

DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA URBANA DE CACEQUI/RS - BRASIL

Guilherme Viana Martelli¹
Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho²
José Luiz Silvério da Silva³

1. guimartelli@yahoo.com.br, 2. leonprs@gmail.com, 3. silveriufsm@gmail.com

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, Prédio 17, Sala 1605, Bairro Camobi - Santa Maria - RS - Brasil.

RESUMO - O monitoramento de aquíferos revela-se de suma importância para análise de empreendimentos potencialmente poluidores das águas subterrâneas, que além de um aviso precoce da contaminação, forneça valores de referência para a caracterização hidroquímica e hidrodinâmica dos aquíferos. O objetivo dessa pesquisa foi estabelecer os valores naturais e a faixa de variação dos parâmetros físico-químicos e hidrodinâmicos das águas subterrâneas na área urbana de Cacequi/RS, Sistema Aquífero Guarani (SAG). Elaborou-se um banco de dados hidrogeológicos relativos a 19 captações e espacializaram-se na forma de mapas temáticos, as cotas potenciométricas indicativas dos fluxos subterrâneos, a zona vadosa, as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos-STD e a vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Método GOD). Essas informações deram origem ao SIG contendo os diferentes *shapefiles*. O uso preponderante das águas subterrâneas é o abastecimento humano. A sobreposição de diferentes critérios poderá servir de diretriz para gestão dos recursos hídricos subterrâneos de forma integrada.

ABSTRACT - The study of aquifers through hydrogeologic monitoring, it is of paramount importance. In businesses that are potentially polluting the groundwater, it is necessary a monitoring system, which besides an early warning of contamination, provide benchmarks for the hydrochemical and hydrodynamic characterization of aquifers. The objective of this research was to establish the natural values and the range of variation of physicochemical parameters and hydrodynamics of groundwater in urban area of Cacequi / RS, the study aimed at providing subsidies for groundwater management in the municipality. In it was conducted a hydrogeological database for the 19 wells for abstraction and metaphor in the form of thematic maps, quotas potentiometric indication of groundwater flow, the vadose zone, the concentrations of Total Dissolved Solids-STD and Vulnerable to contamination of GOD method aquifers Foster et al. (2006). This information gave rise to the SIG-Cacequi shapefiles containing the information relating to the plans. The preponderant use of groundwater supplies is human, by forming a larger amount of information in urban areas. The overlap of the criterion of concentrations of TDS in the classes of vulnerability to groundwater contamination will serve as guidelines for the implementation of management tools in an integrated manner.

Palavras-Chave – Hidrodinâmica, Método GOD, SAG, Hidroquímica e Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos.

INTRODUÇÃO

Definida pela UNESCO a crescente escassez de água potável no planeta é o provável problema ambiental mais grave deste século XXI. Neste contexto, enquanto o século passado foi palco de guerras pelo controle do petróleo, organizações como o Banco Mundial e as Nações Unidas alertam que este século poderá ser dominado por conflitos provocados pela insuficiência de outro líquido, a água, que é o mais importante e vital para a humanidade.

Conforme dados divulgados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), estima-se que, atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas vivem em condições insuficientes de disponibilidade de água para consumo e a tendência é que esse quadro só venha a piorar. Segundo prospecções realizadas pelo Banco Mundial, até o ano de 2030 cerca de 2,3 bilhões de pessoas poderão não ter acesso à água tratada.

MAKSIMOVIC (2001) relata que atualmente, aproximadamente 50% da população mundial concentram-se nas cidades, e consomem praticamente 75% de seus recursos, e ocupando apenas 2% da superfície terrestre. No Brasil esse problema do êxodo rural, gerando a concentração urbana, se evidenciou após a década de 60, com um grande aumento de nossas cidades. Esse crescimento das cidades brasileiras não estava aliado a medidas de planejamento, o que ocasionou um crescimento acelerado e desordenado destas. Após a década de 80, a redução de investimento trouxe um agravamento, formando uma urbanização praticamente sem infra-estrutura (TUCCI, 1995).

O homem cria e recria seu espaço e, assim, altera sem pensar as conseqüências que podem influenciar diretamente em transformações no conjunto da paisagem. Muitas vezes ocupa áreas impróprias, como o entorno dos cursos hídricos, que são área legalmente destinadas a preservação e a manutenção da cobertura vegetal (REIS, 2005).

A construção e consolidação de moradias junto aos mananciais hídricos pode produzir efeitos adversos sobre o meio ambiente, como a alteração do regime de escoamento superficial, aumentando o fluxo e velocidade das águas da chuva e da drenagem, poluição dos mananciais hídricos, mudança no regime de evaporação e precipitação na bacia hidrográfica e inundações das moradias (BERGER, 2001).

A forma como o homem se apropria e transforma a natureza responde em grande parte pelos problemas ambientais existentes, cujas origens são determinadas pelas próprias relações de reprodução social. A interferência contínua do homem alterando o curso histórico da natureza é responsável pela maioria dos danos que ocorrem e dos problemas que surgem em decorrência de ocupações de áreas irregulares tornando-se um risco às famílias que as habitam (REIS, 2005).

No âmbito dos recursos hídricos a demanda populacional associada a uma expansão sem planejamento adequado desencadearam, ao longo de décadas, problemáticas urbanas subsidiadas por conflitos de interesses econômicos, de práticas públicas e operacionais de gestão fragmentadas, e pelos usos e ocupação de solos que obedecem apenas interesses do capital imobiliário. Essa fragilidade operacional por parte do Estado reflete a (in) sustentabilidade das cidades contemporâneas e a falta de capacidade de suporte das mesmas.

