

HIDROGEOLOGIA APLICADA AO ZONEAMENTO DO USO DO SOLO PARA MANANCIAL DE ABASTECIMENTO

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

Resumo

O presente trabalho mostra como os elementos da hidrogeologia foram utilizados na elaboração do zoneamento do uso do solo para as bacias hidrográficas que servem ao abastecimento público do município de Caxias do Sul. Aliado ao recurso hídrico superficial, já protegido por diversas legislações, o estudo da hidrogeologia local possibilitou conhecer as áreas onde a água subterrânea se configura como fragilidade ambiental. Neste sentido foram apontadas as áreas onde ocorrem zonas de descarga e recarga de primeira e segunda importância e as de fratura principal que receberam restrições de uso junto à legislação urbanística. A interligação entre recurso hídrico superficial e subterrâneo em forma de regramento facilita o monitoramento de atividades já existentes nestes espaços bem como propicia de fato uma forma de ocupação sustentável que garanta à qualidade e quantidade de água fundamental a vida e ao desenvolvimento da cidade.

Abstract

This paper shows how the elements of hydrogeology were used in drafting the land use zoning on watersheds that are used to supply water to the city of Caxias do Sul. Allied to surface water resources, which are already protected by various laws, the study of local hydrogeology allowed us to identify areas with environmental fragility due the presented of groundwater. Based on that, it was identified groundwater recharge and discharge zones of first and second importance as well as the main fracture zone which received use restrictions according to the urbanistic legislation .The legislation interconnection between surface and underground water facilitates the monitoring of existing activities in these areas and provides a truly sustainable way of occupation to ensure the quality and quantity of water essential to the life and the development of the city.

Palavras – chave: Hidrogeologia, Zoneamento, Manancial.

1. INTRODUÇÃO

O distanciamento de rios volumosos acabou por tornar o abastecimento de água da cidade de Caxias do Sul uma preocupação constante. Historicamente, aumento da população, períodos de estiagem, desenvolvimento econômico foram demandando a procura por novos locais para barramento, o que por sua vez, significa alto custo de investimentos, intervenções em grandes áreas e respectiva gestão destes espaços.

As áreas das bacias de captação para suprir o abastecimento público, por esta razão, acabaram por ter uma legislação específica para o uso do solo dentro do ordenamento urbanístico do Município.

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” ^[1] para as bacias de captação em espaço urbano. Estes estudos abrangeram as restrições hidrológicas, hidrogeológicas e legais visando à preservação dos mananciais frente a diferentes cenários de ocupação do solo. O produto final foi a Lei Complementar nº 246 de 6 de dezembro de 2005 ^[2], em substituição a Lei nº 2.452 de 1978 ^[3] que disciplinava o uso do solo nas bacias de captação para abastecimento público. A alteração fundamental foi o reconhecimento da importância da água subterrânea que passou a integrar o regramento urbanístico como fragilidade ambiental passível de proteção e restrições.

2. LOCALIZAÇÃO E PERFIL DO MUNICÍPIO

O município de Caxias do Sul, localizado no estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil, através da Lei Complementar nº 246 de 6 de dezembro de 2005 ^[2], 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.

Caxias do Sul esta situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a uma altitude média de 760 metros, com população na faixa de 400 mil habitantes. O Município se destaca como um dos mais importantes pólos metal-mecânico do país. Também é responsável pelo abastecimento de cerca de 60% dos produtos hortifrutigranjeiro do Estado.

