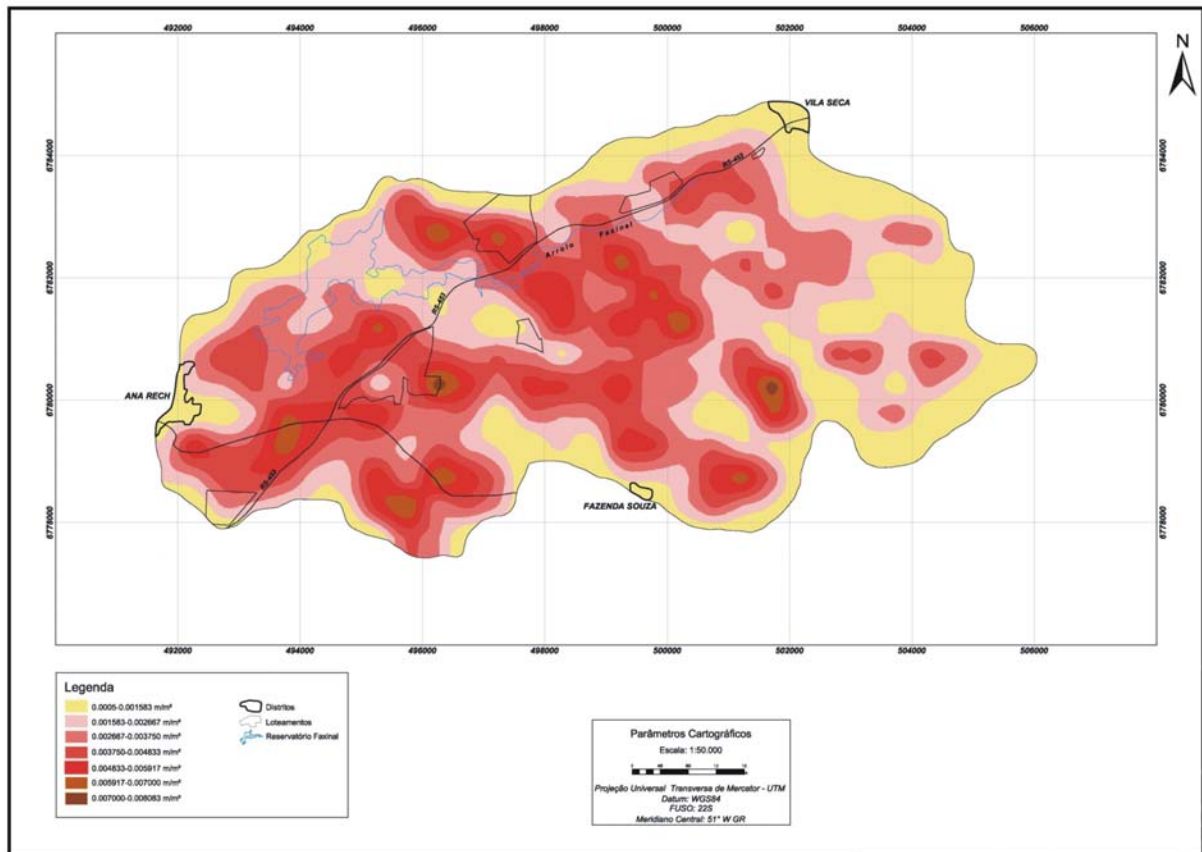


Figura 3. Mapa de densidade de lineamentos da bacia de captação do Faxinal. Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

6. HIDROGEOLOGIA

A hidrogeologia regional está inserida na divisão hidrogeológica da bacia do Paraná, que é constituída pelas Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, com volume estimado em 50.000 km³ (Rebouças, 1988 *apud* Gottardo, 2009) [3]. Segundo Lisboa (1993) [1], a região de Caxias do Sul pertence a unidade morfotectônica denominada como Fachada Atlântica.