A água existente na Terra tem origem no ciclo hidrológico, isto é, no sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e desta para os continentes, de onde retorna à atmosfera e, superficial e subterraneamente, ao oceano. Este ciclo é conduzido, no solo e subsolo, pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e densidade de cobertura vegetal e, na atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos e fatores climáticos, como, por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar, insolação, que são os responsáveis pelos processos de circulação da água, dos oceanos para a atmosfera em uma determinada latitude.

Como alternativa, a exploração de águas subterrâneas vem aumentando em larga escala, ressaltando os aspectos qualitativos e econômicos de seu uso, já que os custos de captação são baixos e água de boa qualidade para consumo humano.

A água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água da chuva (Borghetti, 2004). A água subterrânea origina-se da chuva que precipita e infiltra no solo. Sendo assim, a quantidade de água a se infiltrar depende da quantidade de chuva e tipo de litologia. Para Rebouças (2002), as águas subterrâneas têm, regra geral, três origens principais: meteórica, conata e juvenil.

A conservação e a preservação dos recursos hídricos tem sido tema de diferentes estudos que buscam estabelecer níveis seguros de exploração e uso visando à sustentabilidade. Em se tratando de recursos subterrâneos a preservação requer um nível de informação elevado, pois eles não estão visíveis, tornando-os muito mais vulneráveis.

Como forma de conservação dos recursos hídricos subterrâneos, as avaliações e o mapeamento da vulnerabilidade natural nos indicam quais as áreas de maior ou menor suscetibilidade à contaminação, permitindo planejar e orientar ações voltadas para o melhor uso e ocupação do solo, contribuindo com a preservação deste recurso renovável e parte do ciclo hidrológico.

Como instrumento de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, os estudos e mapeamentos de vulnerabilidade natural servem como ferramentas que espacializam áreas com maior suscetibilidade à contaminação, considerando o uso e ocupação da superfície do terreno onde se desenvolvem as dinâmicas antropogênicas de transformação dos recursos naturais (Foster e Hirata, 1993).

Cacequi possui 66 poços cadastrados no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), o município também é abastecido na área urbana pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Diante disso, o trabalho realizado objetivou avaliar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Cacequi levantando a situação dos recursos hídricos subterrâneos locais e os pontos potenciais de contaminação, a fim de subsidiar a elaboração de políticas públicas adequadas ao aproveitamento sustentável e conservação destas reservas.

OBJETIVOS

Geral: Elaborar o estudo de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Cacequi levantando a situação dos recursos hídricos subterrâneos locais e os pontos potenciais de contaminação baseado no cadastro de poços do SIAGAS (CPRM) e na metodologia GOD criada por Foster e Hirata, a fim de subsidiar a elaboração de políticas públicas adequadas ao aproveitamento sustentável e conservação destas reservas.

Específicos: Criar um banco de dados com os poços do município cadastrados no SIAGAS (CPRM); Estabelecer índices de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município utilizando o método GOD; Realizar a espacialização dos poços utilizando técnicas de Geoprocessamento; Elaborar um mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município localizando os pontos potenciais de contaminação; Investigar e cadastrar os principais pontos potenciais de contaminação; Subsidiar a análise de processos de outorga e licenciamento ambiental de empreendimentos que utilizem águas subterrâneas e ainda a gestão racional deste recurso no município de Cacequi.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para GUERRA & GUERRA (1997) “água subterrânea é aquela que se infiltra nos solos e nas rochas caminhando até o nível hidrostático” este é um dos caminhos seguidos pela água dentro do ciclo hidrológico e por ser um processo invisível aos nossos olhos deixa de ganhar a devida atenção por muitos cidadãos.

FEITOSA & MANUEL FILHO (2000) dizem “Um pouco mais de 97% da água doce disponível na Terra encontra-se no subsolo e portanto menos de 3% da água potável disponível no planeta provém das águas de superfície”, com isso nos damos conta da imensidão e da importância que este recurso tem para nossas gerações e se preservado, para as gerações futuras.

Segundo Foster et al (2006) “a água subterrânea é um recurso natural vital para o abastecimento econômico e seguro nos meios urbano e rural”. A água subterrânea é uma fonte segura de captação, e em muitos locais a única fonte, com isso é necessário conhecer o que temos nestas reservas e o que precisamos fazer para melhorá-la. Ainda segundo os autores “no mundo inteiro os aquíferos estão sob perigo de contaminação” isto se deve aos aumentos populacionais e conseqüente aumento da urbanização, intensificação da agricultura com uso de produtos tóxicos e muitas outras atividades poluidoras.

Deve-se lembrar que as cidades produzem resíduos tanto sólidos como líquidos, que necessitam de adequada disposição no solo dentre os muitos riscos de contaminação podemos citar: 1) os esgotos não tratados; 2) os poços de combustível contam com reservatório subterrâneo que podem alterar a qualidade da água, para a regulamentação deste empreendimento existe a Resolução nº 273/2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição 3) os cemitérios, principalmente os localizados nas partes mais elevadas do terreno necessitam licenciamento ambiental que esta estabelecido na Resolução nº 355/2003 do CONAMA; 4) As lavagens de automóveis também são pontos potenciais de contaminação.