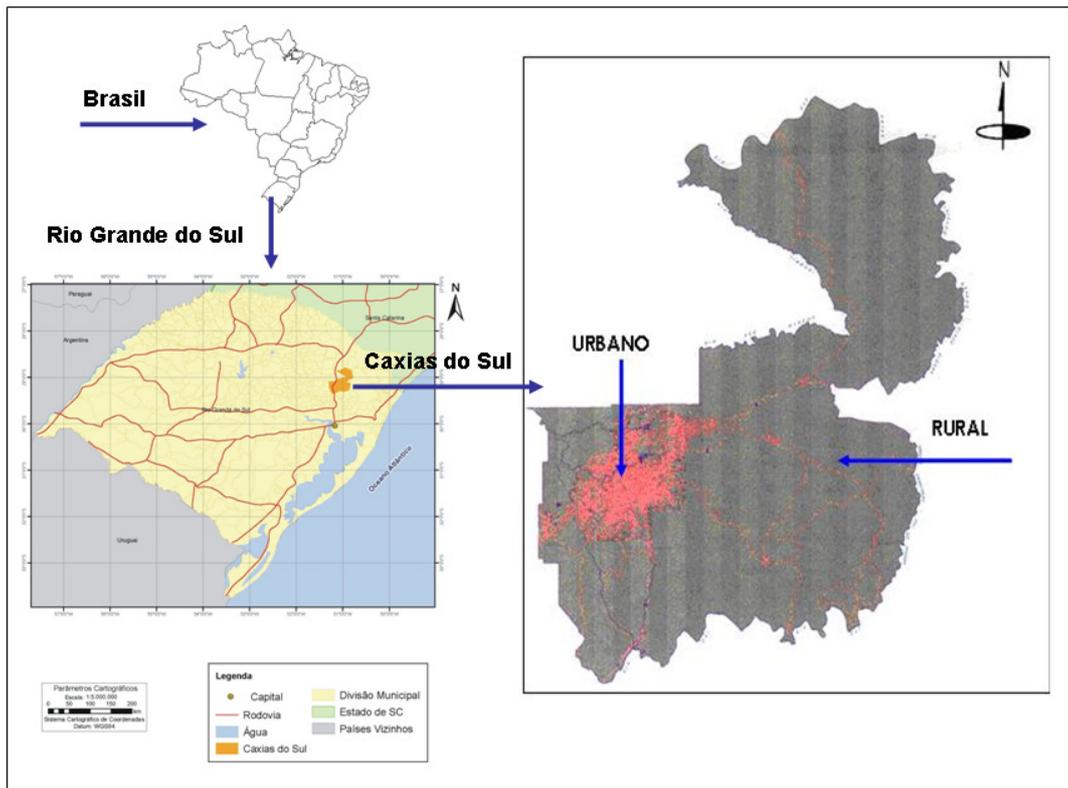


Figura 1. Mapa de localização da cidade de Caxias do Sul. Acervo SAMAE.

Integra a bacia hidrográfica do Guaíba, estando sobre o divisor de águas das bacias dos rios Cai e Taquari-Antas. O abastecimento público de água se dá através do represamento de arroios de pequena vazão, sendo quatro os sistemas hoje em funcionamento: Dal Bó, Maestra, Samuara e Faxinal. Está em tramite a construção de mais um barramento junto ao Arroio das Marrecas. Na área rural, o abastecimento nos Distritos é feito através de poços comunitários monitorados pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, sendo os demais particulares.

O SAMAE é autarquia municipal responsável pela gestão das áreas dos mananciais, tratamento e distribuição de água potável e, coleta, afastamento e tratamento de esgoto domiciliar urbano.