O município de Caxias do Sul está localizado na Formação Serra Geral. Esta Formação tem como característica a presença dos aquíferos fraturados, que podem ou não apresentar estruturas primárias (Reginato, 2003) [4]. O sistema aquífero fraturado possui o fluxo de águas condicionado pela extensão e cruzamento das fraturas, ou pela zona de fraturas presente na rocha. Na região de Caxias do Sul existem dois tipos de aquíferos, freático ou livre e o fraturado. O aquífero livre ocorre no manto de alteração da rocha vulcânica, tendo seu escoamento no contato do regolito com a rocha sã. Além disso, a quantidade de água no freático tem relação direta com o tipo de solo, relevo,

clima e litologia, existente na área. Já o aquífero fraturado ocorre nas rochas vulcânicas, sendo que, a circulação de água está vinculada a associação das disjunções horizontais e verticais com as fraturas tectônicas. Também existe circulação de água nas zonas vesiculares e amigdalóides associadas ao fraturamento. De acordo com Hausman (1966) *apud* Reginato (2003) ^[4], o sistema de juntas de resfriamento das rochas vulcânicas forma um sistema de vasos comunicantes, onde o nível estático marca um nível de equilíbrio.

7. RESULTADOS

7.1. Classificação das Áreas de Recarga e Descarga

Na bacia de captação do Faxinal as zonas de recarga e descarga do aquífero (Figura 4) foram identificadas através da medição do nível estático dos poços existentes, densidade da drenagem, ocorrência de banhados, espessura do manto de alteração, densidade de fraturas, declividade do terreno e existência de vegetação.

7.1.1. Áreas de Recarga de 1ª Importância

As áreas de primeira importância foram identificadas em cotas altimétricas mais elevadas, relevo pouco acidentado, posicionamento do nível estático mais próximo à superfície, espessura de solo considerável, elevada densidade de fraturas e intersecções dessas e ocorrência de vegetação nativa.

7.1.2. Áreas de Recarga de 2ª Importância

As áreas de segunda importância foram identificadas através da existência de relevo mais plano, vegetação e hidrografia menos densas e fraturas dispersas ao longo do terreno.

7.1.3. Áreas de Descarga de 1ª Importância

As áreas em que ocorrem as descargas de primeira importância foram definidas no entorno do reservatório através do estudo da densidade hidrográfica, ocorrência de surgências e zonas de quebra de relevo.

7.1.4. Áreas de Descarga de 2ª Importância

As áreas de descarga de segunda ordem foram caracterizadas pelas surgências de água, existência de banhados e lagos, além disso, ocorrência de fraturas.

