INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da existência humana, a relação do homem com o meio vem transformando o espaço, trazendo diversas alterações que crescem com o decorrer do tempo, condicionadas pelos processos de desenvolvimento a que o homem esta exposto.

Contudo, o processo de civilização, o surgimento de novas técnicas e a criação de novas necessidades dos grupos humanos mudou drasticamente este quadro. Com o crescimento descontrolado da urbanização, o crescimento populacional, o modelo de produção capitalista, a expansão das fronteiras agrícolas, o emprego de novas tecnologias na agricultura e a ampliação de trustes, de multinacionais e transnacionais no mercado industrial, a demanda por recursos naturais cresce vertiginosamente, causando variados impactos no equilíbrio dinâmico do meio ambiente ultrapassando seus limites suportáveis.

Inserido neste cenário, o município de Bento Gonçalves conta com amplos investimentos no setor industrial que apresenta propostas diversificadas de produtos para o mercado local, nacional e internacional, o que propicia para o município e região grandes possibilidades de investimentos e desenvolvimentos já que o mercado não é dependente de apenas um domínio de mercado.

O caráter empreendedor faz de Bento Gonçalves município de atração de fluxos e dinâmicas de produtos, capital e pessoas, uma vez que aí vê-se a possibilidade de um mercado de trabalho próspero e de crescimento das possibilidades pessoais, com melhoria da qualidade de vida.

Estes fatores desencadeiam processos dicotômicos de desenvolvimento, pois trazem não só grandes inversões de capital devido às possibilidades de crescimento, como também, grande dinâmica migratória de proletários em busca de oportunidades. Esta realidade leva um fluxo descontrolado de pessoas para o município, que por sua vez, não acompanha a demanda crescente com a adequada infra-estrutura e equipamentos públicos.

A conjugação destes condicionantes traz conseqüências severas à estrutura socioeconômica e natural do município, ocasionando o inchaço das periferias urbanas, o distanciamento cada vez maior entre as classes sociais locais, o uso

indiscriminado do espaço e dos recursos naturais e ainda, o crescimento desordenado sem planejamento sócio-territorial.

O uso irracional dos recursos naturais e os impactos causados pelo avanço da urbanização sobre o meio, com a implantação de loteamentos irregulares e usos e índices de ocupação conflitantes com a capacidade de suporte do mesmo, causam a deterioração progressiva do ambiente natural.

Segundo Braga (2003), a urbanização modifica todos os elementos da paisagem e além de recriá-las, constrói também novos ecossistemas que, conforme o processo de urbanização no Brasil, constituem-se num problema ambiental *per se*, colocados as intervenções descontroladas da expansão urbana.

Dentre os recursos naturais atingidos, a água apresenta grandes índices de alteração e deterioração, provocados pela forma de exploração não-sustentável decorrente da falsa idéia de inexorabilidade dos recursos hídricos relacionada à relativa capacidade de regeneração dos mesmos no ciclo hidrológico.

Em desacordo com o ritmo de renovação das águas no ciclo hidrológico, as atividades humanas requerem uma quantidade cada vez maior de água para suprir a demanda urbana, industrial e agrícola que, junto ao uso inapropriado do solo, trazem diversas formas de impactos aos ambientes naturais, alterando sua qualidade. A situação dos recursos hídricos frente a este quadro é alarmante, uma vez que os processos de contaminação comprometem gravemente a porção de água disponível para a utilização humana.

Como alternativa, ocorre a substituição das águas superficiais pelas subterrâneas 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.

Apesar do aumento substancial do uso, o conhecimento e informação disponíveis sobre os mananciais subterrâneos são escassos, o que impede um controle adequado por parte da sociedade, o manejo apropriado por parte dos órgãos federais, estaduais com vistas ao uso racional deste recurso, dificultando a realização de estudos e pesquisas.

O desenvolvimento de pesquisas e estudos que auxiliem no desenvolvimento de programas e projetos mitigadores e de alternativas de melhoramento de problemas ambientais, fazem-se desta maneira, essenciais à resolução ou

minimização de impactos ambientais causados não só aos recursos hídricos subterrâneos, mas aos recursos naturais em sua totalidade.

Para a avaliação destes fenômenos, estudos e pesquisas que abordem questões ambientais são primordiais para a elaboração de Avaliações de Impacto Ambiental (AIA), de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e os respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) indispensáveis para a implementação de atividades causadoras de impactos ao meio.

Como instrumento de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, o mapeamento da vulnerabilidade natural serve como ferramenta que espacializa 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).

Diante disso, o trabalho realizado objetivou avaliar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves 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.

Para tanto, estruturou-se um banco de dados dos poços cadastrados e, de acordo com as possibilidades, não cadastrados existentes no município, para o posterior estabelecimento dos índices de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas a partir do método “GOD”.

Além do banco de dados utilizado no estudo de vulnerabilidade natural, elaborou-se também um cadastro de 22 atividades potenciais de contaminação, a fim de relacionar a vulnerabilidade da dinâmica natural do aquífero frente às possibilidades de contato com cargas contaminantes e, às atividades antrópicas desenvolvidas em superfície sobre o mesmo.

Ao final do estudo de vulnerabilidade e da análise dos dados referentes as atividades potencialmente poluidoras, foram elaborados os mapas de vulnerabilidade natural e o mapa de zonas de atividades de risco ambiental potencial, localizando os pontos potenciais de contaminação.

O conhecimento das características naturais deste meio aquífero é indispensável para estabelecer sua potencialidade e suscetibilidade diante as dinâmicas antropogênicas, informações indispensáveis para o gerenciamento

adequado e racional, com vistas ao bem estar sócio-ambiental e o desenvolvimento municipal.

A localização de atividades produtoras de cargas contaminantes potenciais, em áreas sobrejacentes ao aqüífero, como postos de gasolina, lavagens de automóveis, indústrias que produzem resíduos químicos, entre outros, evidencia a importância da ampliação dos estudos para a compreensão e entendimento do comportamento e gestão das águas subterrâneas.

Os fatores citados justificam a execução desta pesquisa, salientando as possibilidades de impacto aos recursos hídricos subterrâneos a partir das variadas atividades desenvolvidas no município, que podem vir a provocar a alteração de qualidades das águas em determinadas condições.

A realização deste trabalho e a elaboração destes documentos e diagnósticos buscam, ao final, servir como subsídio à análise de processos de outorga e licenciamento ambiental de empreendimentos que utilizem águas subterrâneas e ainda, a gestão racional deste recurso no município de Bento Gonçalves.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Realizar o estudo de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves 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 Específicos

- Criar um banco de dados atualizado dos poços cadastrados e não cadastrados existentes no município.
- Estabelecer os índices de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves a partir do método “GOD”.
- 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 Bento Gonçalves.

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos compreende o município de Bento Gonçalves, que conta com uma população estimada, em 2006, de 104.423 (IBGE) e possui 383 Km^2 de área situada na encosta superior nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a 618 metros de altitude. As coordenadas UTM que localizam o município são 449516 E, e 6772903 N (Figura 1).

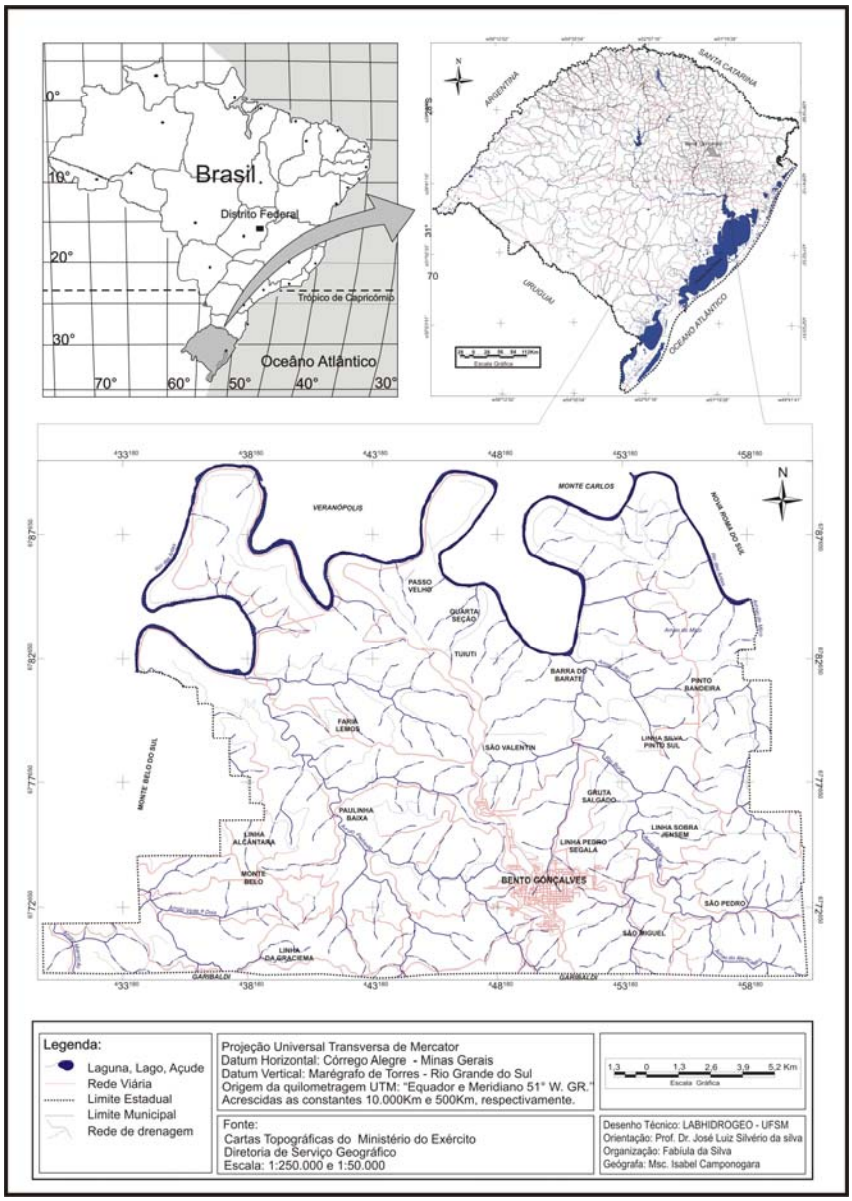

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudos.
Org: Silva, F.; Camponogara, I.

O município limita-se com Veranópolis, Garibaldi, Farroupilha, Nova Roma do Sul, Cotiporã, Monte Belo do Sul e Santa Tereza e figura entre as dez maiores economias do Rio Grande do Sul, com produto Interno bruto (PIB) de R$ 2.015.000.000,00 e renda per capita de R$ 21.336,00 (Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, 2007). Localiza-se no Planalto da Serra Geral, na borda da bacia sedimentar do Paraná.

Outro importante referencial a ser utilizado, é quanto à Bacia Hidrográfica, na qual a área de estudo está inserida, visto ser a unidade básica de planejamento e gestão (Artigo 171 da Constituição Estadual/ 1988). O município de Bento Gonçalves pertence à região hidrográfica do Guaíba, localizando-se na bacia hidrográfica G040 Taquarí-Antas.

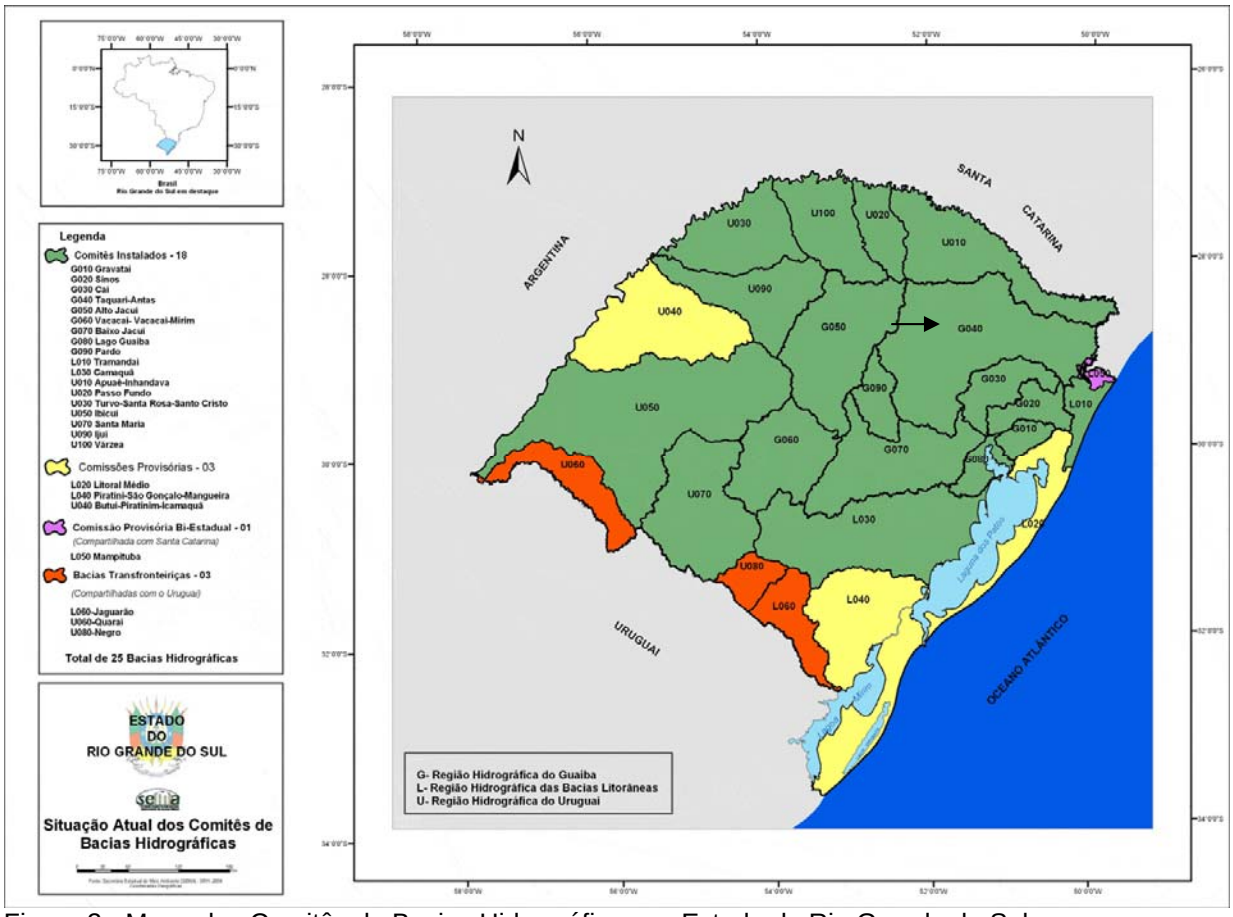

Figura 2 - Mapa dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: SEMA (2007).

Destaca-se pela qualidade de vida, sendo o primeiro município em Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Estado do Rio Grande do Sul com um índice de

0,87 (Famurs) e a 6ª do Brasil conforme estudo feito pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2003.

Conforme exposto pelo Projeto Rumos 2015, o município de Bento Gonçalves constitui o Corede Serra pertencente à Região Funcional de Planejamento 3, que caracteriza-se como região com alto dinamismo e potencialidades socioeconômicas e boas condições sócias, fatores estes também destacados pelos dados apresentados pela Prefeitura do município, IBGE e Famurs.

1.1 Economia

Segundo os dados dispostos pela Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves o município tem como forças da sua economia cinco setores bem desenvolvidos: o setor moveleiro, vinícola, metalúrgico, o setor de transporte e a fruticultura.

Devido ao dinamismo econômico da região na qual se insere, a multiplicidade de mercado traz grandes benefícios a economia da região, uma vez que, destacadas as forças dos setores moveleiro e vitivinícola, estes não tornam-se as únicas unidades motrizes da economia local, que conta com a infra-estrutura e tecnologia dos outros empreendimentos já citados.

Além da ampla variedade de indústrias e comércio, o município possui grandes investimentos no setor turístico devido as paisagens naturais e ás grandes e reconhecidas vinícolas instaladas no município e região, as quais atraem um grande número de visitantes, principalmente na estação de inverno, quando as baixas temperaturas e o relevo acidentado da serra gaúcha tornam-se mais atraentes.

O turismo rural e de aventura também são destaques neste comércio de lazer, uma vez que no interior do município diversas famílias conservam os hábitos tradicionais de cultivo de uva, da produção de vinho e da culinária italiana, produzindo artesanalmente uma série de produtos alimentícios, de decoração e vestuário para o comércio com os visitantes.

O turismo de aventura dá-se em locais onde os afloramentos das rochas vulcânicas permite a realização de montanhismo, escalada, nas corredeiras do Rio das Antas onde é praticado o rafting, em áreas bem preservadas onde são feitas

trilhas ecológicas e de aventura entre variados outros espaços e áreas possíveis de exploração.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Os Recursos Hídricos Subterrâneos

Considerada a substância mais abundante do planeta, a água recobre 2/3 da superfície terrestre. No entanto, cerca de 97,5% do total de água na Terra é salgada. Somente 2,5% são águas doces e estão distribuídas entre as calotas polares com 68,9%, os aqüíferos 29,9%, rios e lagos 0,3% e outros reservatórios 0,9%. Assim, apenas 1% da água doce pode ser aproveitada pela humanidade (Hirata, 2000).