Grande parte da água subterrânea se origina a partir do excesso de chuva que se infiltra na superfície do solo. Como conseqüência, as atividades que se desenvolvem na superfície podem ameaçar a qualidade da água”. Com isso é importante conhecer a geologia do local do empreendimento potencialmente poluidor, observando a capacidade de infiltração, proporcionada pelos materiais que compõem o solo. Quanto maior a capacidade de a água infiltrar maior será o perigo de contaminação das águas subterrâneas. Assim terrenos de composição arenosa apresentam uma maior porosidade e permeabilidade o que resulta na maior facilidade de fluxo de contaminantes. Já os terrenos argilosos a permeabilidade e baixa, isso dificulta a circulação de líquidos não meio poroso, sejam eles contaminados ou não.

Todos os impactos ambientais causados às águas subterrâneas podem ser entendidos como contaminação, ou seja, qualquer introdução de substância indesejada na água, ou ainda, poluição que não diz exclusivamente sobre a alteração de suas propriedades físico-químicas, mas também da alteração das características do ambiente aquático.

As atividades potencialmente geradoras de cargas contaminantes segundo Foster et al. (2003) estão relacionadas ao desenvolvimento urbano, à produção industrial, à produção agrícola e à extração mineral.

A contaminação das águas subterrâneas são variadas, classificadas conforme sua forma de distribuição espacial em pontuais e difusas.

As fontes de contaminação pontuais, normalmente produzem plumas de contaminação definidas e concentradas, o que facilita sua identificação. Em casos de variadas fontes de contaminação em pequena escala, seu comportamento tende a assemelhar-se com o de fontes difusas, dificultando sua identificação e controle (Foster et al. 2003).

Já as fontes de contaminação difusas caracterizam-se por não gerarem plumas de contaminação bem definidas. Entretanto, a área de impacto no aquífero é muito maior nestes casos (Foster et al. 2003).

São exemplos de fontes pontuais de contaminação: cemitérios, fossas sépticas, oficinas mecânicas, lavagens de automóveis, postos de combustíveis, poços negros, aterros sanitários, lixões, poços abandonados dentre outros.

O conceito de vulnerabilidade de aquíferos, segundo Ribeira (2004), foi inicialmente utilizado por Le Grand (1964), nos EUA, e Albinet & Margat (1970), na França, e mais amplamente nos anos 1980 por

vários outros autores (Aller et al, 1985; Bachmat & Collin, 1987, Foster, 1987, Foster & Hirata, 1988). Desde então, esse conceito tem sido usado para expressar:

- a) características intrínsecas que determinam a sensibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica imposta;
- b) classificação dos aquíferos baseada na importância do recurso hídrico que é ou será utilizado no presente e no futuro incluindo a possibilidade de ser substituído por outro recurso; e
- c) classificação baseada na importância do aquífero em manter áreas ecológicas importantes.

O termo vulnerabilidade tem produzido, em alguns casos, uma certa vulgarização. Desde um ponto de vista geral (que também pode ser atribuído a outros elementos ambientais como o ar, o mar, por exemplo) poder-se-ia definir-se a vulnerabilidade como a sensibilidade ou susceptibilidade que tem um determinado meio, incluindo um determinado território, frente aos impactos de origem natural ou antrópica. Assim, por exemplo, é usual falar de vulnerabilidade dos aquíferos de uma zona determinada frente à contaminação de hidrocarbonetos, ou a vulnerabilidade dos ecossistemas frente a atividades antrópicas (Ribeira, 2004).

Segundo Ribeira (2004) A vulnerabilidade natural ou intrínseca nos aquíferos pode ser definida como uma serie de atributos ou características do mesmo que são o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga, que controlam a aptidão do aquífero para fazer frente a um impacto indeterminado e sua capacidade de auto-restauração.

O termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero, é usado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero de ser afetado por uma carga contaminante Foster (1988). Sendo que a vulnerabilidade do aquífero é em função da:

- Inacessibilidade hidráulica da penetração de contaminantes;
- Capacidade de atenuação dos estratos acima da zona saturada do aquífero, como resultado de sua retenção física e reações químicas com o contaminante.

Estes dois componentes interagem com os seguintes componentes da carga contaminante no subsolo:

- O modo de disposição do contaminante no subsolo e em particular a magnitude de qualquer carga hidráulica associada;
- A classe do contaminante, em termos de sua mobilidade e persistência.