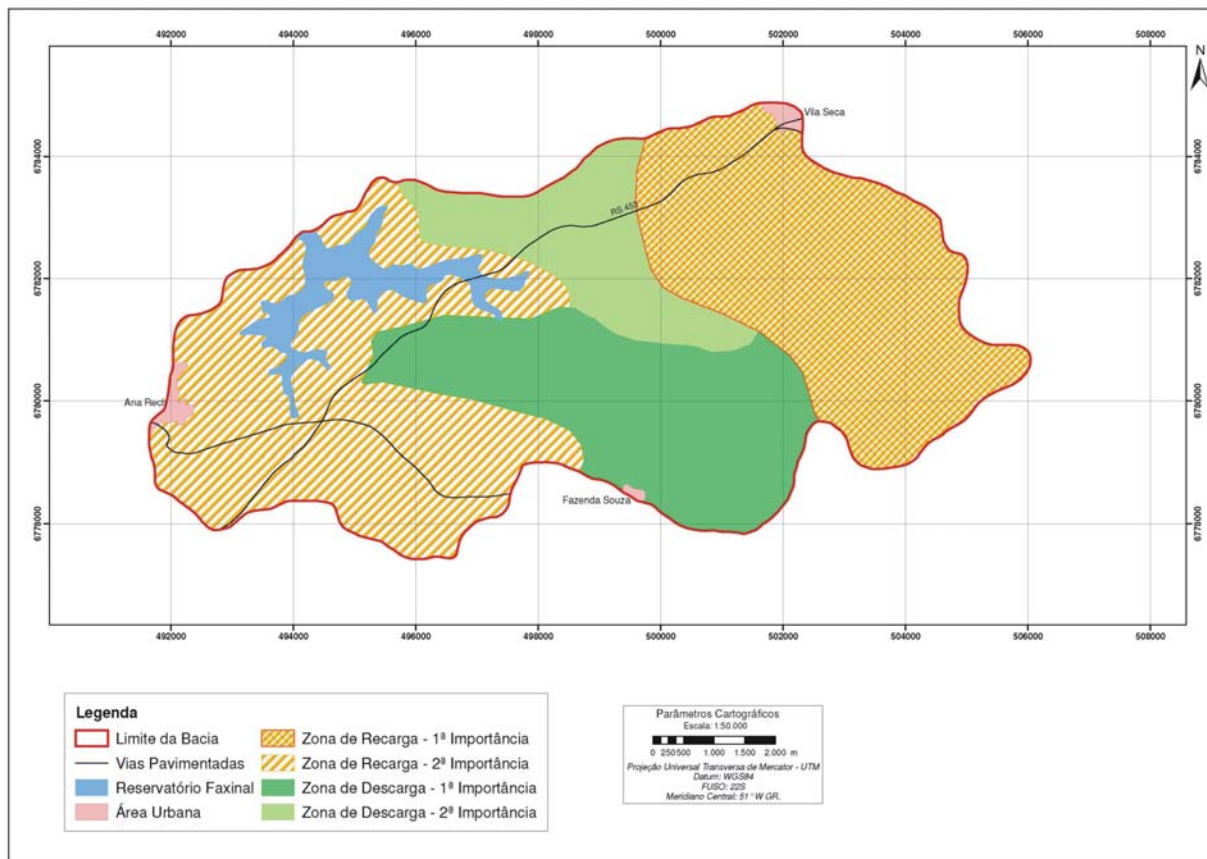


Figura 4. Mapa das áreas de recarga e descarga da bacia de captação Faxinal. Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

7.2. Direção do Fluxo

A direção do fluxo das águas subterrâneas da bacia de captação do Faxinal foi interpretada com base no mapa potenciométrico. Este mapa possibilita o reconhecimento e compreensão do funcionamento hidrodinâmico de um sistema aquífero, facultando a identificação de zonas de recarga e descarga e do sentido de fluxo da água subterrânea.

A análise do mapa potenciométrico identificou o sentido preferencial do fluxo de água subterrânea da bacia como WNW (Figura 5). Através destes dados é possível compreender melhor o comportamento do aquífero, visando sua conservação, gerenciamento, planejamento e utilização.