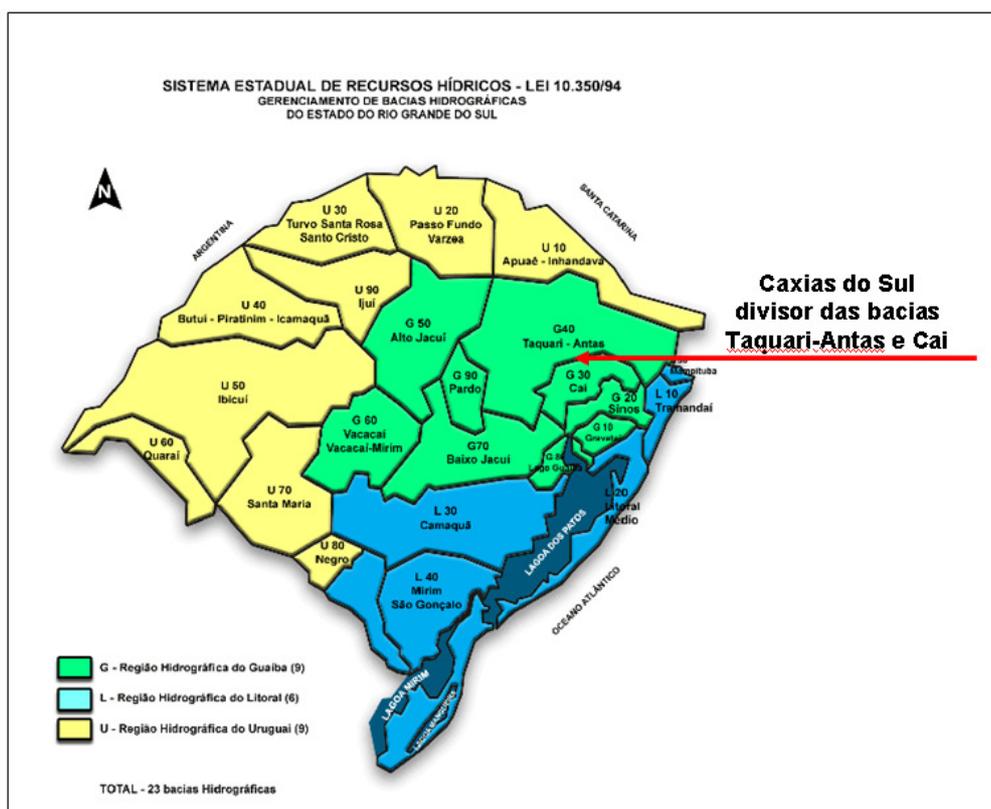


Figura 2. Mapa das regiões hidrográficas do Rio Grande do Sul. Extraído e modificado do site SEMA/RS.

Os sistemas que abastecem a população localizados em bacias urbana, objeto da Lei Complementar 246/05 estão a seguir relacionados, estando indicadas suas características gerais:

- Bacia Dal Bó:

Ano de Implantação: 1928 e 1966;

Área Alagada: 47,36 hectares;

Volume de Acumulação: 1.770.000m³;

Tipo da Barragem: alvenaria em pedra;

Vazão Explorada (atual): 111 l/s;

População Atendida: 5,8 %;

- Bacia Maestra:

Ano de Implantação: 1968;

Área Alagada: 54 hectares;

Volume de Acumulação: 5.400.000m³;

Tipo da Barragem: homogênea com enrocamento;

Vazão Explorada (atual): 280 l/s;

População Atendida: 22,7 %;
- Bacia Samuara:
Ano de Implantação: 1967
Área Alagada: 17 hectares;
Volume de Acumulação: 240.000m³;
Tipo da Barragem: terra;
Vazão Explorada (atual): 45 l/s;
População Atendida: 1,8 %;

3. 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) ^[5], recobrando as rochas sedimentares gonduânicas da Bacia do Paraná. 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) ^[5].

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) ^[5]. 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 Caf.

P E R Í O D O	I D A D E Ma	UNIDADE LITOES- TRATIGRA- 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 3. Coluna estratigráfica das litologias que compõem o arcabouço geológico do Município de Caxias do Sul (Lisboa, 2003).

4. HIDROGEOLOGIA

A hidrogeologia regional esta 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) [6]. Segundo Lisboa (1993) [5], 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) [7]. 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, existente na região. 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) ^[7], o sistema de juntas de resfriamento das rochas vulcânicas forma um sistema de vasos comunicantes, onde o nível estático marca um nível de equilíbrio.

5. ÁGUA SUBTERRANEA E LEGISLAÇÃO

O recurso hídrico superficial tem por histórico sua preservação através de legislações como o Código Florestal – Lei Federal nº 4.771/65, a Lei Federal nº 6766/79 – Parcelamento do Solo Urbano, Resoluções do CONAMA, outros.

As águas subterrâneas, não possuem um regramento que possa ser aplicado para sua proteção quando do parcelamento do uso do solo, por exemplo. Não é regra o seu mapeamento para consideração em zoneamento nas legislações urbanísticas. No entanto, a proteção dos recursos hídricos subterrâneos é tão fundamental quanto à dos recursos hídricos superficiais. Principalmente em se tratando de áreas cuja função social prioritária é a preservação da água de seus mananciais que servem ao abastecimento público.