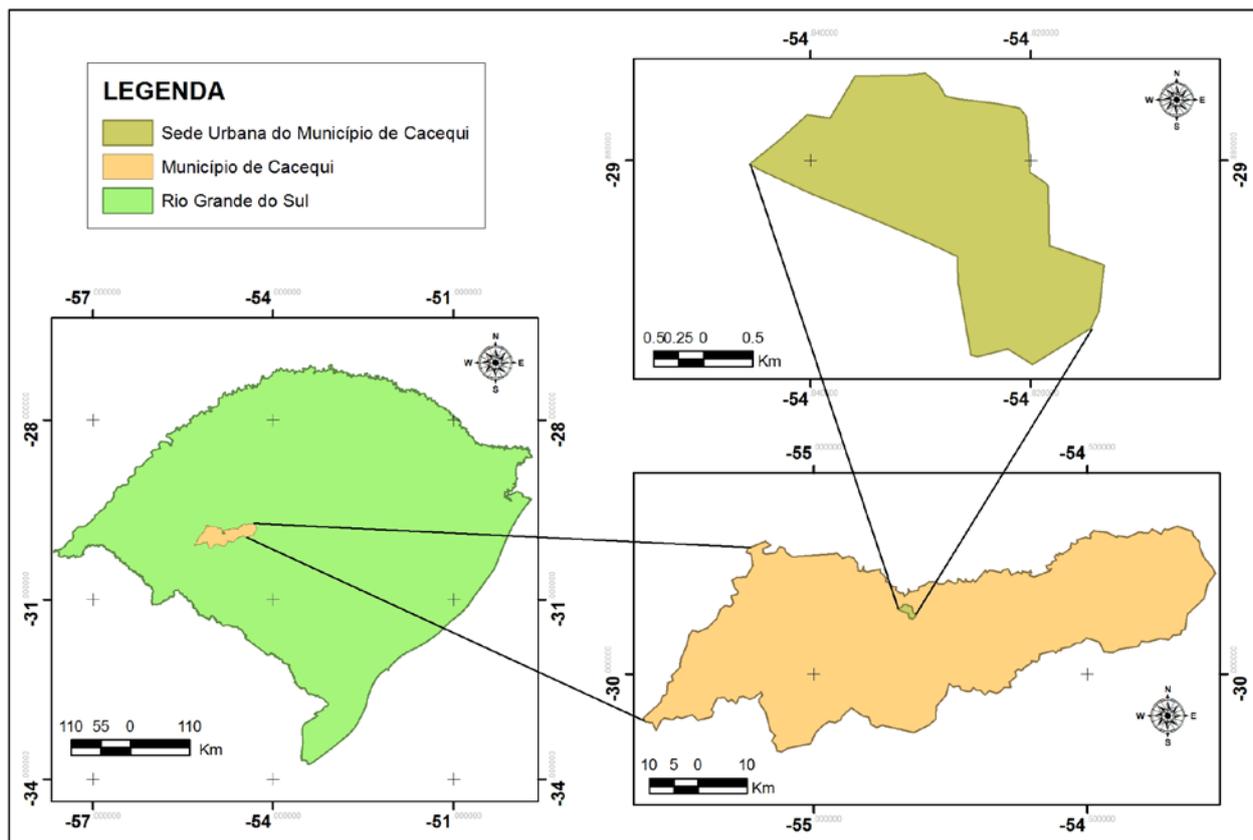
Esta interação culminará no tempo de residência na zona não-saturada e a demora na chegada do contaminante ao aquífero. Estabelecerá também o grau de atenuação, retenção ou eliminação, antes da chegada à zona saturada (Foster e Hirata, 1993).

Dependendo do tipo de contaminante, se o mesmo for persistente e não degradável, e gerado por uma atividade contaminante amplamente distribuída, a tendência, ao longo dos tempos, é de todos os aquíferos se tornarem vulneráveis, deste modo, a diluição do contaminante no aquífero pode não diminuir o efeito deste contaminante (Foster e Hirata, 1993). Para os aquíferos considerados com a menor vulnerabilidade à contaminação, estes tendem a ser os mais difíceis de serem reabilitados, quando contaminados, podendo ser considerados de alta vulnerabilidade à contaminação.

Assim o método GOD, Foster et al. (2003) foi desenvolvido para avaliar as condições naturais de atenuação de contaminantes e é amplamente utilizado para as condições brasileiras, pois seu uso é simplificado necessitando apenas três parâmetros

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Cacequi localiza-se no sudoeste do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 29°53'01" de latitude sul e 54°49'30" de longitude oeste. A população de do município de Cacequi segundo o CENSO 2010 é de 13.676 habitantes, sendo que 10.632 destes habitantes residem na área da sede urbana representando 78% da população total de Cacequi. O município pertence Microrregião de Santa Maria. A área municipal é de 2.370 km², representando 0.8814% do estado do RS. A figura 1, mostra a localização da sede urbana e do Município de Cacequi no Estado do Rio Grande do Sul.



Dentre os aspectos econômicos, o município insere-se no contexto histórico da região da Campanha Gaúcha, que durante séculos teve sua economia calcada na pecuária tradicional de baixa produtividade, conformando-se ao longo do tempo na região menos desenvolvida do Estado do Rio Grande do Sul, caracterizada pela baixa atividade econômica e alta desigualdade social.

Na área urbana, apesar da maior concentração da população, as atividades econômicas são pouco desenvolvidas, incapazes de promover uma alternativa sólida à atividade primária. Assim, a economia municipal encontra-se extremamente dependente do setor primário, mais especificamente na produção de arroz e na pecuária de corte.

Em relação aos elementos naturais do município, o clima predominante segundo a classificação de Köppen, citado por Nimer (1977), é temperado quente (mesotérmico brando Cfa), o qual apresenta-se com características de invernos frios, com temperatura média do mês mais frio entre 13°C e 15°C e verões quentes, com média do mês mais quente superior a 24°C. As precipitações são regulares durante o ano todo, não apresentando estação seca, com índices pluviométricos anuais entre 1500 mm e 1600 mm.

Em termos geomorfológicos, conforme as definições estabelecidas pelo RADAMBRASIL (1986), Cacequi apresenta-se inserido na unidade de relevo Depressão Rio Ibicuí-Rio Negro. Nesta unidade de relevo estão incluídos os sedimentos fluviais que compõem os terraços e várzeas, situados, principalmente, ao longo dos rios Ibicuí Mirim, Santa Maria, Cacequi e Saicã, os sedimentos da Formação Rosário do Sul e da Formação não determinada, provavelmente Cenozóica, as quais dão origem às colinas, regionalmente denominadas de coxilhas, constituindo formas de relevo com altitudes que variam entre 100 e 210 metros em relação ao nível do mar. Já os sedimentos fluviais, situados, principalmente, ao longo dos rios Ibicuí Mirim, Santa Maria, Cacequi e Saicã encontram-se em níveis altimétricos que variam entre 80 a 100 metros (RADAMBRASIL, 1986).