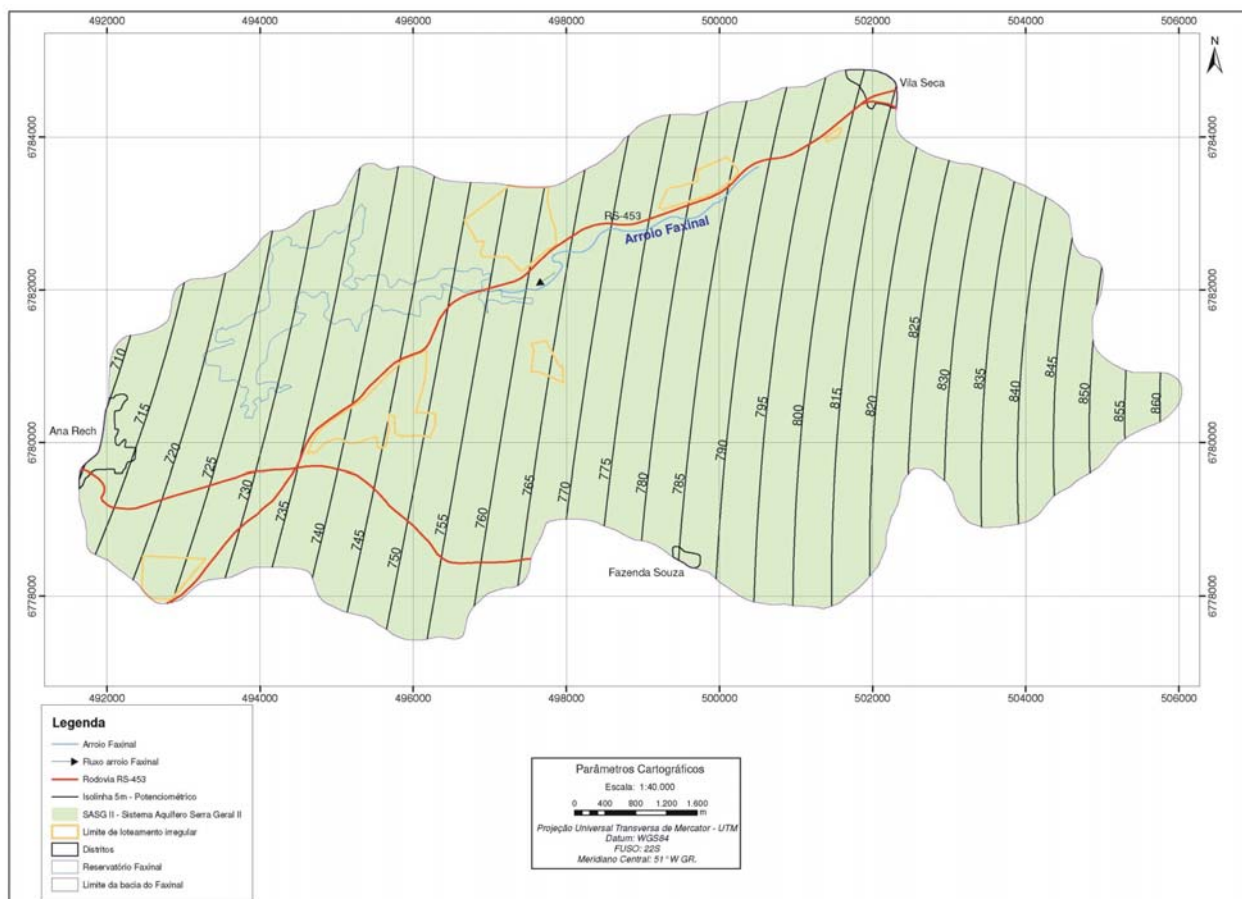


Figura 5. Mapa potenciométrico da bacia de captação do Faxinal. Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

7.3. Favorabilidade Hidrogeológica

O mapa de favorabilidade de água subterrânea proporcionará o gerenciamento dos recursos subterrâneos e um direcionamento dos locais a serem perfurados os poços tubulares. O estudo realizado para obter o mapa de favorabilidade de água subterrânea abrangeu a correlação de vários fatores. Entre eles, a declividade é um fator de grande relevância, pois a ocorrência de uma declividade acentuada define um grande escoamento superficial, logo, a infiltração de água para o aquífero é baixa. Já a densidade de fraturas tem grande importância na recarga do aquífero, pois, quanto maior a densidade e interseções das fraturas, maior será a infiltração de água. O solo condiciona a infiltração de água da chuva através da sua granulometria, permeabilidade e espessura. Ainda, é possível citar a densidade de drenagem como um fator preponderante, pois, ela possui duas interpretações: a primeira leva em conta a quantidade de linhas de drenagem atuando de forma inversa à infiltração, ou seja, há um maior escoamento superficial e conseqüentemente uma diminuição na recarga do aquífero. No entanto, a segunda

interpretação, levando em conta a quantidade de linhas de drenagem, representa uma grande contribuição do freático para formação de nascentes de rios e córregos. Além disso, expõem-se os fatores de litologia, uso de solo e cobertura vegetal.

O mapa resultante dos fatores citados acima foi classificado em quatro classes: desfavorável, baixa favorabilidade, média favorabilidade e alta favorabilidade. O mapa estruturado para gestão ambiental na bacia levou em conta a declividade, densidade de drenagem, densidade de lineamentos e o uso do solo. Já para obter a favorabilidade a prospecção de água subterrânea foram utilizadas todas as classes citadas anteriormente com o acréscimo das intersecções de lineamentos. A interpretação deste mapa sugere que as áreas de alta e média favorabilidade de água subterrânea estão predominantemente localizadas na parte oeste da bacia de captação do Faxinal (Figura 6).