O crescimento populacional, o desenvolvimento industrial e tecnológico, a urbanização e o aumento das necessidades de consumo do homem fazem a demanda por água aumentar substancialmente, o que por sua vez, faz com que os recursos hídricos sofram significativas alterações.

Estes fatores fazem da água um recurso natural de fundamental importância não só para a manutenção da vida, como também para o desenvolvimento econômico nos mais variados ramos, sendo, desta maneira, agregado a ela elevado valor econômico.

Salientados estes fatores e ainda devido à importância dada a questões ligadas à ecologia, à preservação e conservação do meio ambiente nas últimas décadas, a análise dos recursos hídricos e seu comportamento diante a ação antrópica é objeto de inúmeros estudos na atualidade.

As águas usadas para abastecimento humano e industrial são apresentadas pela natureza de duas formas: as águas superficiais (rios, lagos, represas) e as águas subterrâneas. Para Guerra & Guerra (1997), água subterrânea é aquela que se infiltra nos solos e nas rochas, caminhando até o nível hidrostático. Sua utilização cresce ano após ano, apresentando diversas vantagens em relação à água superficial como a menor influência diante as variações climáticas, o equilíbrio da temperatura; a maior quantidade de reservas; melhor qualidade (física, química, biológica), e a proteção natural contra agentes poluidores.

Segundo Cederstrom (1964), quando a quantidade de água armazenada numa rocha for significativa, permitindo sua extração econômica, dá-se o nome a esta reserva de aqüífero.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (2001, Resolução N° 16) define que:

> Os aqüíferos são corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CNRH. RESOLUÇÃO nº 16).

Os aqüíferos podem ocorrer em diversas situações, podendo encontrar-se a grandes profundidades, encerrados em camadas pouco permeáveis, percolar poros ou então fraturas. Os aqüíferos podem ser classificados de formas distintas, segundo a pressão da água ou segundo a geologia do material saturado.

A partir do estabelecimento da geologia do material saturado como critério, os aqüíferos podem ser classificados como: porosos, fissurais e cársticos.

Os Aqüíferos porosos ou granulares são aqueles compostos de rochas sedimentares clásticas ou terrígenas como os arenitos e siltitos, como os que ocorrem na Depressão Periférica do Estado do Rio Grande do Sul.

Os aqüíferos fissurais ou cristalinos são compostos por rochas cristalinas ígneas, ou sedimentares silitificadas, constituído por granitos e/ou rochas metamórficas. Pode ser composto por derrames vulcânicos (composição ácida ou básica) como acontece no Planalto da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul. É nesta classificação que se enquadra o aqüífero analisado no município de Bento Gonçalves, uma vez que aí, a geologia predominante é de derrames vulcânicos, que originaram rochas ácidas e básicas na Formação Serra Geral (Carraro et al. 1974).

Os aqüíferos cársticos, por sua vez, estão associados à dissolução de calcários ou a arenitos cimentados por carbonato de cálcio, formando cursos subterrâneos.

A classificação dos aqüíferos quanto à pressão da água é também bastante utilizada em estudos sobre os recursos hídricos subterrâneos. É sob esta óptica que

os aqüíferos são classificados na metodologia “GOD”, sendo o grau de confinamento hidráulico do aqüífero, o primeiro critério de análise desta metodologia.

Nos aqüíferos confinados, a água está sob pressão. Ou seja, se perfurando um poço neste tipo de aqüífero, o nível d’água fica acima do topo do aqüífero. Eventualmente, o nível de água desses poços poderá estar acima da cota topográfica do terreno sendo então jorrantes.

Segundo HEATH (1983), aqüífero confinado é aquele em que a água preenche completamente o espaço do mesmo que está sobreposto por uma camada confinante. Esta camada impermeável sobreposta pode ser uma camada argilosa e/ou uma rocha cristalina.

O mesmo autor define camada confinante como sendo uma unidade de rocha, que mostra condutividade hidráulica muito baixa e que restringe o movimento da água subterrânea.

Os aqüíferos ocupam, na maior parte das vezes, grandes extensões em área, tornando-se reservatórios subterrâneos de armazenamento. Um aqüífero pode ocupar a área de uma ou de várias bacias hidrográficas, ou mesmo passar por diferentes estados, ou até por diferentes países como o caso do Sistema Aquífero Guarani (Projeto Aquífero Guarani – Informe Final, 2005). Portanto, suas dimensões podem exceder a de uma ou de várias bacias hidrográficas.

A explotação das águas dos aqüíferos acontece por meio da escavação de poços, que podem ser rasos ou profundos (Zimbres, 2003). Os poços, onde as águas sobem acima do seu nível original e jorram de forma espontânea, devido a pressão causada pela camada de rochas situada acima do manancial, são chamados de poços artesianos. Já os poços que tem sua vazão variável conforme a carga e descarga do aqüífero são chamados de poços freáticos (Branco, 1993. p. 30).

Poços perfurados em aqüíferos confinados, chamados de artesianos podem ser surgentes ou jorrantes, dependendo do grau de confinamento.

Nos aqüíferos não-confinados também chamados de livres, a água encontra-se sob pressão atmosférica e seu nível estático indica a posição da superfície freática no aqüífero. Assim, são os mais explorados pela população, e também são os mais vulneráveis a todo e qualquer tipo de contaminação. Como exemplos de aqüíferos livres citam-se os sedimentos arenosos e as rochas sedimentares porosas (Figura 3) como da Formação Botucatu.

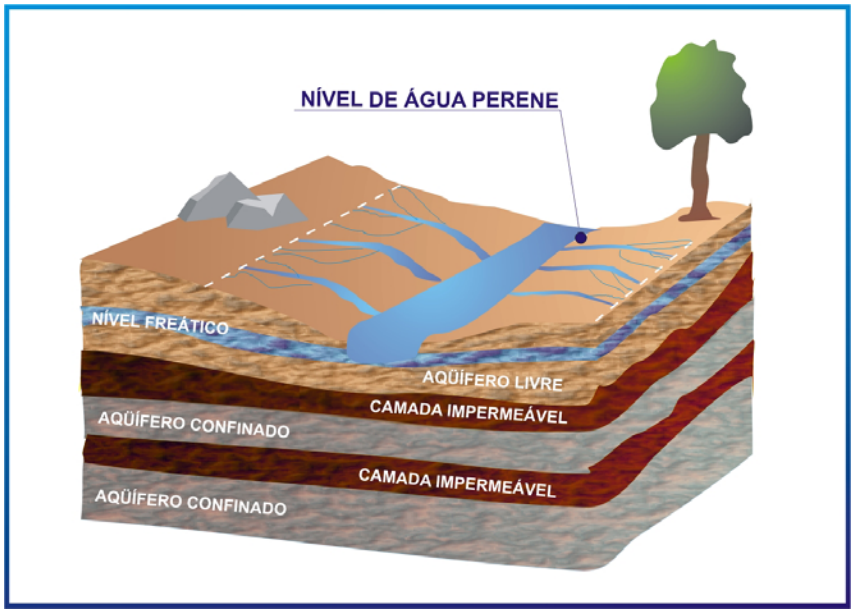

Figura 3 - Tipos de aqüíferos
Fonte: http://www.oaquiferoguarani.com.br.

É através de poços que se torna possível a coleta de amostras para o estudo dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água, bem como do estudo dos níveis estático e dinâmico para avaliações de vulnerabilidade, além da medição de outros parâmetros e dos fins comuns de exploração para agricultura, industria e abastecimento das populações.

Estes aspectos ressaltam a importância da licença prévia e outorga de uso para a perfuração de poços, pois estas controlam a construção dos mesmos e os usos dos mananciais subterrâneos de acordo com estudos técnicos, hidrogeológicos, ensaios de bombeamento e de qualidade da água que revelam situações alarmantes de uso indiscriminado e os perigos oferecidos aos recursos hídricos subterrâneos.

2.2 Qualidade das Águas Subterrâneas

A qualidade das águas é um valor que varia de acordo com o uso a que se destina, com o local de origem, com o seu movimento no ciclo hidrológico, e no caso

dos recursos hídricos subterrâneos com o meio aqüífero em que ocorrem e na qual se deslocam, e ainda com as águas de recarga e de precipitação (Hassuda, 1999).

No solo, a água passa por importantes processos naturais que advém de seu contato com o dióxido de carbono (CO_2) e com os minerais que constituem não só o solo, como também a rocha de origem. O CO_2 confere características ácidas à água que em seu percurso entre áreas de recarga e descarga, pode dissolver ou precipitar elementos químicos (Hassuda, 1999).

As águas armazenadas em aquíferos no basalto, não apresentam particularidades marcantes, não mostram forte mineralização destacado o ferro, que por vezes aparece em doses demasiadas devido à composição da rocha. Os carbonatos de cálcio dissolvido são provenientes da dissolução de minerais secundários, no caso das águas subterrâneas armazenadas no basalto da Formação Serra Geral, a calcita figura entre os principais minerais dissolvidos.

A qualidade das águas subterrâneas, segundo Hassuda (1999, p. 193) depende diretamente das “(...) condições de temperatura e pressão, do tipo do solo ou rocha que a água subterrânea atravessa e do tempo de residência”. É avaliada conforme a concentração de vários constituintes dissolvidos na água, destacando-se como principais: o sódio, magnésio, cálcio, bicarbonato, cloreto, sulfato e silicato todos expressos em miligramas por litro (mg/L).

Quando destinadas para consumo humano, as águas pertencentes tanto às fontes tradicionais como às fontes alternativas, devem obedecer aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria n^{o} 518 de 25 de março de 2004, na qual o Ministério da Saúde estabeleceu os padrões de potabilidade das águas para o consumo humano.

Conforme as definições desta Portaria, a água potável é aquela “(...) cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam aos parâmetros de potabilidade e que não ofereçam riscos à saúde”. Os parâmetros exigidos são colocados no capítulo IV da Portaria n^{o} 518 que estabelece os padrões microbiológico (Art. 11), de turbidez (Art. 12), de cloração (Art. 13), para substâncias químicas (Art.14) e de radioatividade (Art. 15). O Art. 16 deste capítulo dispõe sobre os padrões finais de aceitação para consumo humano (Quadro 1).

Parâmetro	Unidade	VMP(1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH_3)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH(2)	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	//	Não Objetável(3)
Gosto	//	Não Objetável(3)
Sódio	mg/L	200
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT(4)	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0.3

Quadro 1 – Padrão de aceitação para consumo humano.
Notas: (1) Valor Máximo Permitido, (2) Unidade Hanzen (mg Pt-Co/l), (3) Critério de referência, (4) unidade de turbidez.
Fonte: Ministério da Saúde, Portaria n^0 518 de 25 de março de 2004.

2.3 O Sistema Aqüífero Serra Geral

As águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves ocorrem nos derrames vulcânicos da unidade hidroestratigráfica Serra Geral, que está inserida na Bacia do Paraná e distribui-se por oito estados brasileiros: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

Para Hausmam (1995), as características hidrogeológicas e a extensão da Formação Serra Geral lhe conferem a denominação de província hidrogeológica, chamada de unidade hidroestratigráfica por Machado (2005).

A proposta inicial para a definição de unidade hidroestratigráfica, é colocada por Maxey (1964, apud Machado, 2005), que as define como “corpos de rocha com extensão lateral considerável compondo um arcabouço geológico que funciona razoavelmente como um sistema hidrológico distinto”.

É possível observar ainda a definição de outro autor, que busca contextualizar o fato de que uma unidade hidroestratigráfica pode ter ocorrência em um ou mais meios estratigráficos. A proposta de Seaber (1982; 1986; 1988 apud Machado, 2005) diz que a unidade hidroestratigráfica é “um corpo rochoso distinto por sua porosidade e permeabilidade”.

Quando uma unidade hidroestratigráfica é capaz de produzir água é chamada de Sistema Aquífero definido originalmente por Poland et al. (1972 apud Machado, 2005) como:

> [...] um corpo heterogêneo de materiais com intercalações permeáveis e pobremente permeáveis que funcionam como uma unidade hidroestratigráfica produtora de água; ele compreende duas ou mais camadas permeáveis, separadas pelo menos localmente por aquitardos que impedem o movimento das águas subterrâneas, mas que não afetam a continuidade hidráulica do sistema. (Poland, 1972 apud Machado, 2005, p. 12).

Desta forma, os sistemas aqüíferos podem ser observados como sendo a conjugação de aquíferos, dentro de um mesmo sistema hidráulico, que podem ser separados por uma ou mais camadas confinantes (Jorgensen et al. 1993 apud Machado, 2005).

Sob esta óptica, são denominados os meios aquíferos identificados no Rio Grande do Sul estando dentre estes o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e o Sistema Aquífero Guarani (SAG).

No mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul realizado pelo convênio entre a Secretaria Estadual de Obras Públicas e Saneamento – SOPS, Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, Departamento de Recursos Hídricos – DRH/RS e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, observa-se a divisão da unidade Serra Geral em dois tipos de aquífero: Serra Geral I e Serra Geral II (Figura 4).

Conforme especificado no relatório final do projeto mapa hidrogeológico do estado do Rio Grande do Sul, o SASG I é classificado como sistema aqüífero de alta e média possibilidade para águas subterrâneas em rochas fraturadas e ocupa a parte centro-oeste da região dominada pelos derrames vulcânicos no planalto. Neste

sistema as capacidades específicas variam bastante havendo poços com excelentes vazões próximos a poços não produtivos.

Entende-se por capacidade específica, a relação entre o volume de águas explotadas no poço tubular e o nível de rebaixamento do nível da água (nível dinâmico diminuído nível estático) expressa em m^3/h.m. (nota do orientador, 2007).

Classificado como aquífero de média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas fraturadas, o SASG II ocupa parte oeste do estado e a extensa área nordeste do Planalto do rio Grande do Sul, associada com os derrames da unidade hidroestratigráfica Serra Geral, formado por riólitos, riodacitos e basaltos fraturados.

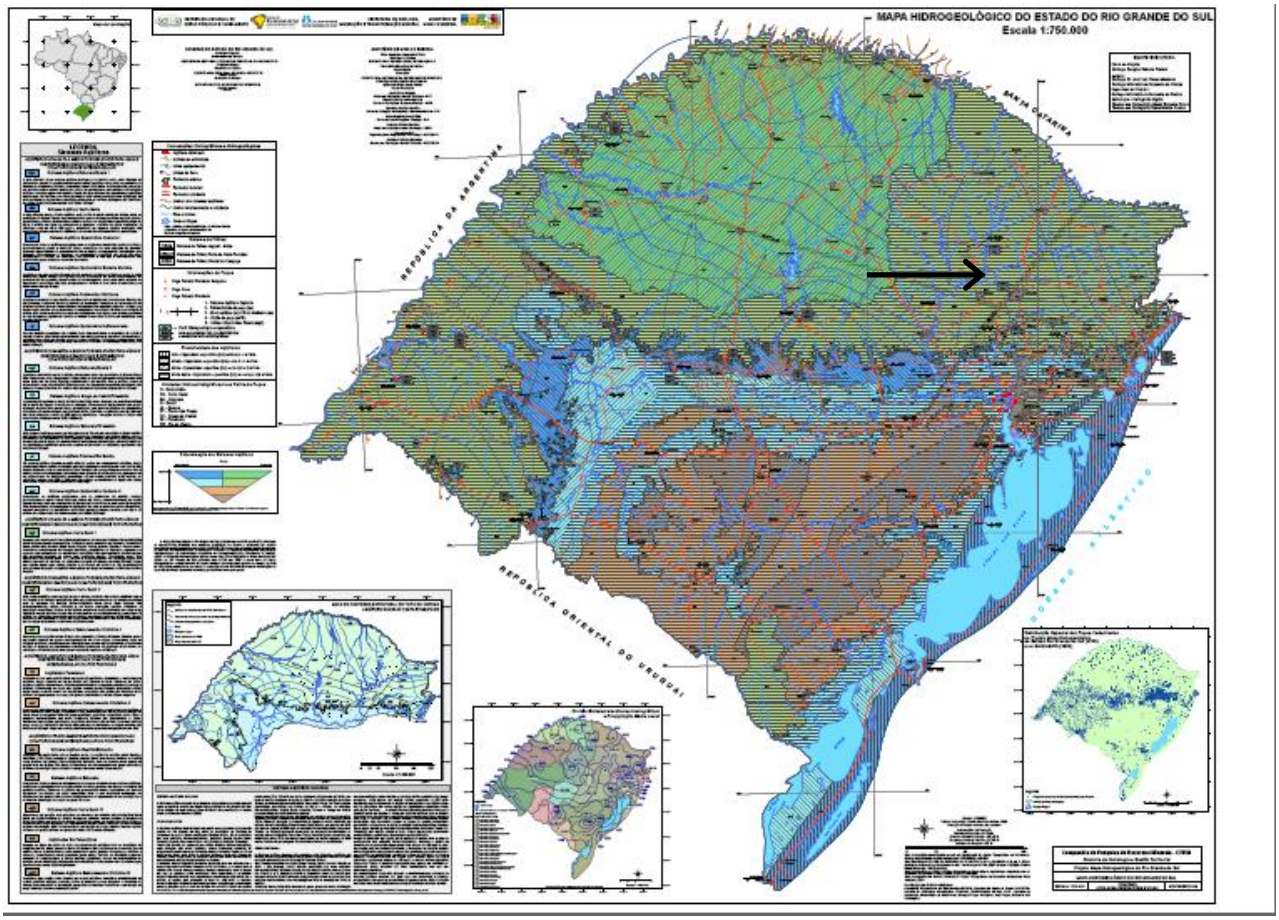

Figura 4 – Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: http://www.cprm.gov.br

As maiores vazões neste aquífero, estão associadas à áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema. O município de Bento Gonçalves está inserido sobre esta unidade hidroestratigráfica (Figura 5).