A presença de voçorocamento e posterior evolução para areais como ocorrem em diversas localidades do município estão diretamente associadas às estruturas sedimentares e aos processos hídricos atuantes (SUERTEGARAY, 2006).

Os solos do município, segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do RS, são predominantes os Podzólico Vermelho – Amarelo (PV), ocupando 49% do município e correspondendo a relevos onduladas, seguido dos Planossolos que ocupam 34% do município, com relevo plano a suavemente ondulado e mal drenados, formando extensas várzeas que são utilizadas para a cultura do Arroz irrigado. Por último, ocupando 16% das áreas do município destacam-se os solos Podzólico Bruno – Acinzentado conformando relevos suavemente ondulados.

A vegetação natural do município compreende extensas áreas de Savana - Estépica (Campos), e Florestas Ciliares ou Florestas de Galeria ao longo dos cursos d'água, podendo ocorrer áreas com

vegetação em diferentes estágios de sucessão (Veloso et al, 1991). Essas florestas Ciliares ou de Galeria representam os maiores remanescentes da vegetação florestal do município.

Em relação à hidrografia o Município insere-se dentro de duas Bacias Hidrográficas, quais sejam, a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí e a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.

METODOLOGIA

O presente trabalho tem início com a criação de um banco de dados dos poços cadastrados no município (buscados no sitio da web do CPRM, SIAGAS). Dos 66 poços cadastrados foram selecionados 19 para a pesquisa e a partir deles observados os fatores exigidos pelo método “GOD”, que serão citados a seguir.

Foster et al (2003) caracterizam a vulnerabilidade do aquífero a contaminação adotando os seguintes parâmetros – G: Grau de confinamento – O: Ocorrência do extrato de cobertura (litologia) – D: distancia ate o nível da água. Os valores de cada parâmetro varia de zero a um e o produto dos três gera o índice de vulnerabilidade.

Analisando-se estes aspectos e aplicando notas para cada um dos fatores, após,este procedimento obtem-se o produto das notas e a classe de vulnerabilidade natural a contaminação a qual pertence as águas. Esta vulnerabilidade pode ser: 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).

A partir do estudo dos dados referentes aos poços, são atribuídos valores aos critérios estabelecidos pela metodologia e depois, estes são multiplicados (G x O x D) conforme mostrado na Figura 2.