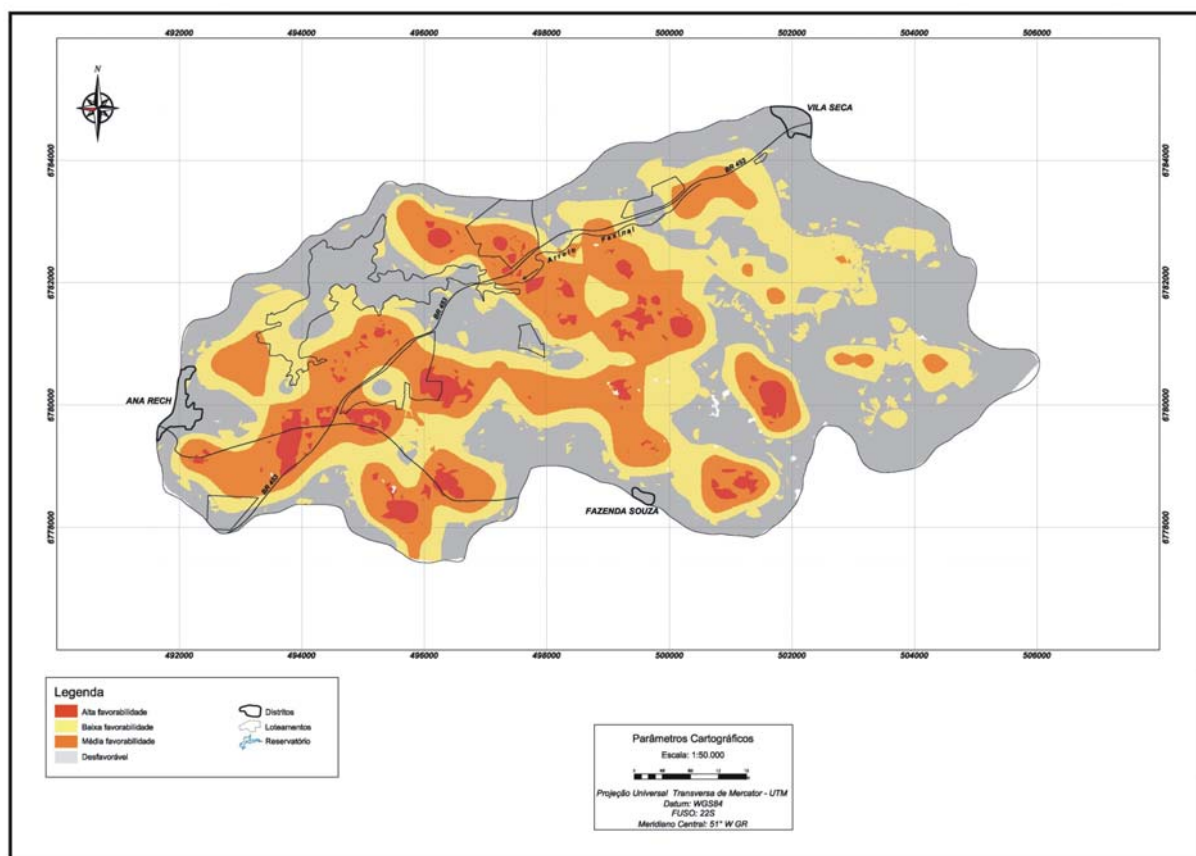


Figura 6. Mapa de favorabilidade hidrogeológica da bacia de captação do Faxinal.

Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

7.4. Vulnerabilidade Hidrogeológica

O estudo da vulnerabilidade do sistema aquífero foi direcionado para a identificação de aspectos naturais e antrópicos para provável produção de carga contaminante com risco ambiental (Figura 7).

A vulnerabilidade natural pode ser quantificada através da análise da susceptibilidade dos aquíferos a serem afetados por uma carga contaminante, como por exemplo, fuga de redes de esgoto, resíduos sólidos, insumo de atividades agrícolas e etc. A metodologia utilizada neste estudo foi o método **G**roundwater Hydraulic Confinement, **O**verlying Strata e **D**epth to groundwater table (GOD), este método desenvolvido por Foster e Hirata (1993) ^[5], permite identificar um índice de vulnerabilidade no aquífero. As classes de vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero são: desprezível (0 a 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5), alta (0,5 a 0,7) e extrema (0,7 a 1,0).

Os poços analisados pelo método GOD, na bacia de captação do Faxinal, resultaram em 12 poços classificados como índice baixo, 4 como índice médio e 6 como índice alto de vulnerabilidade (Quadro 1).