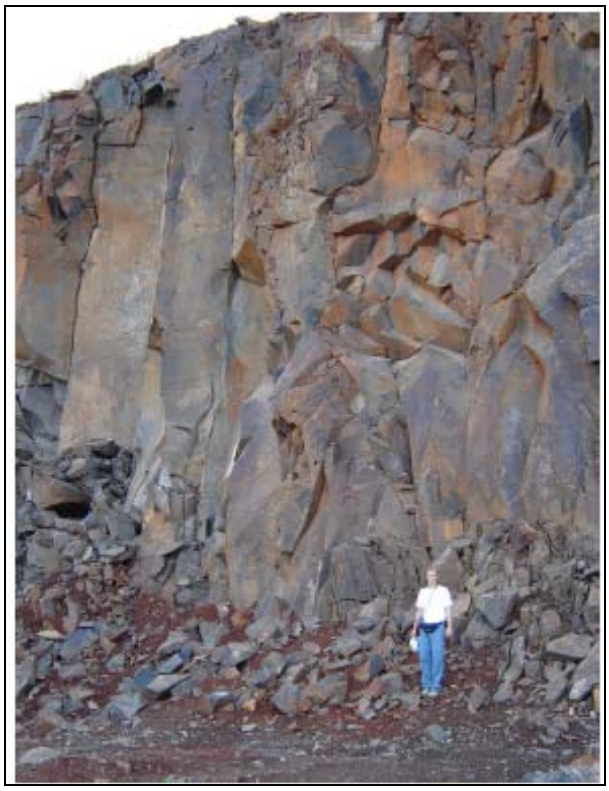

Figura 5 – Serra Geral – Aqüífero de porosidade dada por fratura.
Fonte: Fernandes, A. (coord.),2006.

De modo geral, os basaltos não constituem bons meios aquíferos devido às condições litológicas, uma vez que, predominam no sul do Brasil os afloramentos de rochas do Escudo e do derrame basáltico, e as estruturas granulométricas dos sedimentos provenientes são grãos finos e argilosos bastante porosos porém, pouco permeáveis o que impede ou dificulta a extração de água.

Além da influência das características porosidade e permeabilidade na constituição de aquíferos e armazenamento de águas subterrâneas do SASG, a circulação de água nestas formações depende da comunicação franca entre fraturas, vesículas e amigdalas. Quando estes espaços são preenchidos por minerais secundários, o basalto assume comportamento de material impermeável dificultando a circulação de água (Hausman, 1996).

Apesar de este aqüífero ser formado por rochas mais resistentes que as sedimentares, no aqüífero fissural, a circulação da água se faz através das fraturas e estas, segundo dados hidroquímicos da OEA (2001 apud Borghetti et al. 2004) podem interconectar-se com as águas do Sistema Aqüífero Guarani (SAG), situado em posição inferior, em profundidade não conhecida na área (Figura 6).

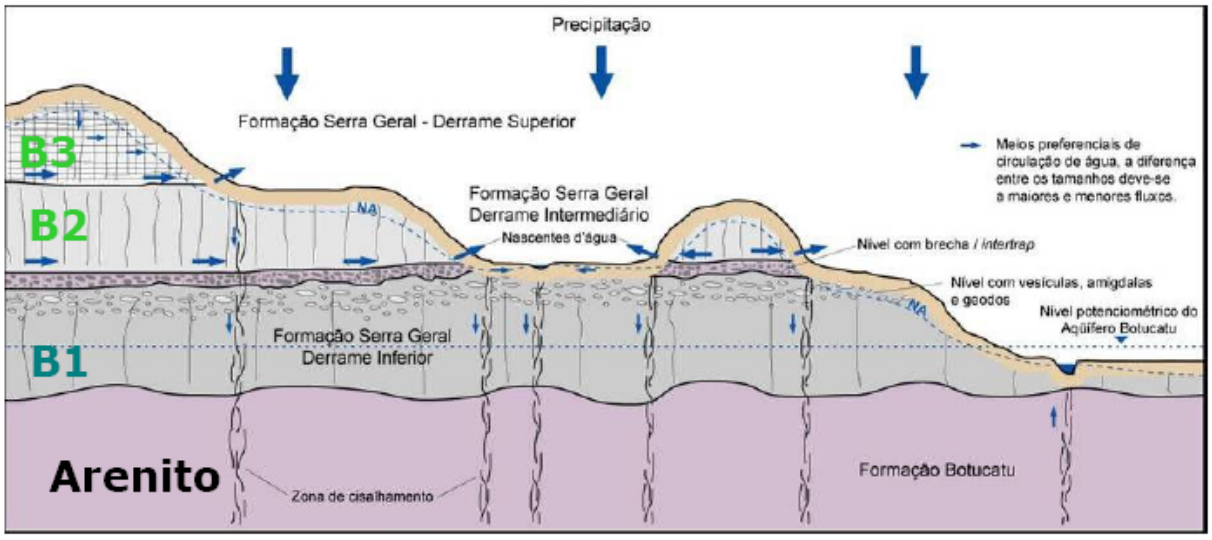

Figura 6: Modelo conceitual de recarga do Aqüífero Guarani através do Aqüífero Serra Geral.
Fonte: Fernandes, A. (coord.),2006.

Além da possibilidade de conexão entre os aquíferos, fator que deve ser destacado e relevado na localização de atividades potencialmente poluidoras, e diante as possibilidades de contato da superfície sobrejacente ao aqüífero com cargas contaminantes, deve-se atentar também para os tipos de solo que formam a área de estudo.

A parti das características do solo, a percolação de um possível contaminante pode ser dificultada ou facilitada, de acordo com a capacidade hidráulica, porosidade, permeabilidade, constituição mineral deste solo, entre outras características.

Na Formação Serra Geral, a existência de locais com ocorrência de rochas intemperizadas que formam Neossolos Litólicos, podetornar mais vulnerável o aquífero no local, uma vez que a estrutura deste tipo de solo pode formar aqüíferos livres, funcionando como materiais porosos permeáveis.

2.4 As Fontes Potenciais de Contaminação dos Recursos Hídricos

A intensa atividade antropogênica gera uma série de efluentes e resíduos que são introduzidos no ambiente, causando inúmeros impactos ambientais entendidos como:

> ...qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:
>
> 1. A saúde, a segurança e ao bem estar da população;
> 2. As atividades sociais e econômicas;
> 3. A biota;
> 4. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
> 5. A qualidade ambiental (resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n 001/86). (Rohde, 88, p.11).

Nas águas subterrâneas, os impactos ambientais 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 químicas, mas também da alteração das características do ambiente aquático (Hassuda, 1999).

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

Em outras considerações, os autores colocam que as fontes de contaminação das águas subterrâneas são variadas, classificadas conforme sua forma de distribuição espacial em pontuais e difusas. Esta classificação é realizada a partir de uma impressão direta e visual do tipo de perigo que cargas contaminantes potenciais, podem oferecer ás águas subterrâneas.

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, lixões, poços abandonados dentre outros.

Os cemitérios são grandes fontes potencias de contaminação pontual, que oferecem sérios riscos para a coletividade, uma vez que, a maior parte dos cemitérios do estado e do país é construída sem projetos sanitários e ambientais adequados, para suportar a decomposição cadavérica de forma eficiente e segura.

De acordo com Silva (2006 apud Reisdorfer, 2006, p.):

> Os cemitérios são empreendimentos intrinsecamente poluidores potenciais do meio ambiente, em especial dos aqüíferos livres e a eles subjacentes, ou seja, os lençóis freáticos. Os particulares são bem locados em áreas geologicamente adequadas, em condições topográficas favoráveis. Já os municipais, infelizmente, quase nunca ostentam locais próprios ou recomendáveis (Silva, 2006 apud Reisdorfer, 2006, p.).

Os cemitérios tornam-se riscos maiores em caso de projetos inadequados de implantação, ocasionando impactos severos como os impactos físicos primários, que levam à contaminação das águas subterrâneas de menor profundidade, ou seja, aquelas captadas por poços escavados (Pacheco, 2006 apud Reisdorfer, 2006, p.).

Sobre os regulamentos para a localização e construção de cemitérios, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA dispõem:

> O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias (RESOLUÇÃO nº 368 de 28/03/2006, Art. 5 – Inciso I).

As atividades relacionadas à indústria do petróleo, como a exploração, o transporte e o armazenamento, são responsáveis pela liberação de um grande número de compostos tóxicos no meio ambiente.

Os postos de combustíveis automotivos são responsáveis por vários casos de contaminação do meio ambiente, a partir de vazamentos de gasolina ocasionados pela corrosão de tanques de armazenamento, ou ainda, por falhas nas tubulações que podem ocasionar impactos de grande magnitude, tanto pela extensão quanto pela dificuldade de recuperação das áreas afetadas (Corseuil; Schneider, 2006).

Em casos de derramamento de combustíveis, a primeira medida a ser realizada é a retirada do produto livre a fim de evitar explosões e incêndios, evidenciado o fato de que devido as características do solo, a recuperação

dificilmente é superior a 30%, podendo ser transportado ao longo do aquífero chegando aos pontos de contaminação (Corseuil; Schneider, 2006).

As áreas agrícolas são exemplos de locais de ocorrência de contaminação difusa, devido as práticas inadequadas de manejo do solo, que podem causar alteração na qualidade das águas subterrâneas. A aplicação demasiada de pesticidas, inseticidas, fungicidas são contaminantes nocivos da água subterrânea e normalmente, não são avaliados em monitoramento. Além destes, concentrações elevadas de fertilizantes NPK podem causar eutrofização de cursos de água superficiais e subterrâneas.

Em áreas urbanas, a principal preocupação é a carga poluidora em zonas residenciais sem esgotamento sanitário, com tanques sépticos e fossas negras. Esta carga inclui nutrientes (nitrogênio e enxofre) e sais (cloreto), bactérias, vírus e compostos orgânicos sintéticos (Foster et al.,2003).

Os autores comentam que nas áreas de concentração industrial, devido à extrema diversidade de atividades de processos de fabricação e de práticas de disposição de efluentes, há maior dificuldade em estimar-se a carga poluidora (Figura 7).

Resíduos sólidos, depositados em lixões ou dispostos em aterros sanitários, podem ter volumes de lixiviados variados, de acordo com as características do material contaminante, do meio de percolação e das condições naturais da área. Devido à diversidade de contaminantes, torna-se necessário identificar cada fonte e analisá-las individualmente, devendo haver poços de monitoramento

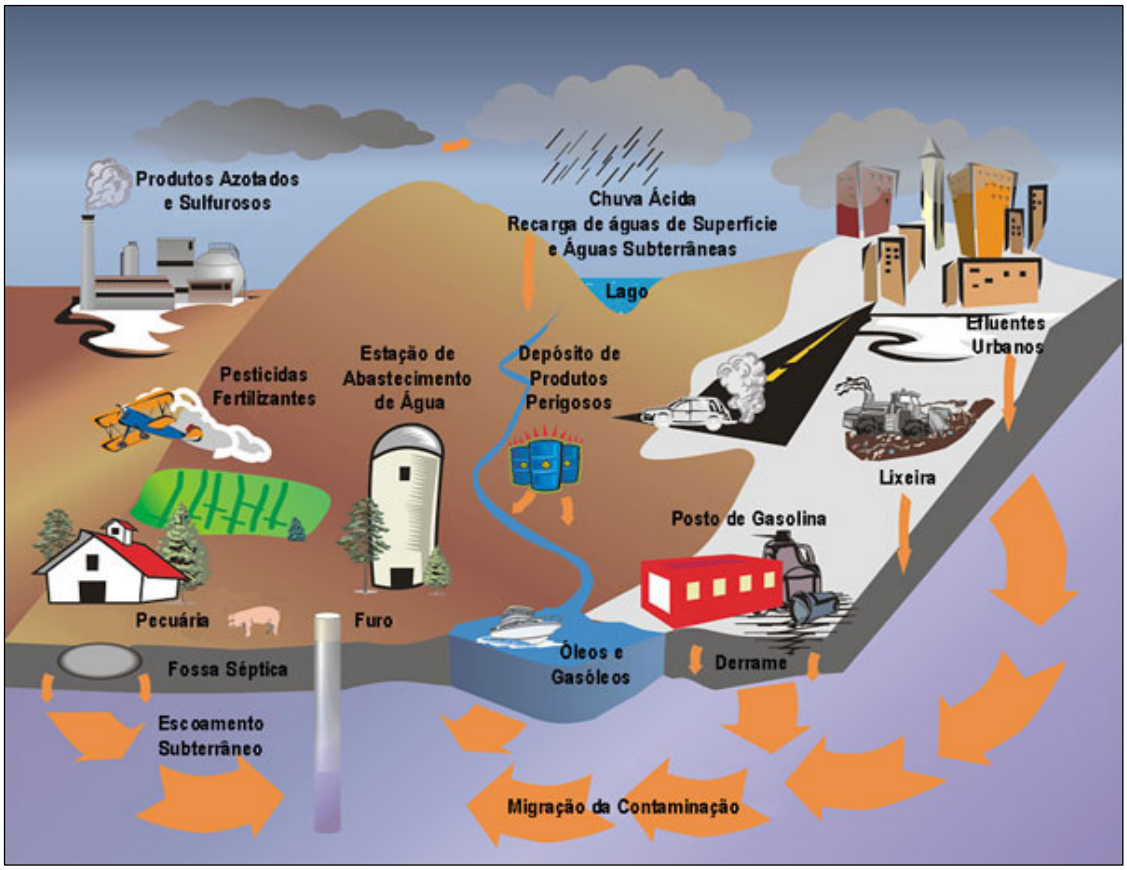

Figura 7 - Fontes de cargas contaminantes de águas subterrâneas
Fonte - e-geo.ineti.pt/.../agua_Subterranea/poluicao.htm.

2.5 Planejamento, Legislação e Impactos Ambientais

O Brasil é um cenário de grande interesse internacional devido a abundância de seus recursos naturais, a variedade de espécies vegetais e animais e a existência de biomas únicos em seu território. Contudo, as taxas de desmatamento das florestas nativas, o processo de desaparecimento de biomas, como o cerrado brasileiro e seus ecossistemas, a extinção de variadas espécies vegetais e animais e os cenários de devastação dos recursos naturais é alarmante, e revela a ineficiência das políticas ambientais.

O descaso com a legislação e a questão ambiental como prioridades nas ações de planejamento nos municípios do país, é um dos principais fatores que levam ao uso irracional dos recursos naturais, à depredação do patrimônio ambiental em vias de desaparecimento e aos reflexos negativos que atingem diretamente os padrões de saúde e qualidade de vida das populações atuais e futuras.

Os impactos ambientais podem ser causados por diversas dinâmicas ou fenômenos, que alterem as condições naturais do meio ambiente. Em escala municipal, onde recaem as responsabilidades e as medidas mitigadoras de primeira ordem, geralmente definem-se problemas ambientais ligados à disposição de resíduos urbanos, químicos e industriais, a coleta e tratamento de esgotos sanitários, ao abastecimento de água e à localização inadequada de atividades potencialmente poluidoras, entre outros.

A preocupação com o manejo e a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos pode ser avaliada a partir do Artigo 134 do Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul que expõe:

> Incumbe ao Poder Público manter programas permanentes de proteção das águas subterrâneas, visando ao seu aproveitamento sustentável, e privilegiar a adoção de medidas preventivas em todas as situações de ameaça potencial a sua qualidade (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 – Art. 134).

Embora haja legislação sobre o tema, os recursos hídricos subterrâneos ainda são pouco divulgados e priorizados pelos poderes públicos.

Ainda no Art. 134, §2° do Código Estadual do Meio Ambiente observa-se que:

> A vulnerabilidade dos lençóis d'água subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidores das águas subterrâneas (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 – Art 134, § 2^{o}).

Outra colocação primordial para a conservação natural dos aqüíferos vem expressa no Art. 136, que expõe sobre os planos diretores e delega aos municípios, a responsabilidade de preservação e manejo adequado de aquíferos:

> Na elaboração de Planos Diretores e outros instrumentos de planejamento urbano deverão ser indicados:
> I – A posição de lençóis de águas subterrâneas vulneráveis;
> II – As áreas reservadas para o tratamento e o destino final das águas residuárias e dos resíduos sólidos, quando couber.