O conhecimento dos aspectos geológicos, principalmente quanto aos diferentes tipos litológicos, suas características físicas, condicionamentos e grau de fraturamento foram fundamentais para a definição dos sistemas aquíferos presentes possibilitando o diagnóstico da geologia regional, o detalhamento da geologia local.

As avaliações do potencial hidrogeológico das áreas de bacias foram realizadas com base nas informações consolidadas a partir de mapas e relatórios técnicos disponíveis, do inventário dos pontos d'água constituídos por poços tubulares profundos, poços escavados e nascentes.

5.1 Zoneamento

A elaboração do novo zoneamento para as áreas de mananciais consagrou a importância da água subterrânea como elemento de fragilidade ambiental com restrição de uso, sendo apontadas as áreas de descarga e recarga de 1ª e 2ª importância e fratura principal. A seguir, mapa da hidrogeologia da bacia Dal Bó onde estão demarcados os elementos citados:

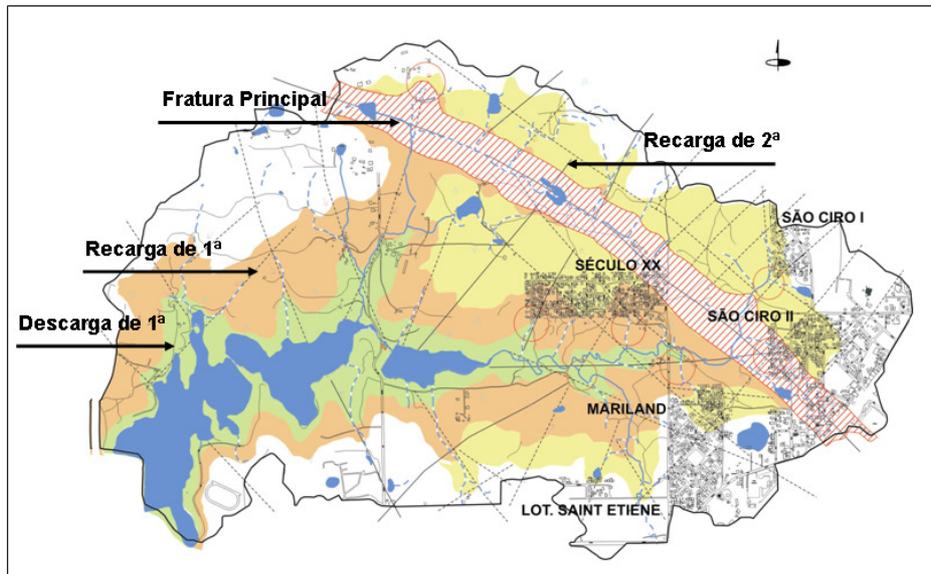


Figura 4. Mapa da Hidrogeologia da bacia de captação Dal Bó. Extraído e modificado de Profill, 2002.

As restrições de uso foram caracterizadas por níveis, através da sobreposição das informações de uso do solo existente, hidrologia e hidrogeologia originando o zoneamento através de níveis de impacto, conforme figura a seguir:

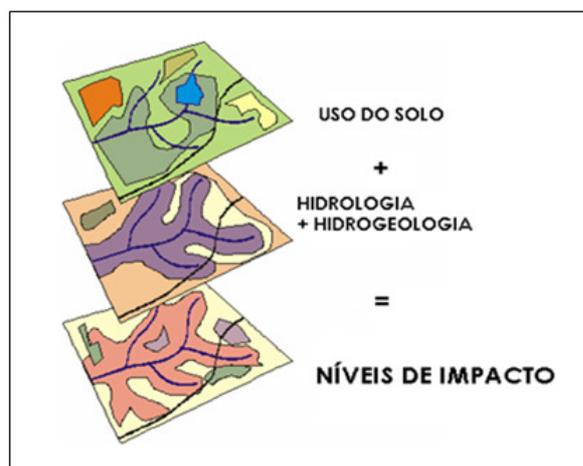


Figura 5. Extraído e modificado de Profill, 2002.

5.2 Níveis de Impacto

Os níveis de impacto estabelecidos através do zoneamento foram:

- Nível Crítico: compreende as áreas marginais dos corpos hídricos superficiais, com restrições pertinentes a preservação permanente conforme legislação da esfera federal.