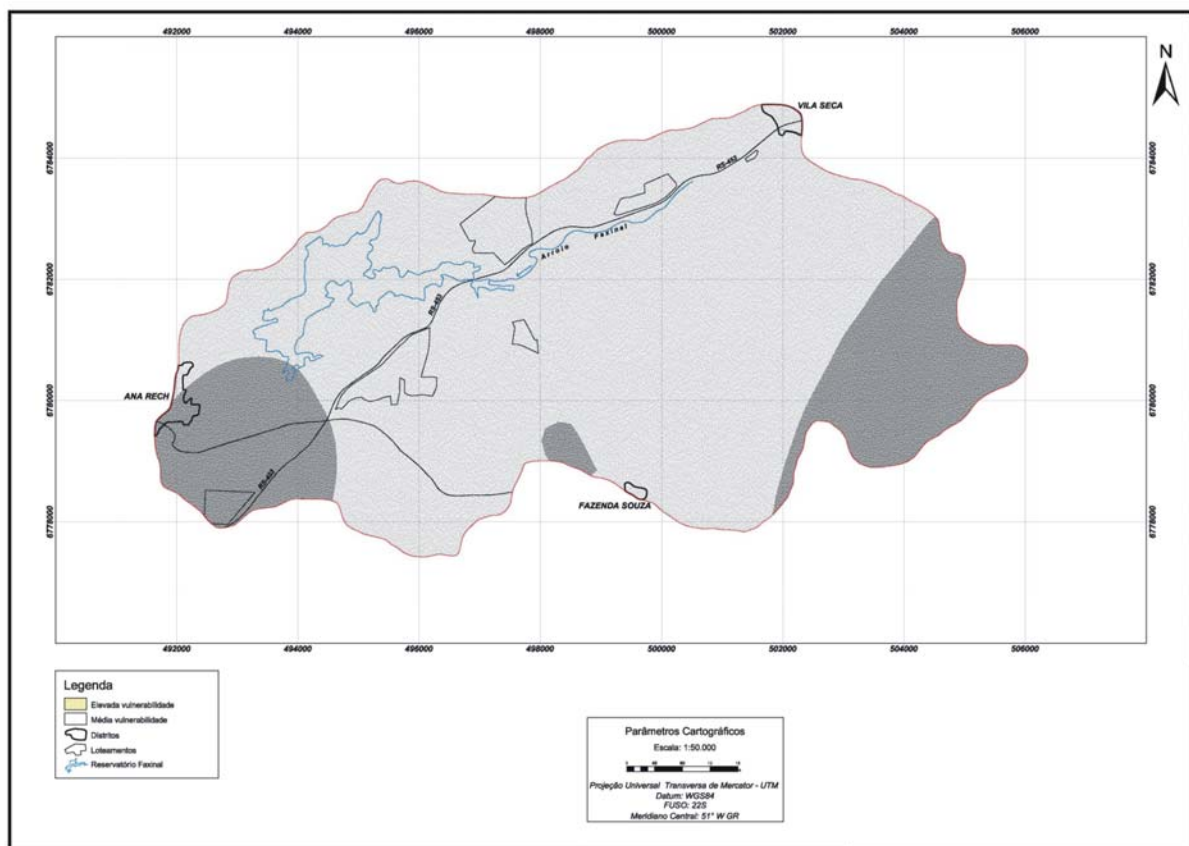


Figura 7. Mapa de vulnerabilidade hidrogeológica da bacia de captação do Faxinal.

Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

Quadro 1. Dados utilizados para geração do mapa de vulnerabilidade hidrogeológica.

Extraído e modificado de Gottardo, 2009.