> Parágrafo único – O órgão ambiental deverá manifestar-se sobre as áreas reservadas mencionadas no inciso II deste artigo, observada a legislação vigente (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 – Art. 136).

Observadas as menções da lei, salienta-se a proeminência dos estudos de águas subterrâneas, e ainda, a importância com que estas devem ser vista pelos órgãos competentes, poder público e sociedade de forma geral.

Sobre os tipos de atividades que podem gerar impactos ambientais, a lei 10.165 de 27 de dezembro de 2000 que altera a Lei n^{o} 6.938 de 31 de Agosto de 1981 e dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, classifica e descreve no Artigo 3^{o}, Anexo VIII as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais.

Esta classificação ressalta o risco que os efluentes e materiais utilizados por variados tipos de empreendimentos e atividades oferecem ao meio natural e logo, na dinâmica entre o homem e o meio, à saúde humana.

A disposição inadequada de resíduos pode gerar impactos em diferentes escalas, destacados os principais impactos, segundo Russo e Brescansin (1997 apud Mauro,1997 p.):

- degradação dos recursos hídricos
- poluição e contaminação do aqüífero e lençol freático, conferindo patogenicidade e toxidade às águas subterrâneas;
- redução da fauna e flora do solo e das águas superficiais;
- permanência de produtos não-biodegradáveis no meio ambiente
- eutrofização (acúmulo de nutrientes minerais) no solo e nas águas
- aumento de animais (roedores, insetos, etc.) que se podem constituir em vetores de doenças para a população circunvizinha à área do depósito;
- poluição atmosférica
- comprometimento dos aspectos visuais/estéticos da paisagem (Russo; Brescansin, 1997 apud Mauro, 1997, p. 88 - 89).

No descarte de resíduos domésticos a contaminação dos recursos hídricos a partir de organismos patogênicos, pode ocorrer por meio do contato direto ou indireto de esgotos sanitários sem tratamento, com as águas superficiais ou subterrâneas (através dos poços), e ainda, do contato do solo sobrejacente à área do aqüífero captado com estes efluentes.

Os organismos patogênicos são responsáveis por causar doenças como a febre tifóide, variados tipos de diarréias intestinais e até hepatite infecciosa. Estes organismos reproduzem-se no interior do parasitado, ou seja, no interior do aparelho digestório humano. Quando presentes na água indicam que houve contato de esgotos sanitários e que há presença fecal na mesma (Branco, 1993).

Estes problemas ambientais são ocasionados pela carência de racionalidade ambiental, que resulta em defeitos no sistema meio ambiente manifestados na diminuição de sua produtividade, que não se adapta ás crescentes necessidades sociais e econômicas da sociedade contemporânea (Cabo et al. 1997).

Para tanto, o Planejamento Ambiental, enquanto instrumento de gestão pública e controle para uso e conservação dos recursos naturais e do bem estar sócioambiental, deve buscar no aparato legislativo as ferramentas necessárias para operar com propriedade no Planejamento Municipal.

A partir desta reconversão de caráter e ação, o Planejamento Ambiental poderá interagir de forma equilibrada e eficaz diante aos grupos sociais e políticos, a fim de otimizar a atuação e ingerência destes diante as atividades que se apropriam dos recursos e serviços ambientais. Através de Auditorias Ambientais, Estudos de Impacto Ambiental, zoneamento de áreas de risco para diferentes usos e ocupações entre outros programas e projetos, mostrará possibilidades de desenvolvimento sócio-espacial, político e econômico para o município, colocando-o num papel de destaque, salientado o avanço de sua organização e Planejamento Territorial[1] no contexto regional e até nacional.

Para operacionalizar seus objetivos e programas, o Planejamento Ambiental têm nas legislações estadual e federal, suportes para encaminhar os procedimentos corretos para corrigir, melhorar, preservar, recuperar ou conservar os recursos naturais, dentro dos variados contextos em que se insere.

Essa afirmativa pode ser corroborada no teor da Lei Estadual nº 7.877, de 28 de dezembro de 1983, na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui o Código das Águas, na Lei Federal nº 10.165 de 27 de dezembro de 2000 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, além de diversos outros decretos e leis que amparam o uso racional dos recursos naturais, como observado anteriormente.

[1] Pode ser entendido ainda como planejamento físico ou regional na qual se articulam variadas modalidades de Planejamento (Cabo *et al*, *in* Mauro, 1997).

Para efeito deste e outros estudos e pesquisas, além de projetos e programas realizados por entidades públicas e privadas, observa-se o amparo e incentivo destas ações por todas as citações Legais colocadas, devendo lembrá-las para a afirmação da importância dos mesmos e ainda da seriedade e autoridade dos profissionais capacitados para tais análises e reflexões, como geógrafos, geólogos, biólogos, engenheiros e arquitetos salientada a universalidade e complexidade do fenômeno observado e o exame realizado por cada profissional.

3. METODOLOGIA

3.1 Procedimentos Metodológicos

A avaliação das condições ambientais, relacionadas ao aquífero SASG e às atividades potencialmente poluidoras, foi realizada ao longo deste estudo utilizando-se inicialmente do método indutivo e numa segunda etapa do método dedutivo.

O método indutivo pode ser observado na fase de exame de dados e fatos particulares, para o entendimento da universalidade das condições de vulnerabilidade natural e características do aquífero estudado, ou seja, parte-se do particular para o contexto geral. Desta forma, o estudo é realizado com base em dados pré-existentes cadastrados no Sistema de Informação de águas Subterrâneas da CPRM (SIAGAS) e também coletados em campo, para entender as singularidades do fenômeno estudado.

A abordagem ideográfica nesta metodologia permite que fenômenos iguais ou semelhantes sejam avaliados em lugares diferentes, entendendo que o elemento ou dinâmica de análise pode ser comum a variados lugares, mas possui suas particularidades, que necessitam ser observadas no foco (Bezzi e Marafon, 2003).

A pesquisa a fontes secundárias para a fundamentação do estudo de vulnerabilidade revelou, em fase consecutiva a primeira análise de vulnerabilidade natural, que o método “GOD” utilizado no estudo, carecia de informações referentes a elementos de influencia direta na qualidade das águas subterrâneas, como as atividades geradoras de contaminantes potenciais localizadas em terreno sobre o aqüífero.

Nesta etapa, foram buscadas fontes que mostrassem de que forma interagem os fluxos entre homem e meio ambiente, ou seja, como se estrutura os aqüífero e de que forma reage aos fatores antropogênicos, admitindo que estes podem interferir na organização natural deste.

O método indutivo deixa aí de ser priorizado e dá lugar à análise da metodologia até então utilizada para avaliações de vulnerabilidade, fase em que a

pesquisa e o exame a fontes secundárias desencadearam na proposta de aperfeiçoamento desta metodologia.

No prosseguimento, a aplicação do método adaptado a fim de realizar um teste para comprovação de sua viabilidade, caracterizou o emprego do método dedutivo já que foram formuladas hipóteses gerais e verificadas suas possibilidades mediante a investigação empírica e teste nos dados particulares do objeto de estudo.

As características sócio-ambientais da área de estudo em suas variâncias, necessitam, desta maneira, ser observadas e conectadas no exame da vulnerabilidade das águas subterrâneas, uma vez que neste espaço, a realização de atividades que utilizam recursos ambientais e geram cargas contaminantes potenciais, é intensa.

Os resultados obtidos a partir de então foram espacializados em cartogramas e mapas através de bancos de dados georreferenciados, que mostram as áreas conforme os índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas do SASG, e ainda, as zonas de risco à contaminação, colocadas as influencias das atividades antrópicas.

Estes documentos fazem-se recursos norteadores importantes em ações de planejamento e controle de uso do solo, destacando as áreas que necessitam de atenção e planejamento especial na localização de determinados empreendimentos e outras que não podem utilizadas.

3.2 Procedimentos Técnicos

A análise da vulnerabilidade natural do SASG no município de Bento Gonçalves, inicia com a criação de um banco de dados dos poços cadastrados na região, sendo, a partir destes, observados os fatores classificatórios exigidos pelo método “GOD” (Foster et al, 2003).

O banco de dados dos poços, foi atualizado a fim de cadastrar poços sem outorga e em processos de licenciamento (SEMA) e, de acordo com as possibilidades, que não estão registrados no SIAGAS/CPRM. Esta etapa, foi importante para a constatação de pontos potenciais de contaminação, dados

necessários para a classificação de áreas de maior risco às águas subterrâneas em caso de exposição a cargas contaminantes.

Desta forma, foram observados postos de combustíveis, cemitérios e indústrias que utilizam materiais químicos para a observação de parâmetros de campo em poços de monitoramento de acordo com as possibilidades técnicas e o georreferenciamento, para posterior localização destes no mapa de vulnerabilidade do município.

A avaliação de vulnerabilidade natural pelo método “GOD”, seguindo os índices de vulnerabilidade propostos por Foster e Hirata (1993) e posteriormente aprimorado por Foster et al. (2003), constituiu a primeira fase do estudo.

Na segunda análise, que considera o parâmetro atividade potencialmente poluidora, foi realizado um novo estudo de vulnerabilidade de acordo com os fatores então considerados: tipo de efluente, forma de disseminação da carga contaminante e litologia da área onde se localiza a atividade observada.

O termo vulnerabilidade é utilizado na França desde a década de 70 e foi amplamente difundido na década de 80. Segundo Ribeira (2004, apud Camponogara, 2006), o conceito aparecera já em 1964, quando utilizado por Le Grand nos Estados Unidos, e depois então, por Albinet e Margat na década de 70 na França.

O método de vulnerabilidade ”GOD” se fundamenta nos parâmetros e dinâmicas de recarga dos aquíferos e na capacidade natural dos materiais que formam a zona não saturada para atenuar fluídos, que varia de acordo com as condições da geologia superficial e das profundidades do topo dos níveis da água nos mesmos (Meaulo, 2006).

O estudo de vulnerabilidade natural fala sobre a susceptibilidade dos aqüíferos serem afetados por uma carga contaminante[2] (Foster et al., 2003). Seu estabelecimento decorre da avaliação de três parâmetros, conforme estabelecido pelo nome da metodologia conhecida pela sigla “GOD”, que significa ***G****roundwater hydraulic confinement*, ***O****verlaying Strata*, ***D****epth to groundwater table*, ou seja, grau de confinamento hidráulico (condição do aqüífero), ocorrência do substrato litológico (características litológicas) e distância do nível da água ou teto do aqüífero.

[2] Fugas de redes de esgotos, resíduos industriais, insumos da atividade agrícola, entre outros (Foster et al, 2003).

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 8.

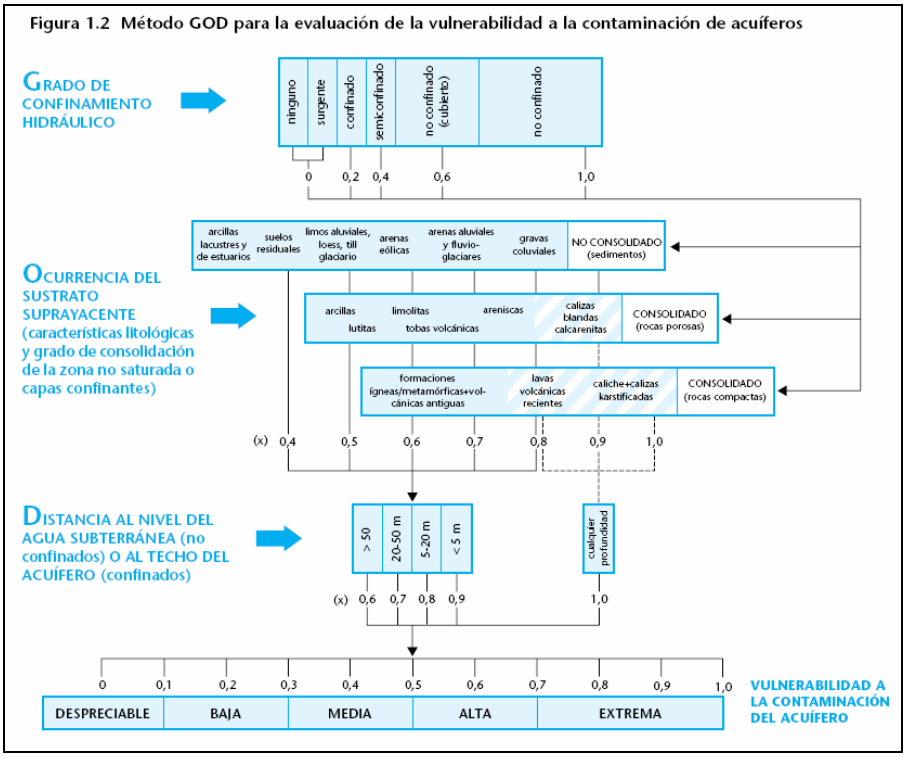

Figura 8: Método “GOD” para a avaliação de vulnerabilidade a contaminação de aqüíferos.
Fonte: Foster et al. 2003.

O produto desta operação irá dizer sobre a classe de vulnerabilidade natural à contaminação destas águas, sendo que esta 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).

Os valores colocados indicam maior susceptibilidade à contaminação das águas do aquífero quanto maior o valor alcançado. Há de se relevar, contudo, que apesar de serem observados muitas vezes índices baixos e desprezíveis, têm de se colocar a importância das características dos materiais contaminantes, que podem ser depositados sobre a superfície do terreno e/ou no subsolo.

Em etapa posterior a avaliação de vulnerabilidade, o estudo da superfície potenciométrica foi realizado para a avaliação da tendência de fluxo das águas subterrâneas, conhecimento fundamental em caso de contaminação do aqüífero,

pelo fato de indicar o possível trajeto do material contaminante, mostrando em que áreas é necessária a realização de ações de controle da pluma de contaminação.

Segundo Manoel Filho (1997), “os níveis d’água em um certo número de poços de observação penetrantes em um aqüífero, definem uma superfície potenciométrica”, o que revela o ponto de encontro do fluxo subterrâneo das águas que terão uma tendência de sentido. É obtida pela relação entre a cota do terreno na “boca” do poço e o nível da água (Altitude – N.E.), dados obtidos no SIAGAS.

Classificados os poços a partir do método “GOD” e obtida a superfície potenciométrica, os resultados foram espacializados em cartogramas no programa Surfer 8.0, o que possibilitou a visualização dos índices observados sobre a área de estudo, além de mostrar as tendências de direção de fluxo subterrâneo das águas.

Para a espacialização da vulnerabilidade no cartograma Surfer 8.0, foram necessárias às coordenadas UTM dos poços e os valores referentes à vulnerabilidade.

A partir destes dados, foi criada uma tabela de três colunas no programa Excel contendo na coluna “A” as coordenadas E, na coluna “B” as coordenadas N e na coluna “C” a variável a ser espacializada pelo cartograma, neste caso a vulnerabilidade.

No programa Surfer 8.0, estes dados foram retomados e interpolados através do modelo matemático krigagem, a fim de formar as zonas de vulnerabilidade do aquífero estudado na forma de um mapa de isolinhas.

Da mesma forma, os cartogramas de classificação de risco de atividades potencialmente poluidoras, superfície potenciométrica e altimetria necessitam desta grade de dados para serem processados em ambiente Surfer.

Para a localização dos pontos potenciais de contaminação, a partir das coordenas UTM para posterior localização no mapa de vulnerabilidade e no mapa de Zonas de Atividades de Risco Ambiental Potencial (ZAR), foi utilizado o GPS (*Global Position System*) Garmim.

Devido às dificuldades de acesso causadas, ora devido à localização de poços em terrenos particulares, ora por falta de equipamentos para tomadas de coordenadas e equipamentos de medição dos parâmetros de campo, foram utilizados para os estudos e espacializações realizados, os poços cadastrados pelo SIAGAS/CPRM.

Contudo, foi possível ampliar o conhecimento sobre os recursos hídricos subterrâneos a partir da classificação de vulnerabilidade dos mesmos, da espacialização das zonas de vulnerabilidade no município, e ainda, com a formação de um primeiro cadastro de atividades potencialmente poluidoras.

Após a coleta dos dados mencionados foi realizado um novo exame para a construção do ensaio de vulnerabilidade, seguindo a adaptação do método “GOD”, que passa a considerar o fator “cargas contaminantes” reformulando o estudo para a posterior interpolação de planos de informação na construção do mapa ZAR.

A digitalização do mapa base do município de Bento Gonçalves foi construída no programa Spring 4.2. Para tanto, foram utilizadas as cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército de Nova Prata, Folha SH.22-V-B-V-4, MI-2935/4; Antonio Prado, Folha SH.22-V-B-VI-3, MI-2936/3; Bento Gonçalves, Folha SH.22-V-B-IV-2, MI-2952/2 e Farroupilha, Folha SH.22-V-D-III-1, MI-2953/1, das quais foram extraídas as informações espaciais necessárias para a construção do plano de informações georreferenciado em meio digital, no ambiente Spring.

Este banco de dados georreferenciado carrega informações sobre a altimetria, drenagens, rodovias, espaço urbano, limites municipais, entre outros digitalizados e salvos como planos independentes interagindo na formação do mapa.