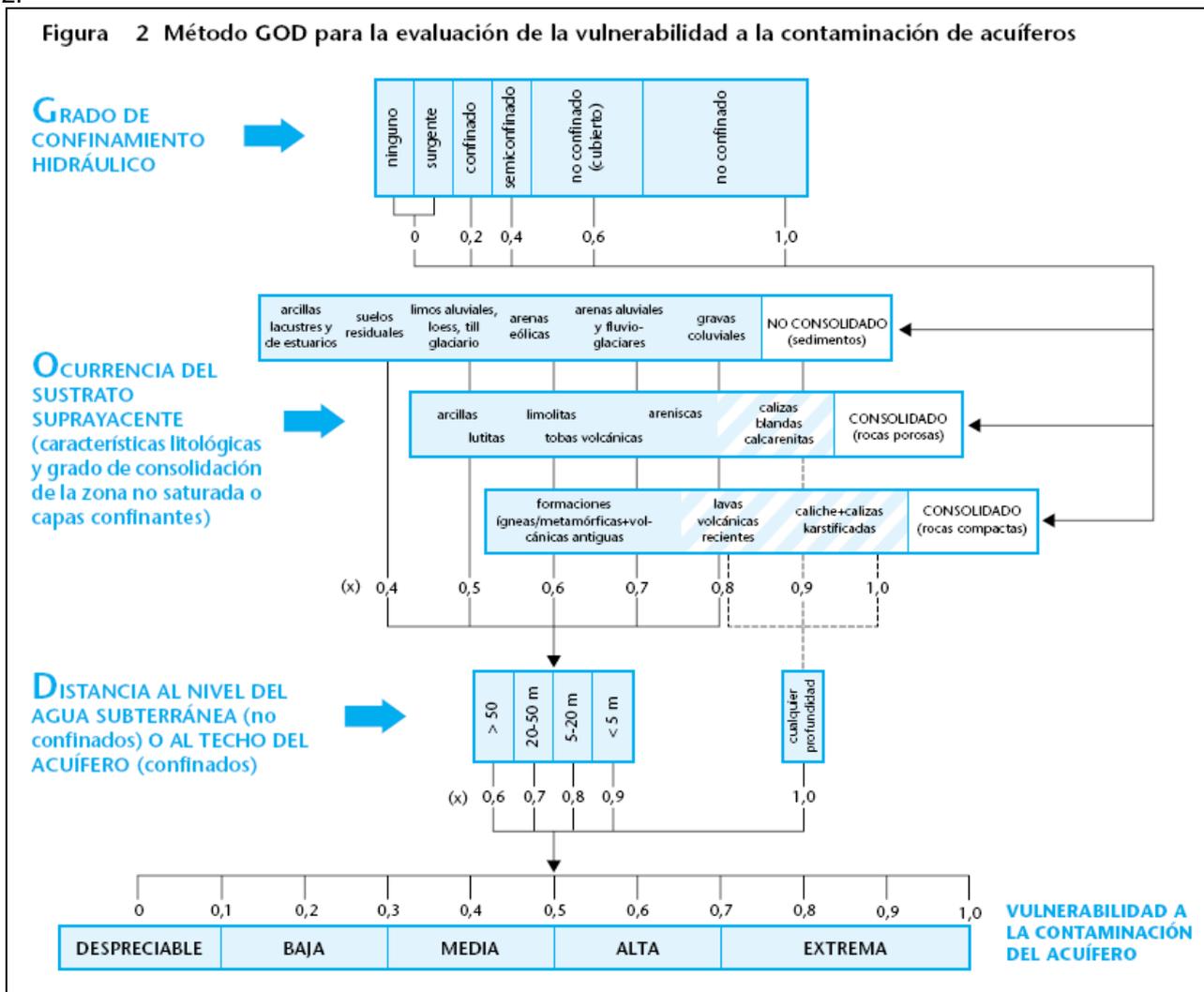


Figura 2: Método “GOD” para a avaliação de vulnerabilidade a contaminação de aquíferos. Fonte: Foster et al. 2003.

Com a utilização dos programas ArcGis 9.3 e Surfer 8.0 e as coordenadas dos poços (sistemas de coordenados UTM/SAD69 e Datum vertical com referencia no ponto de ibituba/SC), e com os resultados obtidos pode-se espacializar e visualizar as áreas de maior e menor risco de contaminação e também mostrar a tendência de direção de fluxo subterrâneo de água.

Para a definição de quais atividades potenciais seriam observadas, foi analisado o cadastro municipal e destacado o maior número de empreendimentos causadores de impactos os quais seria possível o acesso.

Desta pesquisa prévia, foram definidas até então 2 atividades, e estruturada uma classificação que as considera dentro das classes de risco pequeno, médio e alto, segundo os critérios de tipo de efluente, forma de distribuição espacial desta carga poluidora potencial e de litologia da área observada (Quadro 1).

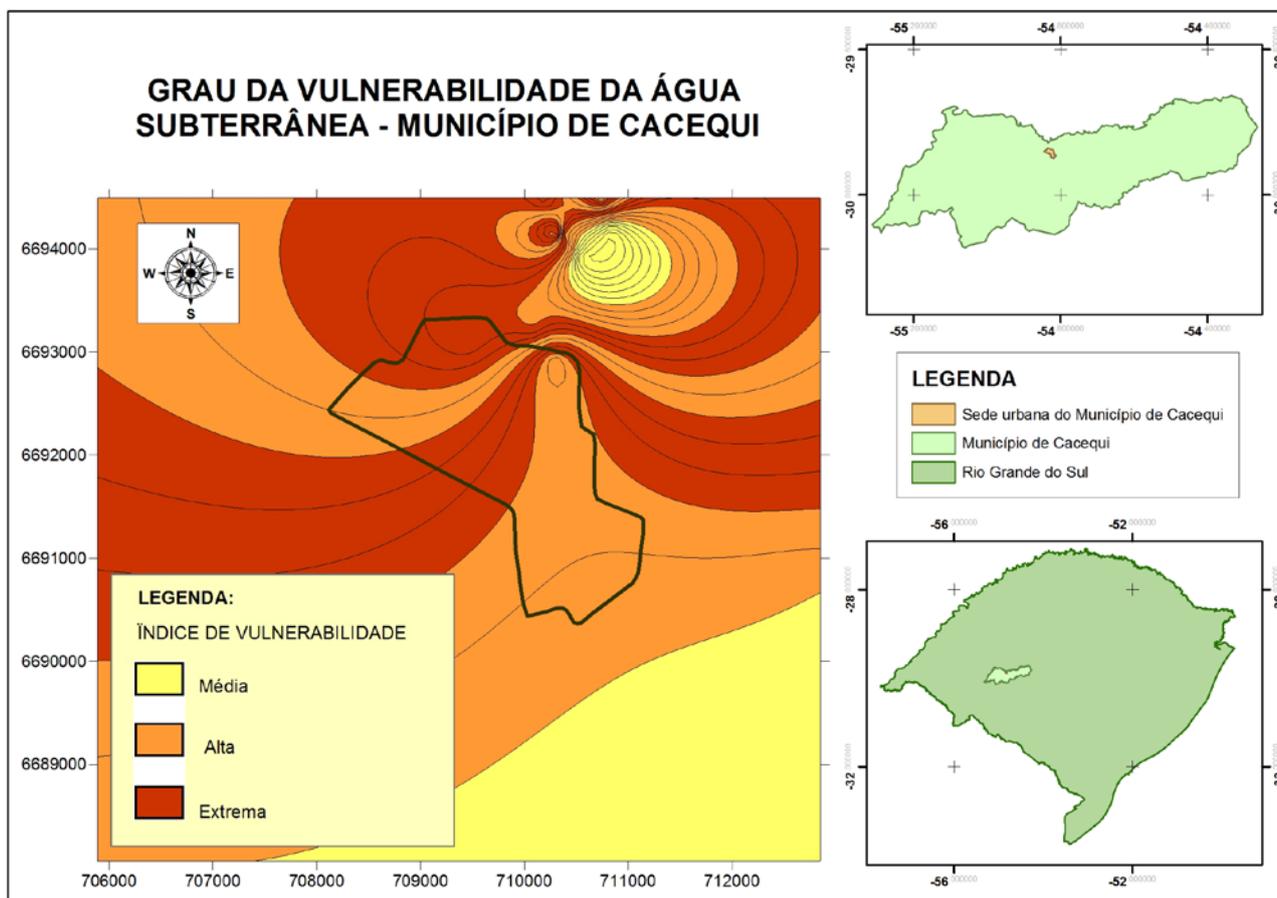
Atividades Potencialmente Poluidoras: Classes de Risco	Crítérios	Classificação de Risco
Postos de Cobustíveis - Alto	- Tipo de efluente	Médio
Cemitérios - Alto/Extr.	- Extensão de contato com o solo - Litologia da área	Alto