POÇO	UTM E	UTM N	GRAU DE CONFINAMENTO	LITOLOGIA	N.E	G	O	D	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE	CLASSE DE VULNERABILIDADE
P-1	486899	6773407	Confinado	Serra Geral	28,05	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-3	484372	6774035	Confinado	Serra Geral	47,22	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-4	481935	6772611	Livre	Serra Geral	9,5	1	0,7	0,8	0,56	Alta
P-6	481729	6781739	Livre	Serra Geral	7,6	1	0,7	0,8	0,56	Alta
P-7	477705	6775958	Confinado	Serra Geral	74,04	0,6	0,7	0,6	0,252	Baixa
P-8	488631	6783275	Confinado	Serra Geral	20	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-9	480604	6773721	Confinado	Serra Geral	47,42	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-10	512658	6782241	Livre	Serra Geral	9	1	0,7	0,8	0,56	Alta
				Geral						
P-12	476580	6772247	Confinado	Serra Geral	89,1	0,6	0,7	0,6	0,252	Baixa
P-13	503558	6778107	Livre	Serra Geral	0	1	0,7	0,9	0,63	Alta
P-14	482885	6773840	Livre	Serra Geral	3,2	1	0,7	0,9	0,63	Alta
P-15	519746	6758884	Confinado	Serra Geral	18	0,6	0,7	0,8	0,336	Média
P-16	499080	6778536	Confinado	Serra Geral	21,56	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-17	498309	6779182	Confinado	Serra Geral	24,86	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-18	493950	6779632	Livre	Serra Geral	3,34	1	0,7	0,9	0,63	Alta
P-19	495164	6780044	Confinado	Serra Geral	10,2	0,6	0,7	0,8	0,336	Média
P-20	495943	6782346	Confinado	Serra Geral	12,5	0,6	0,7	0,8	0,336	Média
P-21	490165	6782950	Confinado	Serra Geral	53,3	0,6	0,7	0,6	0,252	Baixa
P-22	490110	6782640	Confinado	Serra Geral	30,92	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-23	490310	6783171	Confinado	Serra Geral	42,1	0,6	0,7	0,7	0,294	Baixa
P-24	517520	6815505	Confinado	Serra Geral	120	0,6	0,7	0,6	0,252	Baixa
P-25	529491	6822629	Confinado	Serra Geral	15,66	0,6	0,7	0,8	0,336	Média

7.5. Avaliação de reservas, potencialidades e disponibilidade de aquíferos

A metodologia utilizada para avaliação dos volumes armazenados e disponíveis de água subterrânea na bacia de captação do Faxinal avalia as reservas, a potencialidade e a disponibilidade. Esta metodologia foi proposta por Costa (1998 *apud* Pernambuco, 1998) ^[6].

A reserva reguladora ou renovável na bacia contém um valor de 14.544,79 m³. Já, com relação à potencialidade o valor encontrado foi 16.726,7 m³/ano. Além disso, a disponibilidade efetiva ou instalada foi observada em três poços, em que a vazão média foi 11,757 m³/h, resultando em uma disponibilidade efetiva de 308.991,48 m³. Em aquíferos fissurais a reserva permanente não é avaliada e a disponibilidade virtual é considerada igual à potencialidade.

8. CONCLUSÃO

O levantamento dos dados hidrogeológicos da bacia de captação do Faxinal possibilitou a compreensão do sentido do fluxo, da favorabilidade e da vulnerabilidade da água subterrânea e as zonas de recarga e descarga. Através, da interpretação e correlação dos mapas gerados foi possível avaliar a ocupação do solo, assim, delimitando as áreas com maiores restrições, a fim de preservar o recurso hídrico subterrâneo.

Outro ponto relevante na análise destes resultados é a locação de poços tubulares. O direcionamento dos estudos para as áreas preferenciais de locação dos poços tubulares permitem uma maior probabilidade de acerto na exploração da água subterrânea, em prol do abastecimento de água potável, nas áreas rurais do município de Caxias do Sul. A potencialidade, a disponibilidade efetiva e a reserva reguladora que foram calculadas, permitem um controle sobre a quantidade de poços e, principalmente, sobre o volume explorado e que poderá ser explorado na bacia.

O gerenciamento do recurso hídrico subterrâneo é essencial para a preservação da qualidade da água utilizada no abastecimento humano, tanto por poços tubulares como por meio superficial.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LISBOA, N.A. Estudo Geológico E Hidrogeológico Para O Aproveitamento De Água Do Aquífero Guarani No Município De Caxias Do Sul. Porto Alegre, 2003.

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).

GOTTARDO, E. Projeto Zoneamento Do Uso Do Solo Da Bacia Faxinal. Porto Alegre: NEOCORP, 2009.

REGINATO, P.A.R. Integração De Dados Geológicos Para Prospecção De Aquíferos Fraturados Em Trecho Da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (Rs). Tese de Doutorado; Porto Alegre, 2003. Tese de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FOSTER, S. & HIRATA, R. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas. Um método baseado em dados existentes. (trad. Ricardo Hirata et al) São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92p. [Boletim n.10].

PERNAMBUCO. Plano Estadual de Recursos Hídricos- PERH/PE. 1998. Disponível em <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/docs/planos_diretores/Pernambuco_estadual/pdfs/Volume_3.pdf>. Acesso em 14 de janeiro de 2009.