É importante frisar que na delimitação municipal houve problemas referentes aos limites precisos do município, uma vez que o plano diretor do mesmo não apresenta citações legais referentes a delimitação e a mesma não foi encontrada no sítio da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul.

Frente às dificuldades apresentadas, observaram-se os limites dos municípios adjacentes, para a delimitação aproximada da área de estudos na confecção dos mapas apresentados.

A confecção do mapa de vulnerabilidade contou com a interpolação dos planos de informação do cartograma de vulnerabilidade (Surfer 8.0) e do mapa base do município.

Para a compilação destas informações, necessitou-se em primeira ordem, realizar o recorte dos cartogramas a partir do acréscimo das coordenadas limites do município à tabela do cartograma Surfer. Desta forma, as informações do cartograma foram mantidas e sua área ampliada para se igualar a área do mapa do município. Sobrepostos os planos de informação, foram eliminadas as bordas fora

dos limites municipais para o ajuste do mapa. A edição final dos mapas foi realizada no programa Corel Draw 12.

Os mapas confeccionados e os dados obtidos nesta pesquisa serão incluídos nos documentos e projetos da Secretaria do Meio Ambiente do Município de Bento Gonçalves, para que possam servir de instrumento legal na tomada de decisões de planejamento, preservação e conservação dos mananciais hídricos subterrâneos.

3.3 Adaptação do Método “GOD”

Conforme exposto por Foster et al. (2003):

> Se debe recalcar que los mapas de vulnerabilidad y peligro de contaminación de acuíferos están diseñados para proveer un esquema general en el que se basará la política de protección del agua subterránea. Sin embargo, existe una diferencia conceptual y funcional entre ambos. El primero es ni más ni menos una representación simplificada (pero verdadera) de los mejores datos científicos disponibles del ambiente hidrogeológico. Este esquema general no pretende eliminar la necesidad de contar con un diseño detallado de las posibles actividades potencialmente contaminantes antes de tomar decisiones sobre la política de protección del agua subterranea (Foster et al. 2003, p. 33).

Quando observadas as simplificações e generalizações realizadas pelo método “GOD”, frente aos variados casos de estudo e singularidades das áreas estudadas, percebeu-se a possibilidade de adaptação do método utilizado frente às características do objeto de estudo, a fim de aprimorar o exame e as respostas do mesmo diante ao fenômeno analisado.

O município de Bento Gonçalves, área de estudo desta pesquisa, possui inúmeros empreendimentos geradores de cargas contaminante potenciais e de impactos ambientais em diferentes escalas. O trabalho de campo e a pesquisa feita nos cadastros municipais mostraram que o município possui cerca de 1.217 empresas (Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, 2006), e destas muitos empreendimentos são produtores de cargas contaminantes potenciais.

Estas atividades, junto às características hidráulicas naturais do SASG II (Machado, 2005) e aos índices de vulnerabilidade, alertaram para uma nova reflexão, que considerasse o alto risco oferecido pela possibilidade de vazamentos, escapamentos ou contatos destes efluentes contaminantes potenciais, com os mananciais hídricos subterrâneos e superficiais.

Além disso, o município de Bento Gonçalves conta com 43 cemitérios, sobre os quais não foram encontrados dados referentes a estudos de impacto ambiental ou licenciamento ambiental. Na cidade são encontrados 3 cemitérios públicos sem licença ambiental e um cemitério particular regular (Informação oral – Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves - Secretaria de Transportes).

Diante destas informações, vale lembrar a Resolução 368 do CONAMA, o Código Estadual do Meio Ambiente instituído pela Lei nº 11.520, a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde e o Decreto nº 42.047 referente à conservação e gerenciamento das águas subterrâneas no Estado do Rio Grande do Sul. Foram observadas outras variadas citações legislativas, que amparam a realização de estudos e pesquisa para a preservação e planejamento racional de uso dos recursos hídricos subterrâneos.

O Decreto Estadual nº 42.047 de 26 de dezembro de 2002 que regulamenta as disposições da lei nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994 diz no Art. 3º:

> Incluem-se no gerenciamento das águas subterrâneas as seguintes ações:
> I - Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e o planejamento do seu aproveitamento racional;
> II - Aplicação de medidas relativas à proteção e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.
> Parágrafo único - As interações com as águas superficiais, observadas no ciclo hidrológico, sempre serão consideradas na administração do aproveitamento das águas subterrâneas (DECRETO ESTADUAL 42.047 de 26/12/2002 – Art. 3).

O mesmo Decreto cita que os mananciais hídricos subterrâneos serão alvo de pesquisas e estudos permanentes para a otimização de seu uso e delega poderes ao Departamento de Recursos Hídricos – DRH da Secretaria do Meio Ambiente e à FEPAM para restringir o uso e captação destas águas. Além disso, permite a delimitação de áreas de proteção de aqüíferos por motivos ecológicos, geológicos e hidrogeológicos (Art. 27 a 31).

O aperfeiçoamento do método “GOD”, desta maneira, foi elaborado a fim de auxiliar as ações de planejamento, a partir da expansão do exame realizado por este tipo de estudo, que carece de maiores detalhes e observações sobre os tipos de cargas contaminantes e atividades desenvolvidas em áreas sobrejacentes a aqüíferos. Destaca-se, que em muitos casos, apenas a análise das características naturais dos aquíferos torna-se insuficiente diante a variedade e comportamento de efluentes gerados pelas atividades antrópicas.

A conjugação de dados referentes às características naturais intrínsecas aos aquíferos e dados referentes às classes de risco das cargas contaminantes potenciais geradas pelas atividades antrópicas, traz bases mais sólidas à fundamentação deste tipo de estudo de delimitação de zonas de vulnerabilidade, atendendo às singularidades da área examinada.

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 4 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 2).

Ativ. Potenc. Poluidoras: Classes de Risco	**Critérios**	**Classificação de Risco (final)**
Postos de Cobustíveis - Alto Mecânicas - Alto Indústrias - Peq./ Méd./ Alt. Cemitérios - Alto/Extr.	Tipo de efluente Extensão de contato com o solo Litologia da área	Baixo (Peq): 0,1 - 0,4 Médio: 0,4 - 0,7 Alto: 0,7 - 1,0

Quadro 2 - Classificação de atividades Potencialmente Poluidoras
Org: Silva, F.

As notas referentes ao tipo de atividade e tipo de efluente gerado (efluente) foram atribuídas conforme instituído na Lei n^{o} 10.165 de 27 de dezembro de 2000, que classifica as Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais como de baixo, médio e alto risco, pelo tamanho do empreendimento e

quantidade de materiais contaminantes potenciais utilizados, analisados os riscos oferecidos à saúde humana.

A nota referente a forma de distribuição espacial da carga contaminante foi atribuída seguindo as definições propostas por Foster et al. (2003, p. 68) sobre fontes de contaminação pontuais e difusas e suas capacidades de dispersão e contaminação de aquíferos.

Além destes dois critérios expostos pelos autores, optou-se por considerar também a forma de distribuição linear, forma semelhante a distribuição pontual que difere na forma de dispersão da carga contaminante em caso de contaminação, como em caso de vazamento de combustíveis em postos de serviço automotivo, onde é possível constatar a lâmina de contaminação no exame dos poços de monitoramento, de forma linear (nota do orientador, 2007).

A definição de notas, para a interpretação do critério litologia da área de estudos, foi realizada a partir das notas e significações organizadas por Foster e Hirata (1993), na concepção do método “GOD” e aprimoradas por Foster et al. (2003), que considerando a vulnerabilidade natural dos aqüíferos analisa as características naturais dos mesmos, dentre estes a litologia.

Assim como no método “GOD”, as notas atribuídas aos fatores do parâmetro atividades potencialmente poluidoras são multiplicados para a obtenção do valor final, que classificará a atividade avaliada entre as classes de risco baixo (0,1 – 0,4), risco médio (0,4 – 0,7) e alto risco (0,7 – 1,0).

Os atributos são analisados sob a mesma óptica das observações realizadas pelas metodologias de avaliação de impacto ambiental das matrizes de interação, que identificam e atribuem valores e magnitudes aos impactos observados, a fim de otimizar os resultados referentes à análise quantitativa dos mesmos, segundo as características dos impactos ambientais como extensão e magnitude.

Utilizaram-se também modelos de simulação, que realizam ensaios sobre o comportamento de parâmetros ambientais, a partir de modelos matemáticos ou inteligência artificial e mapas de superposição, que irão espacializar os resultados alcançados (Cunha e Guerra org., 2006; Rohde, 1988).

O exame dos fatores que estabelecem o novo parâmetro, necessita de informações que devem ser coletadas em trabalho de campo, para que haja a interpretação correta dos mesmos.

Definido o risco oferecido pelas atividades potencialmente poluidoras, foi gerado o cartograma de Classificação de Atividades de Risco Ambiental Potencial, que localiza as atividades e classifica as áreas de maior risco potencial a contaminação, conforme as cargas contaminantes geradas em superfície.

A etapa seguinte contou com o método de superposição de mapas, neste caso cruzando informações provenientes da espacialização dos dados de vulnerabilidade e atividades potencialmente poluidoras no programa Surfer 8.0, mais o mapa base do município.

A compilação de dados foi realizada no programa Spring 4.2 e gerou o mapa de Zonas de Atividades de Risco Ambiental Potencial (ZAR), que mostra, a partir da vulnerabilidade natural do aquífero junto às atividades desenvolvidas em superfície, quais as áreas onde os recursos hídricos subterrâneos sofrem maiores possibilidades de contaminação e de impactos.

A adaptação do método “GOD” revelou que o exame de susceptibilidade à contaminação, deixou de ser apenas de vulnerabilidade natural e passou a ser reconhecido como um ensaio de vulnerabilidade sócio-ambiental, já que, neste caso, o estudo conta não só com dados referentes às características naturais do aquífero, como também com dados referentes à intervenção antrópica.

Examinados estes fatores, optou-se por denominar a adaptação realizada de Estudo de Vulnerabilidade RAP – Estudo de Vulnerabilidade e Risco Ambiental Potencial de Aqüíferos, ou até pretensiosamente, de Metodologia RAP de estudo de águas subterrâneas, metodologia que avalia o risco ambiental potencial sofrido pelos aqüíferos a partir das atividades produtoras de cargas contaminantes potenciais desenvolvidas em superfície sobrejacente ao aquífero.

A geração do mapa temático ZAR orienta diretrizes de desenvolvimento, uso e ocupação do solo, conforme as características naturais do aquífero na área e das atividades que aí se desenvolvem, a fim de preservar as águas e características naturais do aquífero e também o bem estar social, ou seja, o equilíbrio sócio-ambiental.

O método reestruturado incorporou uma série de critérios básicos ao estudo de vulnerabilidade, mostrando a relação indissociável entre os aspectos físicos, socioeconômicos, naturais, temporais e dinâmicos estruturais dos dados, através de mecanismos de quantificação e significação para a obtenção de resultados sobre as tendências de impactos totais.

4. RESULTADOS

A partir dos dados observados nos cadastros do SIAGAS/CPRM e no trabalho de campo foi possível realizar o estudo de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves, a partir do método “GOD”, o estudo de vulnerabilidade RAP mostrando a adaptação proposta, e a confecção dos mapas referente aos mesmos.

Quanto ao tipo, o aqüífero analisado sob o município de Bento Gonçalves classifica-se como um aquífero fissural, uma vez que aí, a geologia predominante é de derrames vulcânicos que originam rochas ácidas e básicas na Formação Serra Geral e seus produtos de intemperismo (Radambrasil, 1986 e Carraro et al. 1974).

A análise dos perfis geológicos dos poços cadastrados revelou a predominância de basaltos, aparecendo também, arenitos intertrápicos e riolitos, portanto, materiais rochosos com distintas características hidráulicas intrínsecas, o que lhes confere diferentes graus de vulnerabilidade (Quadro 3).

Código do Poço	Litologia	Nota Final
4300009452	SG - solo + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0,55
4300009453	SG - solo + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0,55
4300017030	SG - solo arg + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0,55
4300006610	SG - Basalto	0,7
4300001733	SG - solo arg + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0,55
4300001734	SG - solo arg	0,4
4300001735	SG - solo arg + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0.55
4300001736	SG - Basalto	0,7
4300002044	SG - Solo arg + Bas.	(0,4 + 0,7) : 2 = 0,55
4300002047	SG - Basalto	0,7
4300002043	SG - solo arg + R. Intemp + Bas.	(0,4 + 0,4 + 0,7) : 3 = 0,75
4300002045	SG - R. crist. não ident. + Bas.	(0,7 + 0,7) : 2 = 0,7
4300002046	SG - R. intemp. e decomp. + R. crist + Bas.	(0,4 + 0,7 + 0,7) : 3 = 0,6
4300002048	SG - solo arg + Bas + aren. Interc. folhelho	(0,4 + 0,7 + 0,5) : 3 = 0,53

Quadro 3 - Exame detalhado de litologia presente nos perfis dos poços.
Org: Silva, F.
Fontes: SIAGAS – Serviço de Informação de Águas Subterrâneas (2007); Foster et al. (2003).

Por este motivo, no exame da litologia para a atribuição de nota, optou-se por destacar todas as litologias presentes em cada perfil até o encontro com o nível

estático, somando-se suas respectivas notas e dividindo pelo número de litologias que apareciam em cada perfil.

Após o exame dos dados dispostos sobre os poços cadastrados na área de estudos, definiu-se a vulnerabilidade das águas subterrâneas do SASG (Quadro 4).

Código do Poço	Coord. UTM		Grau de Conf.	G	Litologia	O	N.E.	D	Índice de Vulner.	Classe Vulner.
	Long. E	Lat. N								
4300009452	450507	6769969	Confinado	0,2	"SG"	0,55	83,34	0,6	0,07	Desp.
4300009453	450750	6788950	Confinado	0,2	"SG"	0,55	61,57	0,6	0,07	Desp.
4300017030	444437	6772333	Confinado	0,2	"SG"	0,55	34,15	0,7	0,07	Desp.
4300002046	451375	6772570	Livre	1	"SG"	0,6	0	0	0	Desp.
4300002048	458475	6772500	Livre	1	"SG"	0,53	0	0	0	Desp.
4300006610	446251	6771568	Confinado	0,2	"SG"	0,7	1,75	0,9	0,13	Ba.
4300001733	449850	6773175	Livre	1	"SG"	0,55	7,85	0,8	0,44	Méd.
4300001734	453300	6773200	Livre	1	"SG"	0,4	1,98	0,9	0,36	Méd.
4300001735	447600	6789775	Livre	1	"SG"	0.55	54,5	0,6	0,33	Méd.
4300001736	446975	6790050	Livre	1	"SG"	0,7	29,16	0,7	0,49	Méd.
4300002044	447410	6776515	Livre	1	"SG"	0,55	7,4	0,8	0,44	Méd.
4300002047	449950	6775575	Livre	1	"SG"	0,7	85,89	0,6	0,42	Méd.
4300002043	447500	6776450	Livre	1	"SG"	0,75	14	0,8	0,6	Alta
4300002045	450250	6775350	Livre	1	"SG"	0,7	18,3	0,8	0,56	Alta

Quadro 4 - Vulnerabilidade natural das águas subterrâneas segundo metodologia “GOD” - Bento Gonçalves-RS/2007.
Obs: SG – Formação Serra Geral (vulcânica); células destacadas ressaltando dados não cadastrados; Desp.: desprezível; Ba.: baixa; Méd.: média; Ext.: extrema.
Org: Silva, F.
Fonte: SIAGAS – Serviço de Informação de Águas Subterrâneas (2007).

Como se pode observar, a maior parte dos resultados mostra índices desprezíveis e médios de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, havendo ainda índices de vulnerabilidade alta, sendo o principal fator de susceptibilidade, o grau de confinamento das águas subterrâneas do aquífero (Figura 9).

O cartograma de ensaio de Vulnerabilidade mostra 14 poços espacializados, sendo que apenas 11 foram submetidos a metodologia de estudo, possuindo todos os dados necessários à avaliação cadastrados. Cabe destacar, que muitos poços tubulares não apresentavam tubo guia para medição de nível da água com medidor sonoro.

Três dos poços, espacializados sobre área de baixa susceptibilidade à contaminação, foram simulados sob critério de dedução de alguns dos dados necessários a partir de características intrínsecas ao comportamento do meio aquífero estudado, conforme já destacados no Quadro 4.