Quadro 1 - Classificação de atividades Potencialmente Poluidoras

RESULTADOS PRELIMINARES

A análise dos perfis geológicos dos poços pesquisados revelou a predominância de argilas e arenitos e também de rochas intemperizadas que confere diferentes graus de vulnerabilidade (argilas confinam muito as águas subterrâneas enquanto arenito e rochas intemperizadas não). Atribuiu-se notas considerando o perfil ate o nível estático dos poços e quando houve mais de uma litologia em um único poço, foi calculada a porcentagem de cada um na formação do perfil.

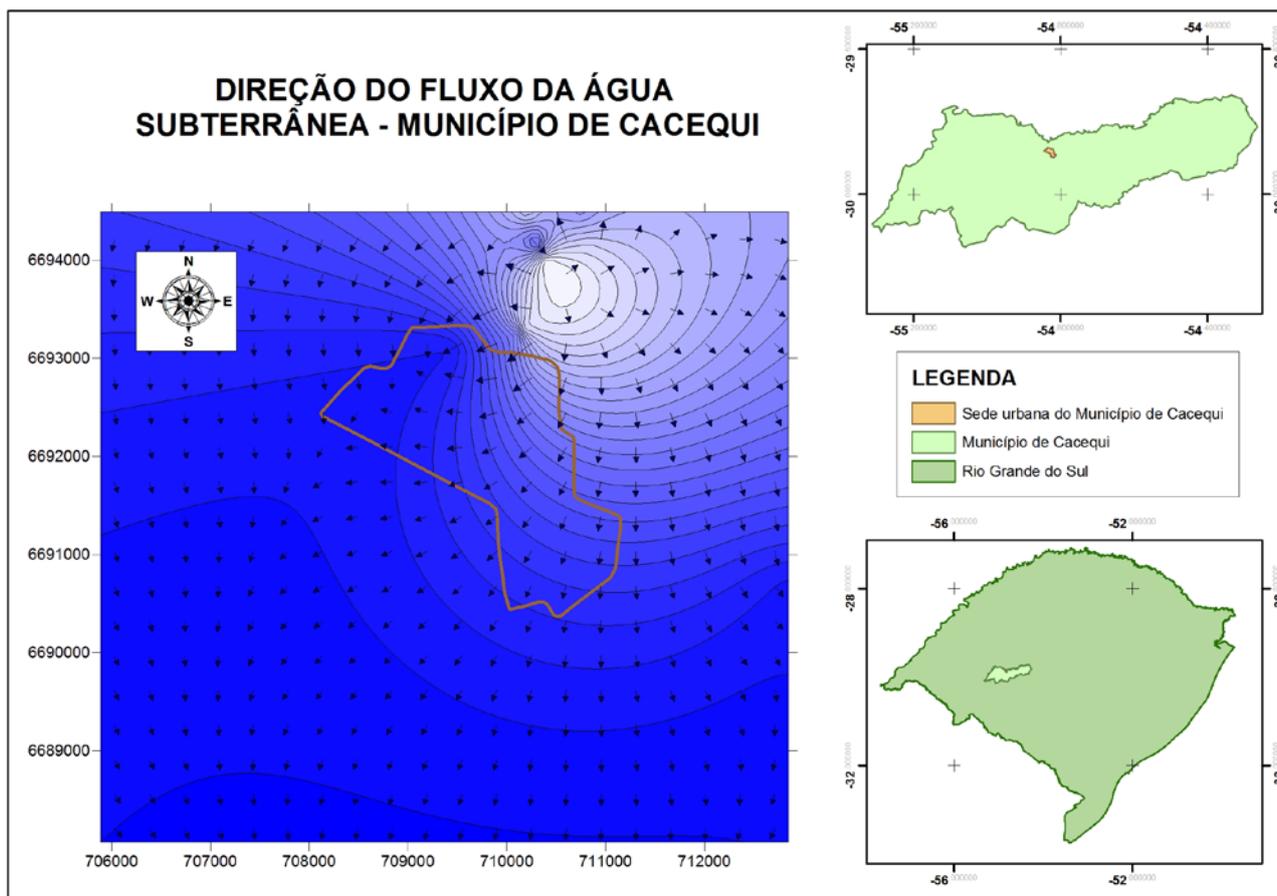
A partir do método "GOD", aplicados aos poços do município de restinga seca, que resulta no mapa de vulnerabilidade, observou-se que a maior parte do território do município está em áreas de baixa e media vulnerabilidade e uma parte pequena em área de alta vulnerabilidade.



Mapa 1: Espacialização de vulnerabilidade dos poços de Cacequi - RS
Fonte: Dados de cadastros de poços: CPRM, SIAGAS; Malha Digital do IBGE

O estudo apontou vulnerabilidades das águas subterrâneas no município em sua área urbana 37% alta e 43% extrema (Leitura feita pelo programa Surfer). Com base na visualização do mapa de vulnerabilidade notou-se que os poços com maiores riscos de contaminação se situam mais ao norte e no centro e a oeste do município enquanto as áreas menos vulneráveis se encontram no sul sudeste e noroeste deste.