- Nível Elevado: compreende as áreas dos corpos hídricos subterrâneos classificados como área de descarga e recarga de 1ª importância; fratura geológica principal e vegetação primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração e associação de áreas de fratura geológica principal e áreas de recarga de 2ª importância.

- Nível Moderado: áreas com restrições hidrogeológicas menores, mas não desprezíveis, sendo proteção de áreas de fratura geológica principal e área de descarga e recarga de 2ª importância.

- Nível Baixo: áreas com fortes alterações naturais, não relacionadas diretamente com sistemas de fraturas e nem áreas de recarga e descarga, com vegetação rasteira ou solo exposto.

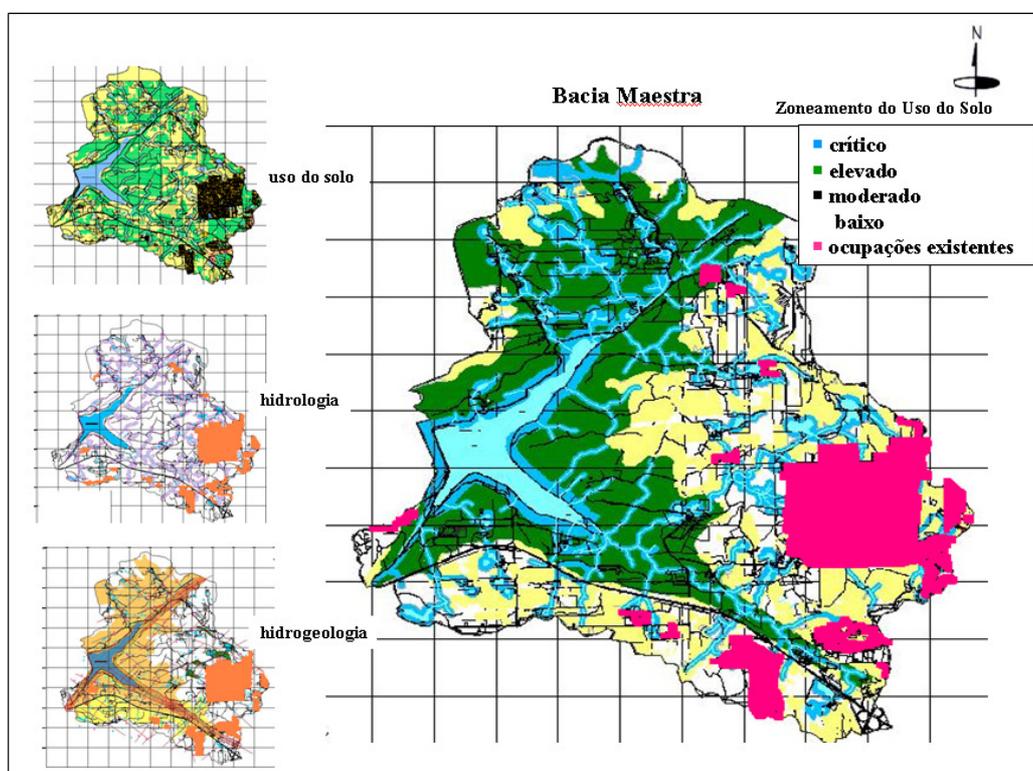


Figura 6. Mapa de Zoneamento do Uso do Solo da bacia Maestra. Extraído e modificado de Profill, 2002.

Para caracterizar as áreas relacionadas à hidrogeologia foram adotados os seguintes conceitos que integram a Lei Complementar nº 246/2005 [2] na forma do Anexo I, Glossário:

- Área de descarga: áreas onde o fluxo de água subterrânea atinge a superfície do terreno formando fontes, nascentes; são ditas de 1ª importância quando ocorrem por surgências longe do entorno do reservatório.

- Área de recarga: local ou área onde a água passa da superfície do terreno para o interior do solo, indo alcançar a zona saturada; área onde ocorre infiltração capaz de alimentar o aquífero; são ditas de 1ª importância quando ocorrem próximo ao reservatório e de 2ª importância quando ocorrem em áreas mais distantes (zonas elevadas, planas associadas a topografia).