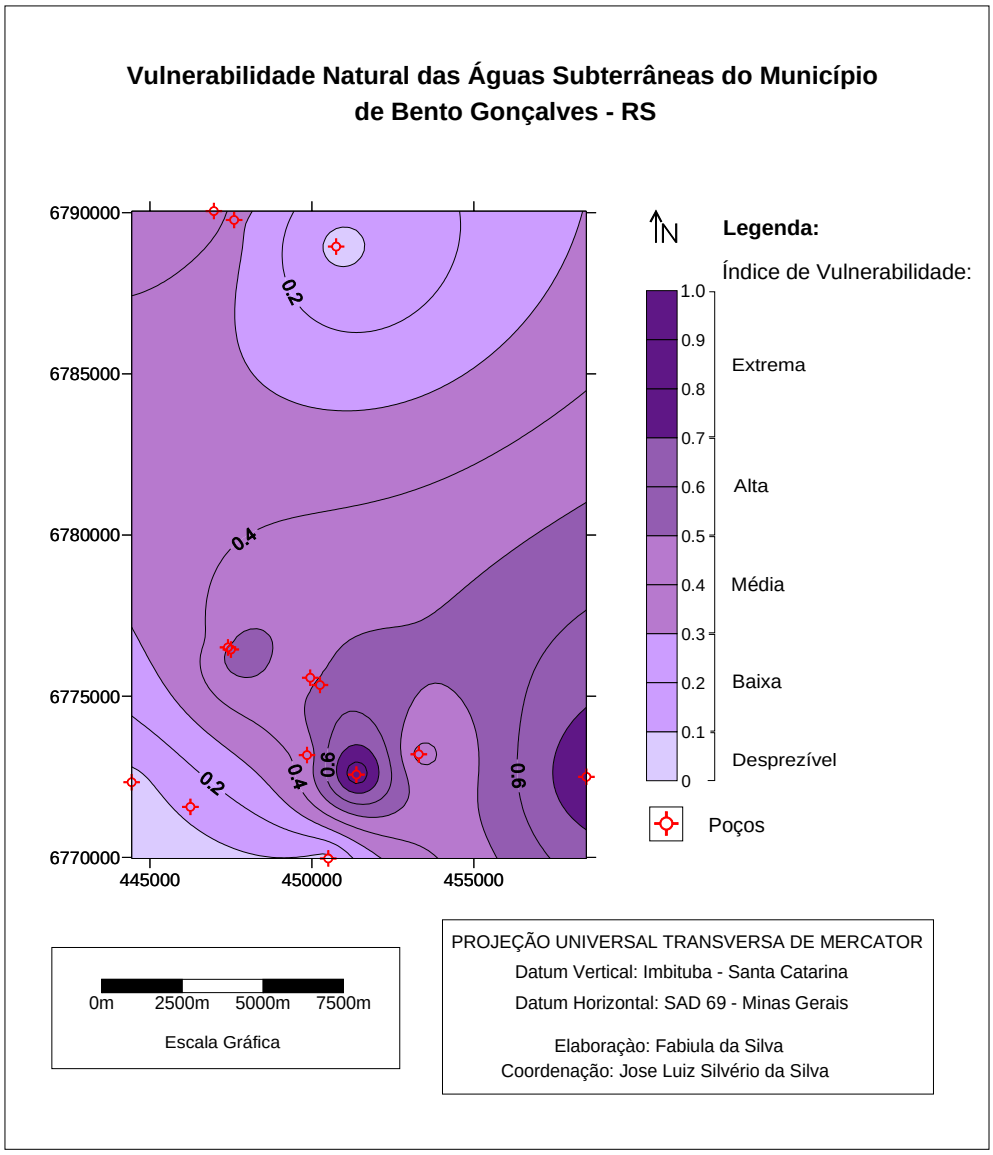

Figura 9 – Cartograma de espacialização de vulnerabilidade dos poços do município de Bento Gonçalves – RS.
Org: Silva, F.

Observando-se o mapa de vulnerabilidade é possível perceber que os índices de vulnerabilidade alta são espacializados nas áreas circundantes aos perfis que apresentaram as características de mesma vulnerabilidade, o que mostra as

generalizações e simplificações realizadas na avaliação de vulnerabilidade natural, a partir do método “GOD” (Figura 10).

Este zoneamento de vulnerabilidade generalizado ocorre devido as interpolações realizadas pelo modelo matemático utilizado pelo Surfer 8.0, no tratamento dos dados referentes à localização dos perfis observados, e seus respectivos índices de vulnerabilidade.

É possível notar que nas extremidades norte e sudoeste predomina a classe desprezível de vulnerabilidade. Cabe destacar que, nessas áreas, foram observados dois poços, sendo necessário então, para a obtenção de maiores níveis de detalhamento, o exame de outras áreas e de um número maior de poços de observação.

Nota-se uma tendência geral de aumento de vulnerabilidade no sentido de sudeste para oeste, concentrando-se os índices desprezíveis no distrito de São Pedro e na área central do município.

No aqüífero fissural, o movimento das águas ocorre por meio de fraturas podendo conectar diferentes aquíferos como o SASG e o Sistema Aquífero Guarani. A probabilidade de contato entre os eles é maior, quanto maior a disposição de arenitos entre os derrames vulcânicos do Planalto Sul-Rio-Grandense e quanto menor a espessura da capa de rochas vulcânicas. Esta pode apresentar profundidades que podem variar de 200 m no município de São Luis Gonzaga (Chaves, 2007) a 800 m, como observado no município de Nova Prata, chegando à profundidade de 1.930 m na região de Cuiabá Paulista no Estado de São Paulo (Borghetti et al. 2004).

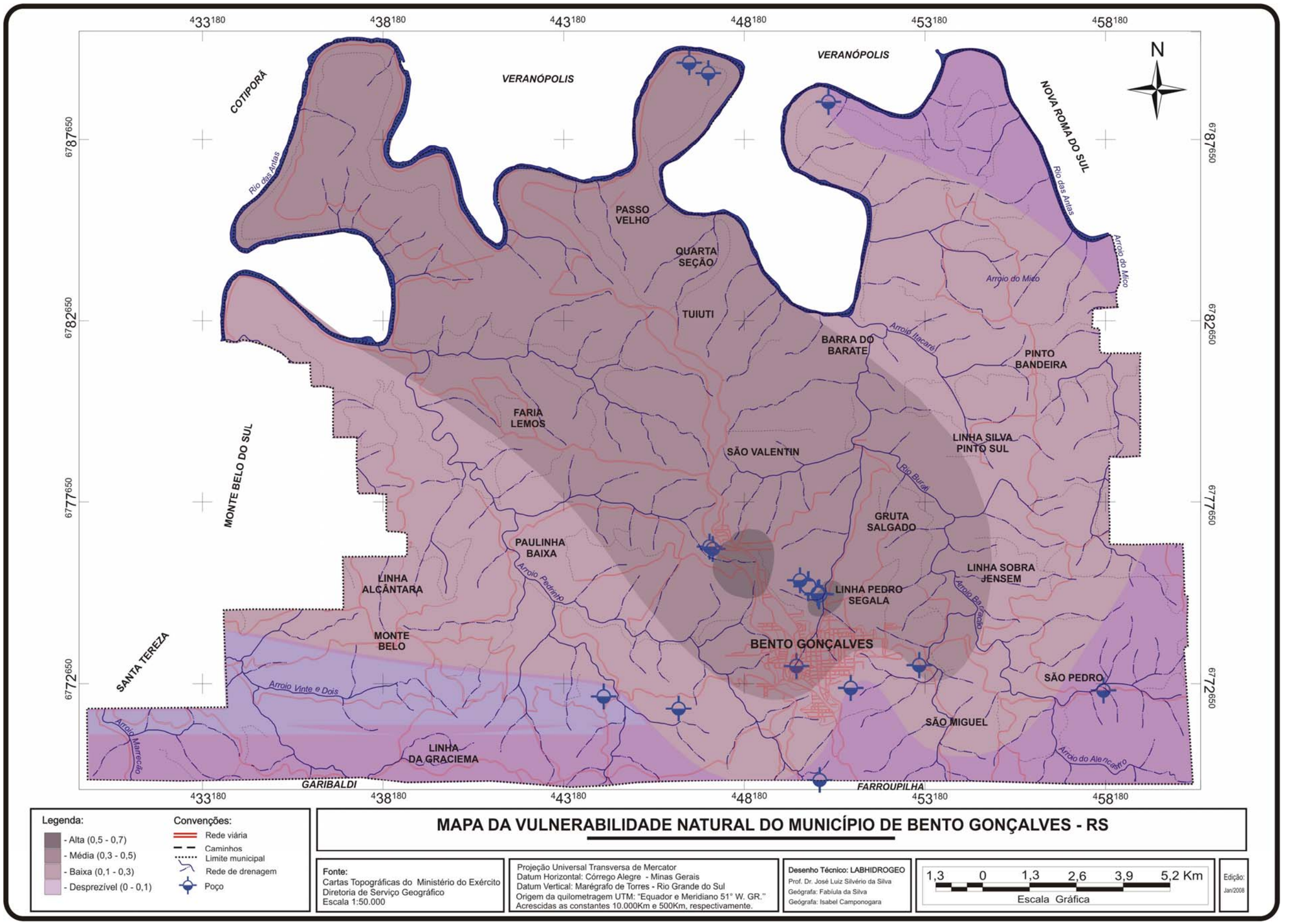

Figura 10 – Mapa de vulnerabilidade natural das águas subterr6aneas do município de Bento Gonçalves – RS.
Elaboração: Silva, F.; Camponogara, I., 2007.

Além destes fatores, é importante notar que dos poços avaliados no estudo de vulnerabilidade, onze são destinados ao uso urbano e doméstico (Anexo 1), fator que deve ser considerado nas ações de planejamento, para o uso racional e conservação dos mananciais hídricos subterrâneos, devido as possibilidades de alteração da qualidade da água e seus reflexos na saúde humana.

Devido aos diversos condicionantes citados, o estudo da provável direção de fluxo das águas subterrâneas faz-se importante na apreensão de conhecimentos sobre a possibilidade de contaminação das águas, a partir de um ponto potencial de contaminação e a difusão do material contaminante em meio aquífero. Desta maneira, pode-se averiguar o possível trajeto de cargas contaminantes em caso de derramamento ou contato destes com o nível hidrostático da água subterrânea.

Dos 18 poços cadastrados pelo SIAGAS no município, apenas 8 continham os dados necessários para a elaboração do estudo da superfície potenciométrica e do cartograma de espacialização, que necessita do nível de água. Os poços avaliados aparecem no Quadro 5, que mostra os códigos de identificação, coordenadas UTM e os valores referentes à superfície potenciométrica.

O estudo da superfície potenciométrica, que possibilita inferir a cota do nível da água, mostrou fluxos com direções preferenciais de sudeste para noroeste e leste para sudoeste variando entre 35 e 626 metros, indicando um desnível da superfície potenciométrica de 591 metros com tendência geral de deslocamento de Bento Gonçalves para Veranópolis (Figura 11).

Código do Poço	Coord. UTM		Superfície Potenciométrica (m)
	Long.E	Lat. N	
4300001733	447600	6789775	35,5
4300002043	447500	6776450	**626**
4300002045	450250	6775350	541,7
4300002046	451375	6772570	540
4300006610	446251	6771568	508,2
4300009452	450507	6769969	576,6
4300009453	450750	6788950	498,43
4300017030	444437	6772333	423,8

Quadro 5 - Superfície potenciométrica de poços do município de Bento Gonçalves.
Org: Silva, F.
Fonte: SIAGAS – Serviço de Informação de Águas Subterrâneas (2007).
Obs: Os valores referentes à superfície potenciométrica, são resultados do cálculo que subtrai o N.E.da altimetria do perfil observado.

O centro de difusão dos fluxos parte de 640 m de altitude, e superfície potenciométrica de 626 m, formando um alto potenciométrico.

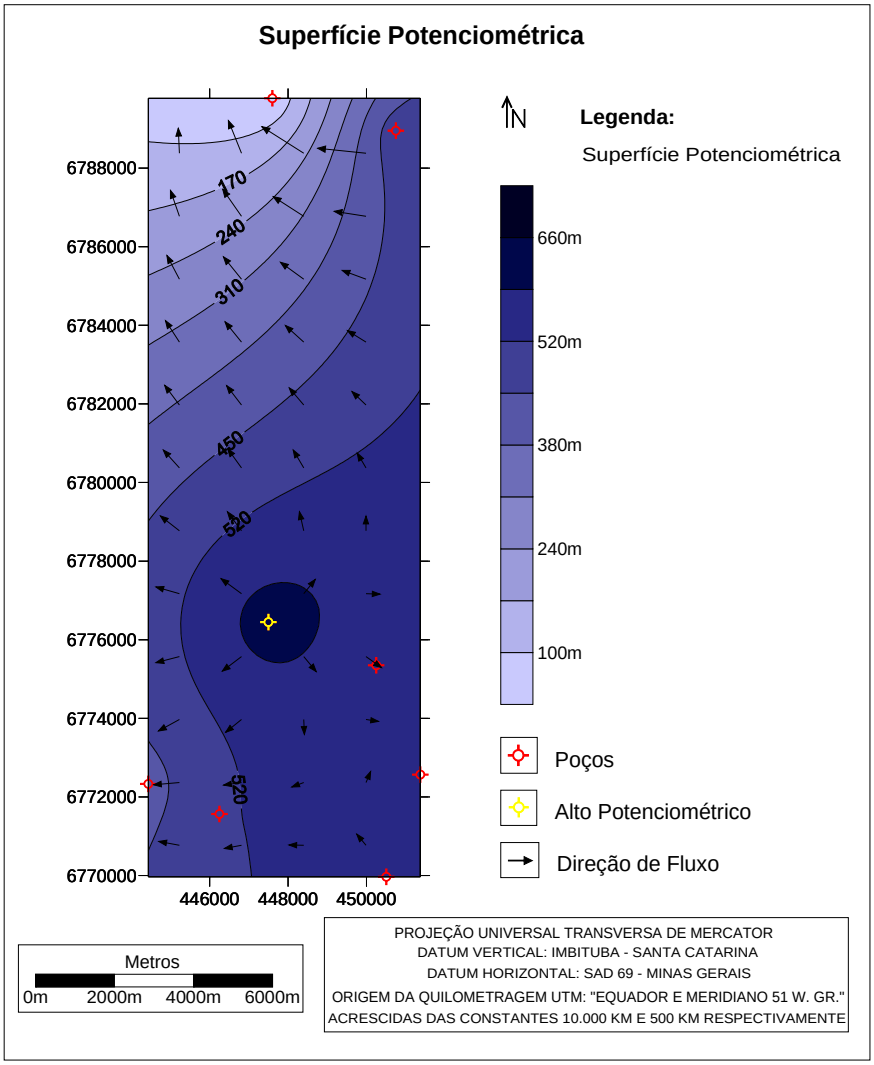

Figura 11 - Cartograma de espacialização da superfície potenciométrica das águas subterrâneas do município de Bento Gonçalves – RS.
Org: Silva, F

Os resultados obtidos sobre a vulnerabilidade natural e a superfície potenciométrica do SASG trazem para discussão, a importância das atividades socioeconômicas desenvolvidas em superfície sobrejacente às áreas de sistemas aqüíferos e sua susceptibilidade natural à contaminação, a partir dos resíduos produzidos por estas.

A partir da superfície um material contaminante pode percolar o subsolo e fraturas na rocha até alcançar o nível da água, que varia de acordo com a pressão exercida pela capa confinante, para depois alcançar o aquífero SASG II. Daí a importância da observação e cautela na localização de atividades potencialmente poluidoras sobre superfície e os estudos de uso e ocupação do solo.

Para o acompanhamento dos níveis de qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos sugere-se o monitoramento futuro dos aspectos físico-químicos e bacteriológicos das águas, além do planejamento adequado de uso dos mesmos, com a aplicação dos recursos legais para a orientação do uso racional e ainda a realização de fiscalização.

Para a segunda etapa da pesquisa, onde aconteceu o estudo de Zonas de Atividades de Risco Ambiental Potencial (ZAR's), foram cadastradas 22 fontes de cargas contaminantes potenciais que variam entre cemitérios, mecânicas, postos de combustíveis, indústrias metalúrgicas e de móveis (Anexo 2).

Durante o cadastro de atividades geradoras de cargas contaminantes potenciais não foi possível o acesso, em tempo hábil a entrega da pesquisa, a mecânicas para tomada de coordenadas, observação das condições de disposição das possíveis cargas contaminantes e da litologia no local. Esse fato fez com que neste primeiro cadastro realizado para a tentativa de adaptação e aprimoramento do método "GOD", apareçam 4 empreendimentos destinados ao comércio de combustíveis automotivos, 8 indústrias de móveis, 4 indústrias metalúrgicas, 4 cemitérios, 1 curtume e 1 uma indústria de utensílios para moveis que trabalha com cromados (Quadro 6).

Cadastro de Fontes Potenciais de Contaminação			
Atividade	**Localidade**	**Coord. E**	**Coord. N**
Comércio de Combustíveis	Barracão	453332	6773537
Indústria de Móveis	//	450269	6770427
Indústria de Móveis	Estrada Buarque Macedo	447161	6780531
Indústria de Móveis	RST 470- Km 69	448852	6773250
Indústria de Móveis	RST 470- Km 72	448191	6775812
Indústria de Móveis	Júlio Ghelen - 540	451415	6774836
Indústria de Móveis	Carlos Dreher Neto - 675	452015	6774627
Indústria Metalúrgica	Cavalheiro José Farina - 215	450696	6774181
Indústria Metalúrgica	Carlos Dreher Neto - 675	452072	6774950

Utensílios para móveis	Joana Guindane Tonelo	452188	6775972
Indústria Metalúrgica	Marechal de A. Castelo B.	451706	6773945
Comércio de Combustíveis	Guilherme Fasolo - 30	449142	6774284
Curtume	Guilherme Fasolo - 610	448973	6774754
Indústria Metalúrgica	Linha Leopoldina - Km 7	446750	6772269
Comércio de Combustíveis	Vale dos Vinhedos	449174	6770425
Indústria de Móveis	RST 470 - Km 64	449424	6770042
Indústria de Móveis	Linha São Valentin	448279	6780654
Comércio de Combustíveis	Estrada para Faria Lemos	442786	6779256
Público	São Roque	448440	6776547
Público	Santo Antão	450850	6770948
Público	//	450529	6774134
Privado	Santo Antão	451255	6769972

Quadro 6 - Cadastro preliminar de 22 fontes potenciais de contaminação do município de Bento Gonçalves – RS.
Org: Silva, F.
Fonte: Cadastro da Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves (2007).