O estudo da tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas é importante para obtermos o conhecimento sobre as possibilidades de contaminação. Como existem pontos de contaminação e grande circulação de água subterrânea conhecendo o direcionamento dela podemos planejar ações voltadas a minimizar este risco.



Mapa 2: Tendência de direção de fluxo da água subterrânea
Fonte: Dados de cadastros de poços: CPRM, SIAGAS; Malha Digital do IBGE

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem o intuito de contribuir com a preservação ambiental e gerenciamento do SAG, tendo por base o município de Cacequi, RS. O município tem como base econômica a agricultura, que é uma atividade de grande potencial contaminante, e este município não possui áreas de extrema vulnerabilidade, mas destaca-se que possui em sua totalidade áreas de alta e média vulnerabilidade, devendo ter-se muito cuidado com as atividades contaminantes e seus respectivos índices de vulnerabilidade dentro do município.

O método GOD aplicado aos municípios é muito importante para o planejamento, principalmente quanto ao uso e ocupação do solo, e pode servir de base para planos maiores, como por exemplo, planos diretores e planejamentos rurais e ambientais.

REFERÊNCIAS

ALLER, L., et al. **DRASTIC**: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. United States: EPA, 1997.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório de Gestão 2001. Brasília: ANA. 2002. 54 p.

_____. Agricultura irrigada e o uso racional da água. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. 32 p.

_____. Agência Nacional de Águas. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/Outorga/default2.asp>>. Acesso em: 29 mai. 2010.

BERGER, M. G. **Uso do Sensoriamento Remoto na Hierarquização das Áreas de Risco Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Município de Sta. Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFSM. 2001.

BORGHETTI, N. R. B; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aqüífero Guarani**. A verdadeira integração dos países do Mercosul: Curitiba. 2004. 214p.

BRASIL/CPRM/SIAGAS **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** - Banco de dados dos poços cadastrados em Restinga Seca, disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php> acesso em 25 de março de 2011

BRASIL/MMA/CONAMA - **Conselho Nacional de Meio Ambiente** - licenciamento ambiental de cemitérios, disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>> acesso em 3 de abril de 2011

_____ - **Conselho Nacional de Meio Ambiente** - controle da poluição em postos de combustíveis, disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271> acesso em 3 de abril de 2011

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1997.

FEE **Fundação de Economia e Estatística** – indicadores agrícolas e resumo estatístico do município de Restinga Seca disponível em <
http://www.fee.tcche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Restinga+Seca>
acesso em 28 de março de 2011

FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M. **Protección de la calidad Del Agua Subterránea**: guia para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Madri: Ediciones Mundi - Prensa, 2003.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim N.º 10).

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation**: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988.

FEITOSA, A. C; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2 ed. Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID – UFPEL, 2000.

MAKSIMOVIC, C. General Overview of Urban Drainage Principles and Practice. Urban Drainage in Specific Climates. **(IHP-V-Technical Documents in Hydrology)**. Paris: UNESCO, Vol.1, n.40, p.1-21, 2001.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil, Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE 1977. p. 35-79.

RADAMBRASIL, P. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 316-404.

REBOUÇAS, A. C. **Águas Doces no Brasil**. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados da USP. 2002.

_____. **Águas Subterrâneas**. Academia Brasileira de Ciências. São Paulo: USP. 1999.

REIS, J. T. **Estudo das Áreas de Risco na Vila Bilibiu, Santa Maria – RS**. Trabalho de Graduação “B”, Curso de Geografia, CCNE - UFSM. 2005.

RIBEIRA, F. **Calidad, contaminación y protección de acuíferos** in III Curso Hispanoamericano de Hidrología Subterránea. 4 de octubre al 3 de diciembre de 2004, Montevideo-UY.

SILVA, F., SILVÉRIO DA SILVA, J. L. **Caracterização de Áreas de Recarga e descarga do SAG em Rivera/Livramento e Quaraí/Artigas. Estudo de Vulnerabilidade em Quaraí/Artigas.** Projeto GAP/CCNE: 014692, 2005.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L et. al. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: 2002. ABAS. CD-ROM. p. 1-20.

SILVA, F., et. al . Estudo de Vulnerabilidade Natural da Área de Recarga do Sistema Aquífero Guarani na Cidade de Quaraí – RS. In: XXV ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA. Passo Fundo. **Anais...**Passo Fundo: UPF, 2005. v. 1, p. 1-10.

SILVERIO DA SILVA et al. (2006). Projeto do Sistema Aquífero Guarani. **Relatório Final.** Secretaria Geral/Organização dos Estados Americanos - SG/OEA. UFSM/UdeLaR, 2007. Disponível em: <http://www.sg-guarani.org>, Acesso em: Dez 2010.

Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.siagas.cprm.gov.br>>. Acesso em: 16 de abril. 2011.

SUERTEGARAY,D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; ANDRADES FILHO, C. O. **Arenização no sudoeste do rio grande do sul:** investigação sobre a relação entre areais, drenagem e orientação do relevo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: IAG/UGB, 2006. 1 CD-ROM.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação** Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS: ABRH:EDUSP, 1993.

_____. **Inundações Urbanas. Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed. Da Universidade, ABRH. v. 5, p.15-31, 1995.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1991.