- Fratura: ruptura da crosta terrestre ou de corpos rochosos sem que haja deslocamento dos blocos resultantes.

6. VULNERABILIDADE E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

A análise da hidrogeologia possibilitou conhecer os espaços suscetíveis a riscos da contaminação, qualidade das águas e capacidade do sistema aquífero. Na avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas, considerou-se a vulnerabilidade do aquífero e a carga contaminante potencial que atua sobre o mesmo.

Segundo FOSTER et al. (1987) ^[8], entende-se por vulnerabilidade a maior ou menor suscetibilidade à contaminação do material de subsuperfície a um evento contaminador. Partindo-se deste princípio, pode haver alguns casos em que o aquífero apresenta alta vulnerabilidade, sem riscos de contaminação, pela ausência de carga significativa e vice-versa.

Ainda de acordo com FOSTER (op cit) ^[8], entende-se a probabilidade de as águas subterrâneas serem contaminadas com concentrações acima dos padrões recomendados pela OMS para a qualidade da água para consumo humano. A conversão do risco em uma séria ameaça à qualidade do abastecimento por fontes de água subterrânea dependerá da mobilidade dos contaminantes no próprio aquífero.

Sabe-se que, a atividade humana em superfície pode alterar e introduzir novos mecanismos de recarga ao aquífero, modificando a taxa, a frequência e a qualidade das águas subterrâneas.

O conhecimento das áreas de vulnerabilidade permite que se avalie as possíveis fontes de poluição que venham a se instalar sobre elas e, portanto, vetar seu uso. Serve também quanto as ocupações consolidadas para o monitoramento das atividades já estabelecidas possibilitando a exigência de medidas que possam melhorar as condições atuais, vinculadas na lei via implantação de Sistema de Gestão Ambiental - SGA, como condicionante de permanência.

Desta forma a água subterrânea está protegida de acordo com sua ocorrência considerando a sua interação com o ciclo hidrológico e a formação do solo, traduzida na legislação urbanística. Este mecanismo tem se mostrado eficiente tanto para lidar com o passivo existente quanto para assegurar qualidade e quantidade destes recursos em novas intervenções.

7. ZONEAMENTO E VULNERABILIDADE

Ao mapear a hidrogeologia incidente nas bacias de captação – fraturas, recarga, descarga, ficaram evidenciadas as áreas de fragilidade ambiental que colocam em risco as águas subterrâneas.

O zoneamento do uso do solo ao considerar esta vulnerabilidade consegue impor limites quanto a forma de ocupação e as atividades que poderão ocorrer. Isto dificulta o uso indiscriminado do solo justamente onde pode haver risco de contaminação das águas subterrâneas. Possibilita também que possam ser diminuídos os impactos decorrentes das atividades já existentes.

8. CONCLUSÃO

Introduzir na legislação para áreas de manancial as questões que envolvem a hidrogeologia destes locais tem possibilitado, de fato:

- mostrar a interligação entre recurso hídrico superficial e subterrâneo consagrando a importância da preservação de ambos;
- demonstrar estes dados didaticamente como forma de conscientização de sua preservação principalmente aos proprietários de terra nestas áreas quando de intervenção sobre elas;
- intervir nas áreas mais suscetíveis, onde ocupação e atividades se consolidaram ao longo do tempo, através de exigências que venham a melhorar significadamente sua permanência, de acordo com o tipo de intervenção existente;
- o desenvolvimento de um modelo de ocupação do solo em que os recursos hídricos superficiais e subterrâneos possam estar protegidos, monitorados, mais próximos da manutenção de qualidade e quantidade tão vitais a vida, ao desenvolvimento, a meta de sustentabilidade ambiental, social, econômica.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PROFILL, Avaliação do Impacto Potencial do Uso e Ocupação do Solo nas Bacias de Captação Dal Bó, Maestra, Moschen e Samuara. Porto Alegre, 2002.

Lei Complementar nº 246, de 6 de dezembro de 2005. Caxias do Sul, RS, BR.

Lei nº 2.452, de 21 de dezembro de 1978. Caxias do Sul, RS, BR.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul – site oficial. Disponível em < <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/imagens/regioes.gif>. Acesso em 19 de abril de 2009.

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

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 Aqüíferos 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].