A produção de efluentes contaminantes ocorre de forma distinta nessas atividades e oferecem riscos variados à saúde humana. As indústrias que produzem cargas contaminantes potenciais, com forma de distribuição pontual, ao tratarem com elementos químicos e efluentes tóxicos, que podem ser nocivos á saúde humana, tem de seguir uma série de exigências e regras no tratamento, disposição e transporte destas cargas. De acordo com a quantidade de materiais contaminantes utilizados pela indústria, esta pode ainda ter sua classe de risco aumentada.

O exame das características e parâmetros observados na metodologia RAP revelou que o risco potencial, oferecido pela maior parte dos empreendimentos observados é baixo (Figura 12). Contudo, os cemitérios e a empresa de curtume examinados, apresentaram classificação de alto risco, devido principalmente ao efluente contaminante potencial gerado (cemitério - necrochorume) e a extensão das áreas de atividade.

Cabe advertir que, no planejamento estratégico do município intitulado Bento 2027, são apontados problemas referentes à falta de consciência ambiental da população e ainda à poluição das águas no município.

Das atividades geradoras de cargas contaminantes observadas, 3 apresentaram índices de médio risco à contaminação do aquífero, 14 mostraram baixo risco e 5 mostraram índices de alto risco oferecido ao aquífero.

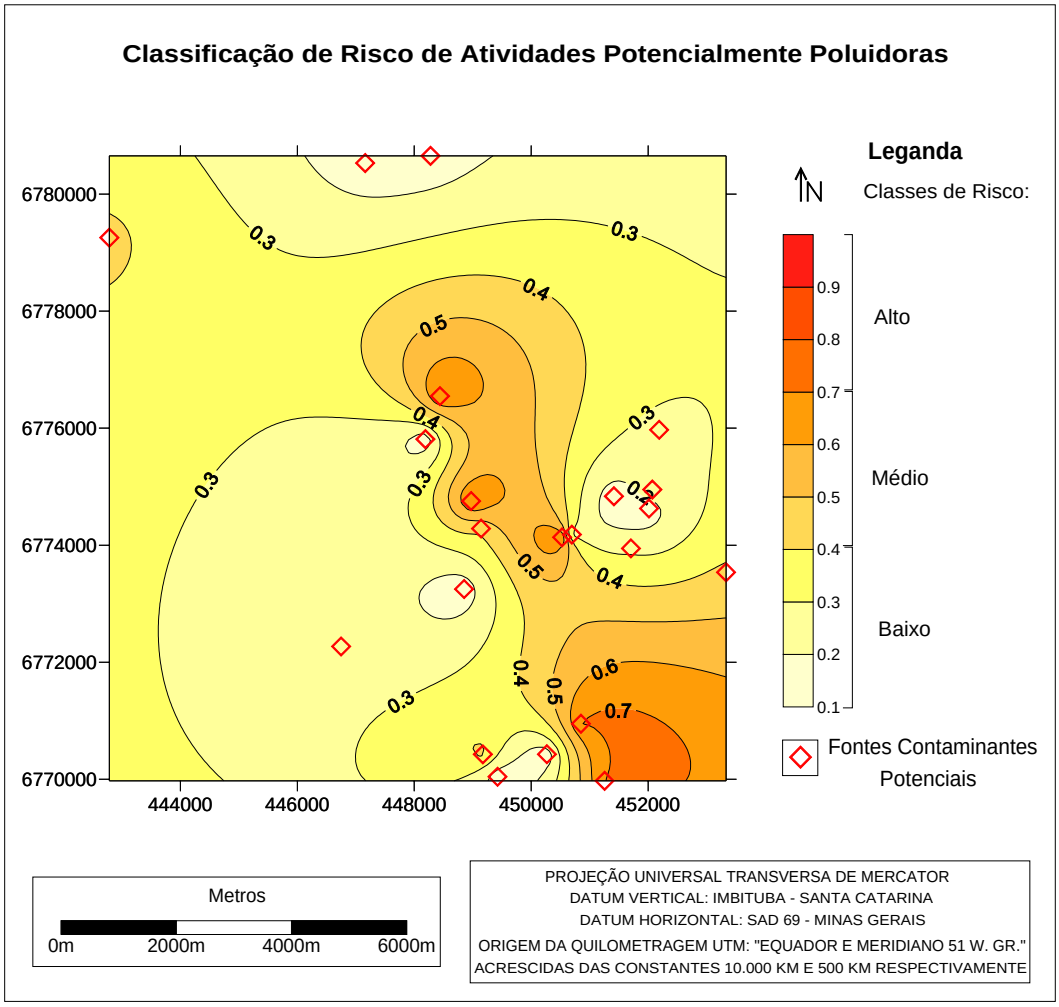

Figura 12 - Cartograma de espacialização de risco oferecido por atividades potencialmente poluidoras no município de Bento Gonçalves – RS.
Org: Silva, F.

Apesar de a Lei n^{o} 10.165 de 27 de dezembro de 2000 enquadrar a indústria metalúrgica na classe de alto risco, no exame realizado nesta pesquisa estes empreendimentos foram classificados como atividades de baixo risco devido, principalmente, a forma de disseminação espacial.

A forma de disseminação destes empreendimentos é pontual, ou seja, de melhor identificação em possíveis processos de contaminação tendo, por isso, recebido uma nota menor referente a este atributo.

A indústria de madeira, enquadrada na Lei como atividade de médio risco ao meio ambiente, também foi classificada como de baixo risco devido aos mesmos fatores.

Observa-se que os valores de alto risco, situam-se principalmente no setor sudeste coincidindo com a área urbana do município, onde concentram-se grande

parte dos empreendimentos geradores de cargas contaminantes, próximos aos distritos de São Miguel e São Pedro (Figura 13).

Os empreendimentos de comércio de combustíveis, classificados pela Lei como atividades de alto risco, ficaram classificados como atividades de médio risco à contaminação de aquíferos.

Mesmo com uma classificação distinta daquela mostrada pela Lei 10.165 de 27 de dezembro de 2000, o exame de atividades geradoras de cargas contaminantes potenciais para a avaliação do risco ambiental, oferecido às águas subterrâneas, revela que toda a atividade industrial produz algum tipo de material contaminante e que estes oferecem riscos variados ao meio ambiente e à saúde humana.

É necessário destacar, entretanto, que a classificação aqui proposta não trata apenas da atividade potencialmente poluidora e da forma que ela apropria-se dos recursos naturais. Esta classificação releva a intervenção desta carga no aqüífero, o potencial desta atividade e dos efluentes produzidos em impactar a dinâmica natural das águas subterrâneas, a partir da forma que se dispersa e da litologia do aqüífero.

Estes resultados podem ser revistos e aprimorados na medida em que o método RAP seja revisado e apurado em suas bases teóricas de avaliação, podendo assim, revelar características menos generalizadas e mais representativas da conjuntura do fenômeno estudado.

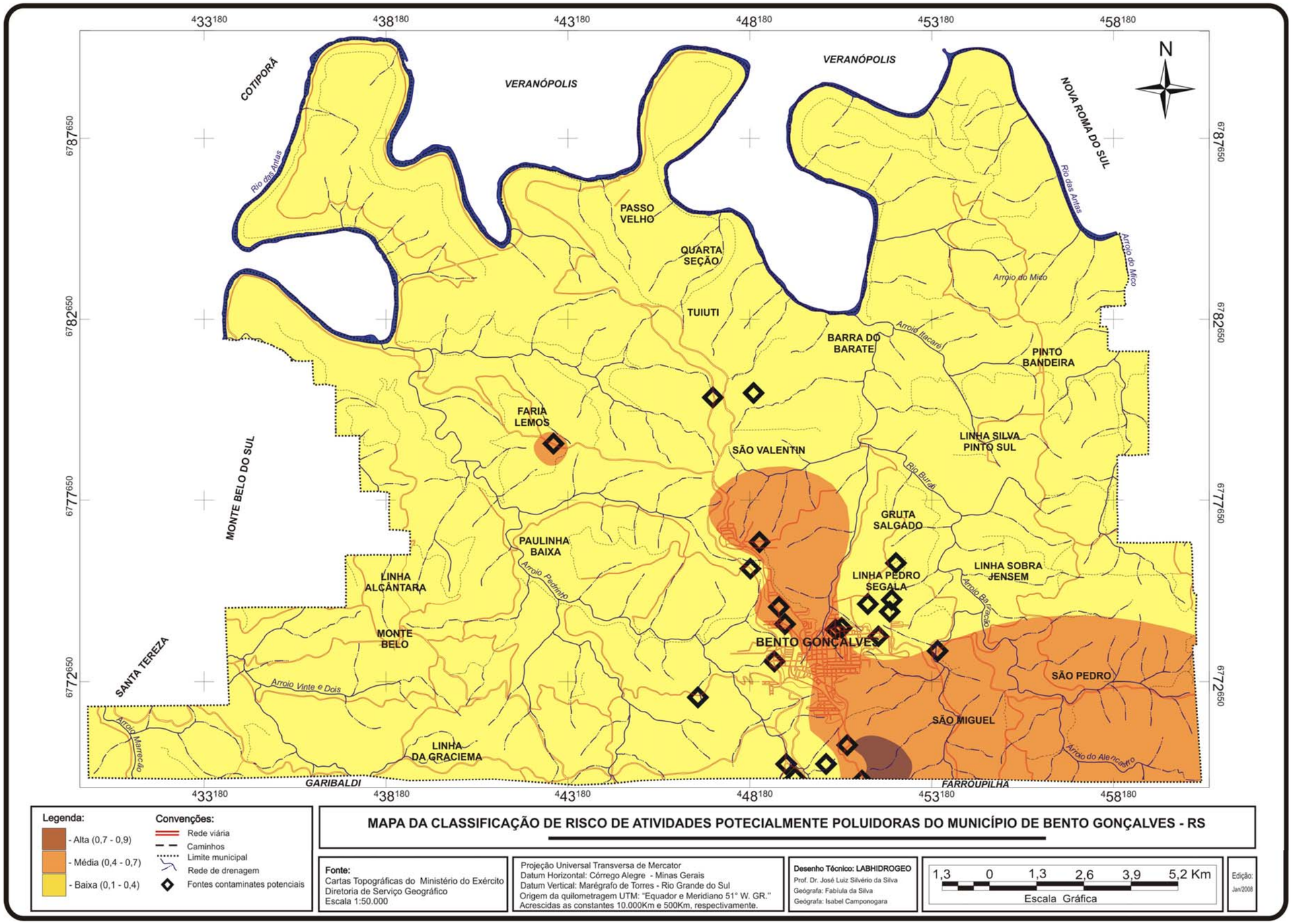

Figura 13 – Mapa de Zonas de Atividades de Risco Ambiental Potencial de Bento Gonçalves – RS.
Elaboração: Silva, F.; Camponogara, I., 2007.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de contribuir com a preservação e o gerenciamento ambiental do Sistema Aqüífero Serra Geral/SASG II o presente estudo empreendeu ilustrar o conhecimento atual sobre a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do meio aqüífero no município de Bento Gonçalves – RS, recomendando a realização de monitoramentos.

Os resultados obtidos podem cooperar na orientação e embasamento de programas de educação ambiental, de licenciamento para áreas de deposição de resíduos sólidos provenientes de atividades industriais e aterros sanitários, localização de atividades geradoras de cargas contaminantes potenciais.

Os estudos de vulnerabilidade são de fundamental importância na elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), em Avaliações de Impacto Ambiental (AIA), em Zoneamentos Ecológicos Econômicos (ZEE) entre diversos outros ecoplanos e programas de gestão ambiental (Cabo et al, 1997 apud Mauro, 1997).

Exposta a relevância do estudo realizado, certifica-se que sua realização revelou uma estrutura vulnerável à contaminação no município de Bento Gonçalves, fator que se evidenciou devido, principalmente, ao grau de confinamento dos aqüíferos (maior parte livres) e devido a existência de locais com ocorrência de rochas intemperizadas, formando Neossolos Litólicos, os quais podem formar aqüíferos livres funcionando como materiais porosos permeáveis.

Assim, nestes locais, a condutividade hidráulica é mais elevada do que num aqüífero cristalino fissural, elevando os riscos de contaminação nestas áreas.

O Mapa ZAR por sua vez, a partir da conjugação das características naturais das águas subterrâneas na região e das atividades geradoras de cargas contaminantes, revelou índices de baixo a alto risco de contaminação, destacando áreas que merecem atenção especial no planejamento de uso do solo.

O reconhecimento de atividades potencialmente poluidoras é importante para a conscientização de empresários, agricultores e da sociedade, para que construam bases sólidas na conscientização sobre a preservação/conservação do meio ambiente.

É Importante destacar que o mapa ZAR, elaborado a partir da aplicação do estudo de vulnerabilidade RAP, ainda será aprimorado, uma vez que este estudo constitui uma primeira análise e proposição de adaptação do método “GOD”.

Para a obtenção do resultado final da aplicação da metodologia RAP será necessário ainda, interpolar ambos os mapas elaborados, ou seja, sobrepor o planos de informações das zonas de atividade de risco ao mapa de vulnerabilidade. A conexão destes bancos de dados mostrará quais as zonas com maiores possibilidades de impacto às águas subterrâneas, a partir das características naturais do meio aqüífero e das atividades antrópicas desenvolvidas em superfície.

Devido a indisponibilidade de tempo até o momento de entrega desta pesquisa, esta compilação de dados não foi terminada, o que pretende-se realizar com o prosseguimento das análises e estudos referentes a metodologia adaptada.

Para que se torne possível a mostra destas zonas de maior risco de impacto optou-se por anexar a este trabalho uma versão do mapa ZAR, impresso em marca d’água e folha de poliéster, para que então, sobreposto ao mapa de vulnerabilidade, revele as áreas de maior risco de contaminação do aquífero a partir dos parâmetros citados, alcançando assim o objetivo do estudo de vulnerabilidade RAP.

Os estudos de vulnerabilidade elaborados por geógrafos, não devem ser apenas materiais e documentos técnicos para a indicação das tendências de modificação ou manutenção do espaço, mas sim meios de entender como ocorrem e podem se dar estas modificações na dialética sócio-espacial.

Os estudos ambientais necessitam, num contexto de complexidades entre sociedade, meio ambiente, economia, política e desenvolvimento, revelar as condições atuais dos meios físico e sócio-econômico, a fim de instigar propostas, programas e projetos para a articulação e distribuição eqüitativa do produto social sem qualquer tipo de exclusão.

Os diagnósticos e laudos ambientais não devem ser utilizados no planejamento, como instrumento de regulação para as intervenções do Estado e do Capital na exploração do espaço e de seus recursos naturais, conforme a dinâmicas e especulações das leis de mercado (Cabo *et al. In:* Mauro, 1997).

Para o alcance de seus objetivos primordiais, os estudos ambientais necessitam enquadrar-se em reflexões que vejam o planejamento em todos os seus âmbitos, como meio de otimizar o produto natural, racionalizando sua demanda e uso.

Sob esta óptica, o desenvolvimento que o Planejamento Ambiental objetiva também deve ser reformulado configurando os princípios da sustentabilidade, que visa atender às necessidades humanas através de técnicas adequadas e suportáveis para o meio natural, a fim de otimizar seu produto conservando suas características para gerações atuais e futuras.

Nesta razão, o uso e conservação do capital natural sob a óptica de um sistema de informações e reflexões, que enxerguem a realidade diante ao sistema econômico capitalista e suas estratégias, pode obter dos recursos naturais, os bens necessários para seu desenvolvimento e o atendimento das necessidades humanas, sem extingui-los.

O término desta pesquisa resulta no macro-zoneamento de vulnerabilidade do município, para o auxílio no planejamento de reestruturações na localização de atividades, que podem apresentar riscos ao aqüífero na área de estudos.

Ressalta-se, que os estudos e mapas de vulnerabilidade, por não tratarem diretamente com as características químicas da água e de materiais contaminantes, devem ser utilizados como instrumentos prévios e orientativos na tomada de decisões diante a problemas ambientais, com os recurso hídricos subterrâneos.

A caracterização do aqüífero tem de ser observada sob enfoque de conjunto, a fim de proporcionar uma óptica integrada de características socioeconômicas e sócio-ambientais, logo geográficas, verdadeiro objetivo dos estudos de vulnerabilidade, que buscam respostas e dinâmicas adequadas às distintas complexidades dos fenômenos estudados.

Os recursos hídricos subterrâneos e superficiais necessitam da fiscalização efetiva por parte dos órgãos competentes, a fim de que seja aplicada a legislação ambiental e de que sejam cumpridas as funções legais na gestão dos recursos naturais.

Conclui-se, destacando que o método aplicado, apesar de ainda estar em vias de estudo e refinamento, apresentando certas limitações, serve de orientação para o planejamento de uso e ocupação do solo e ainda, como meio de apoio às ações do Plano Diretor do Município de Bento Gonçalves.

O banco de dados, confeccionado a partir de dados da localização de poços tubulares e uma amostra das atividades geradoras de cargas contaminantes potenciais, servirá de subsídio à Prefeitura do município como base de orientação e

manutenção de um cadastro atualizado, conforme prescreve a Lei 11.520/2000 discutida em contexto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – ABAS. Disponível em: http://www.abas.org.br . Acesso em: dez 2006.

BATALHA, B. L. **Glossário de Engenharia ambiental.** Brasília: D.N.P.M, 1986.

BEZZI, M. L.; MARAFON, G. J. **Historiografia da Ciência Geográfica.** Santa Maria: UFSM, 2003.

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

BRAGA, R. **Planejamento urbano e recursos hídricos.** Rio Claro : Laboratório de planejamento Municipal – IGCE – UNESP. 2003. p. 113 – 127.

BRANCO, S. M. **Água:** origem, uso e preservação. 8. Ed. São Paulo: Moderna, 1993.

BRASIL. **Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos... Poder Executivo. Brasília, DF: janeiro de 1997.

CABO, A. R. et al. Laudos e perícias em depredações ambientais. In: MAURO, C. A. (Coord.). **Laudos periciais em depredações ambientais.** Rio Claro: Laboratório de planejamento regional, DPR,IGCE, UNESP, 1997. p. 15 – 26.

CAMPONOGARA, I. **Vulnerabilidade natural do Sistema Aqüífero Guarani em Santana do Livramento - RS, com o uso de geotécnologias.** Santa Maria/RS. 2006. 110f. Dissertação de Mestrado (Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

CARRARO, C. C. et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul** (Escala 1: 1000000). Porto Alegre: Instituto de Geociências UFRGS, 1974.

CAVALCANTE, I. N. Atividades impactantes em áreas de explotação de águas subterrâneas. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E

IV SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE. **Anais**... Olinda: Abas. 14-17/10,2001. p.67

CEDERSTROM, D. J. **Água Subterrânea, Uma Introdução.** Centro de publicações técnicas aliança, Missão Norte-Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil - USAID: Rio de Janeiro, 1964.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. SIAGAS. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/siagas. Acesso em: jan 2007.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1: 750.000, maio de 2006, relatório e mapa. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/siagas. Acesso em: jan 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução n. 335 de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2003.

_____. Resolução nº 357 de 13 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água... Substitui a Resolução CONAMA n° 20 de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2005.

_____. Resolução n. 368 de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2006.

_____. Resolução n. 335 de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Resolução n. 16 de 8 de maio de 2001. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, poder executivo, Brasília, DF, 2001. 03p.

CORSEUIL, H. X.; SCHNEIDER, M. R. **Vazamento de combustíveis em postos de serviços automotivos: impactos no solo e na água subterrânea**. In: Solos e ambiente: II fórum – os solos e as cidades. DALMOLIM, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A. Santa Maria: Orium, 2006. p. 81 – 100

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. (Coord) – **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, 1997. p 110 – 142

FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. **Contaminación de las águas subterráneas.** Organização Mundial de la Salud. Organização Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingenieria Sanitária y Ciências Del Ambiente. Lima, Peru, 1987.

_____. **Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim n.º 10).

FOSTER, S. S. D. et al. **Groundwater impacts and issues in developing cities – an introductory review**. I Proceedings of the IHA XXVII Congress "Groundwater in the urban environment, 1999, (Vol. 21, pp. 3 – 18.).

FOSTER, et al. **Protección de la calidad Del Agua Subterránea**: guia para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Madri: Ediciones Mundi - Prensa, 2003.

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

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul – RS. **Acta Geológica Leopoldensia (Série Mapas, escala 1:50.000)**, n. 2, p. 1-127, 1995.

_____. Comportamento do Freático nas Áreas Basálticas do Rio Grande do Sul. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 18 a 20, p. 177-214, 1996.

HEATH, R, C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**, Denver: 1983. 86 p. USGS Paper nº20. Wrege, M. e Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W. et al (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE – Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 mai. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE – RADAMBRASIL, **Levantamento de Recursos Naturais.** 1986.

LABORATÓRIO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – LECT. Disponível em: http://lect.futuro.usp.br/site/ecologia/quadroteorico/c_oxigenio.htm. Acesso em: 13 jul. 2006.

LEAL, A. S. **As águas Subterrâneas no Brasil:** ocorrências, disponibilidade e usos. Ministério de minas e Energia, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Departamento de Hidrologia.Rio de Janeiro, 1999.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul.** 2005. 237f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto alegre, 2005.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul:** relatório final. Porto alegre: CPRM, 2005.

MANOEL FILHO, J. Contaminação da água subterrânea. In: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. **Hidrologia:** conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, UFPE, 1997, p. 109-114.

MEAULO, F. J. **Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP).** 2004. 108f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n. 518, de 25 de março de 2004**. Atualiza as disposições da Portaria n° 1469 de 29 de dezembro de 2000. Brasília, 2004.

MOOK, W. G., Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico: Princípios y aplicaciones. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de Espana. Séries y Manuales N°1. IGME. Madrid 2002, 596 p.

PACHECO, A. Os Cemitérios e o Ambiente. **Revista Mensal do CREA/ RS**, n. 24, p. 30, 2006.

REBOUÇAS, A. da. C. et al**. Águas Doces no Brasil**. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados da USP. 1999.

REISDÖRFER, A. F. Cemitérios e meio ambiente: um risco em potencial. **Revista Mensal do CREA/ RS**, n. 25, p. 12, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição (1989). Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1989. 133 p.

_____. **Lei n. 7.877 de 28 de dezembro de 1983**. Dispõe sobre o transporte de cargas perigosas no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, 1983. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/lei_7877.htm Acesso em: 15 out. 2007.

_____. **Lei n. 10.350 de 30 de dezembro de 1994**. Política Estadual dos Recursos Hídricos. 1994. 30 p.

_____. Lei n. 11.520 de 03 de agosto de 2000. **Código Estadual do Meio Ambiente**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. 2000.

_____. **Decreto n. 42.047 de 26 de dezembro de 2002**. Regulamenta disposições da Lei n. 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aqüíferos no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dezembro 2002.

ROHDE, G. M. **Boletim técnico:** estudos de impacto ambiental. Porto Alegre: CIENTEC, 1988. p. 09 - 15

RUSSO, I. L.; R.B. BRESCANSIN. Laudos periciais em áreas de disposição de resíduos sólidos e lançamento de efluentes. In: MAURO, C. A. (Coord.). **Laudos periciais em depredações ambientais.** Rio Claro: Laboratório de planejamento regioanl, DPR,IGCE, UNESP, 1997. p. 87 – 108

SEMA. SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recursos hídricos.** Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br Acesso em: 03 out 2007.

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 Aqüífero Guarani na Cidade de Quaraí – RS. In: XXV ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA. Passo Fundo. **Anais**...Passo Fundo: UPF, 2005. v. 1, p. 1-10.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L., MAZIERO, L., DOS SANTOS, E. F. Impactos da atividade humana sobre o solo – aqüíferos In: SOLOS E AMBIENTE: I FORUM, 2004, Santa Maria. **Fórum....** Santa Maria: Departamento de solos, UFSM, Ed. Pallotti, 2004, p. 145 – 167.

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

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. 2005.

SURFER 8. **Contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers.** User's Guide. Golden Software Inc. 2004. Versão 8. Colorado - U.S.A.

TODD, D. K. **Hidrologia de águas subterrâneas.** São Paulo: Edgard Blücher, 1959.

ZIMBRES, E. (2003). Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br>. Acesso em: 22 jul. 2007.

ANEXOS

Anexo 1 – Banco de Dados sobre os poços cadastrados na área de estudo

Código do Poço	Sigla do Poço	Tipo de Poço	Situação do Poço	Diâm. Do Poço (pol.)	LOCALIZAÇÃO			
					Localidade	Proprietário	Coord. UTM	
							Long. E	Lat. N
4300001733	G.134-BG.1	T	Equipado	8	Cantina Dreher		449850	6773175
4300001734	G.1228-BG.2	T	Equipado	8	Barracão	Corsan BG	453300	6773200
4300001735	G.282-EP.1	T	Equipado	8	Esplanada TPS-PT	Min. Exército	447600	6789775
4300001736	G.346-EP.2	T	Equipado	8	Esplanada Juncao	Min. Exército	446975	6790050
4300002043	G.263-SR.01	T	Equipado	7 5/8	São Roque	Min. Exército	447500	6776450
4300002044	G.272-SR.02	T	Equipado	8	São Roque	Min. Exército	447410	6776515
4300002045	G.2192-BG.5	T	Equipado	8	Loteam. Bairro Zatti	Corsan BG	450250	6775350
4300002046	G.2193-BG.6	T	Equipado	8	Próx. Nasc. Arroio Pe.	Corsan BG	451375	6772570
4300002047	G.2388-BG.11	T	Equipado	8	Loteam. Bairro Zatti	Corsan BG	449950	6775575
4300002048	G.1267-SPE.1	T	Equipado	6	São Pedro	Corsan BG	458475	6772500
4300006607	IH983	T	Bombeando	6	Lin. lcântara-Dist. Faria Lemos	Pref. Munic.BG	438923	6781676
4300006608	IH984	T	Bombeando	6	Linha J Júlio-Dist. Faria Lemos	Pref. Munic.BG	436204	6782544
4300006609	IH985	T	Bombeando		Linha 40-Leopoldina	Pref. Munic.BG	443199	6772281
4300006610	IH986	T	Bombeando	6	Cap.Ns. Sr. Das Neves- l 6-Leop.	Pref. Munic.BG	446251	6771568
4300006618	IH982	T	Equipado	10	Linha Jansen-32	Assoc.Ns. Sra. Misericór.	457925	6776775
4300009452	5924-0500/02-4	T	Bombeando	6		Todeschini IND. E COM.	450507	6769969
4300009453	1460-0500/02-0	T	Bombeando	8	Pinto bandeira	Fund. Pro-Ambiente. BG	450750	6788950
4300017030	6403-0500/06-7	T		8	Linha Leopoldina – Km 6	Newsul Bem.Comp. AS	444437	6772333

Banco de dados referente aos poços cadastrados no município de Bento Gonçalves
Org: Silva, Fabíula.
Fonte: SIAGAS – Serviço de Informação de Águas Subterrâneas (2007).

Altitude (m)	Uso	Prof. (m)	ND (m)	Ano de construção	Empresa Construtora	Tipo Aqüíf.	G	Litologia	O	NE (m)	D	Ind. Vulner.	Classe Vulner.
	Doméstico	65	46		SOP	Livre	1	SG	0,7	7,85	0,8	0,56	Alta
	Urbano	66	11,3	1985	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	1,98	0,9	0,63	Alta
90	Doméstico	112	56	1965	SOP	Livre	1	SG	0,7	54,5	0,6	0,42	Média
	Doméstico	69	30,68	1967	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	29,16	0,7	0,49	Média
640	Doméstico	93	39	1964	SOP	Livre	1	SG	0,7	14	0,8	0,56	Alta
	Doméstico	36	15,2	1964	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	7,4	0,8	0,56	Alta
560	Urbano	132	70,5	1993	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	18,3	0,8	0,56	Alta
540	Urbano	100	87,53	1993	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	//	1	0,7	Alta
	Urbano	150	106	1996	CORSAN	Livre	1	SG	0,7	85,89	0,6	0,42	Média
	Urbano	102		1986	CORSAN	Livre	1	SG		//			
80	Doméstico	64		1992	PAP-SOPSH	Confinado	0,2	SG					
91	Doméstico	90		1964	3°Batalhão ferrov-BF	Confinado	0,2	SG					
478	Doméstico	I.											
510	Doméstico	90	10	1991	PAP-SOPSH	Confinado	0,2	SG	0,7	1,75	0,9	0,126	Baixa
591	Doméstico	120		2001	CORSAN	Confinado	0,2	SG	0,7				
660	Industrial	180	168	2001	HIDROGEO		0,2	SG	0,7	83,34	0,6	0,084	Desprez
560	Industrial	106	71,3	1997			0,2	SG	0,7	61,57	0,6	0,084	Desprez
458	Industrial	120	45,9	2005	HIDROPEL		0,2	SG	0,7	34,15	0,7	0,098	Desprez

Banco de dados referente aos poços cadastrados no município de Bento Gonçalves
Obs: SG – Formação Serra Geral (vulcânica)
Org: Silva, Fabíula
Fonte: SIAGAS – Serviço de Informação de Águas Subterrâneas (2007).

Anexo 2 – Cadastro de fontes potenciais de contaminação e Avaliação de Risco ambiental potencial

Cadastro de Fontes Potenciais de Contaminação													
Empresa	**Atividade**	**Localidade**	**Coord. E**	**Coord. N**	**Alt (m)**	**Litologia**	**Nota**	**Tipo de Efluetnte**	**Nota**	**Extensão**	**Nota**	**Nota Final**	**Clssificacão de Risco**
ALV Abastecedora	Comércio de Combustíveis	Barracão	453332	6773537	460	SG	0,7	Gasolina, óleo, disel	1	Linear	0,6	0,42	Médio
M. Todeschini Cia LTDA	Indústria de Móveis	//	450269	6770427	590	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Artesano Móveis e Decor.	Indústria de Móveis	Estrada Buarque Macedo	447161	6780531	623	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Bertolini	Indústria de Móveis	RST 470- Km 69	448852	6773250	611	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Dell Anno Móveis LTDA	Indústria de Móveis	RST 470- Km 72	448191	6775812	663	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Estofados Pertuti LTDA	Indústria de Móveis	Júlio Ghelen - 540	451415	6774836	665	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Móveis Manfrói LTDA	Indústria de Móveis	Carlos Dreher Neto - 675	452015	6774627	616	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Farina S/A Fundição Metalúrgica	Indústria Metalúrgica	Cavalheiro José Farina - 215	450696	6774181	670	SG	0,7	Tratam. de ferro e aço	1	Pontual	0,4	0,28	Baixo
Metalúrgica Bertolini	Indústria Metalúrgica	Carlos Dreher Neto - 675	452072	6774950	632	SG	0,7	Tratam. de ferro e aço	1	Pontual	0,4	0,28	Baixo
Obispa - Cromagem	Utensílios para móveis	Joana Guindane Tonelo	452188	6775972	650	SG	0,7	Tratam. de ferro e aço	1	Pontual	0,4	0,28	Baixo
Meber		Marechal de A. Castelo B.	451706	6773945	632	SG	0,7	Tratam. de ferro e aço	1	Pontual	0,4	0,28	Baixo
Abasteciemtno Combustíveis Bento	Comércio de Combustíveis	Guilherme Fasolo - 30	449142	6774284	656	SG	0,7	Gasolina, óleo, disel	1	Linear	0,6	0,42	Médio
Guifasa	Curtume	Guilherme Fasolo - 610	448973	6774754	626	SG	0,7	Tratam. couros e peles	1	Pontual - Esp.	1	0,70	Alto
Metalúrgica Cafundó	Indústria Metalúrgica	Linha Leopoldina - Km 7	446750	6772269	563	SG	0,7	Tratam. de ferro e aço	1	Pontual	0,4	0,28	Baixo
Posto Ditrento	Comércio de Combustíveis	Vale dos Vinhedos	449174	6770425	517	SG	0,7	Gasolina, óleo, disel	1	Linear	0,6	0,42	Baixo
SCA Indust. de Móveis LTDA.	Indústria de Móveis	RST 470 - Km 64	449424	6770042	550	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Cenzi Indústria de Móveis	Indústria de Móveis	Linha São Valentin	448279	6780654	611	SG	0,7	Madeira, tintas, solv.	0,5	Pontual	0,4	0,14	Baixo
Combustíveis Faria Lemos	Comércio de Combustíveis	Estrada para Faria Lemos	442786	6779256	537	SG	0,7	Gasolina, óleo, disel	1	Linear	0,6	0,42	Médio
Cemitério 1 - São Roque	Público	São Roque	448440	6776547	670	SG	0,7	Necrochorume	1	Pontual - Esp.	1	0,70	Alto
Cemitério 2 - Municipal	Público	Santo Antão	450850	6770948	668	SG	0,7	Necrochorume	1	Pontual - Esp.	1	0,70	Alto
Cemitério 3 - Municipal	Público	//	450529	6774134	631	SG	0,7	Necrochorume	1	Pontual - Esp.	1	0,70	Alto
Cemitério 4 - Jardin do Vale	Privado	Santo Antão	451255	6769972	695	SG	0,7	Necrochorume	1	Pontual - Esp.	1	0,70	Alto

Cadastro de fontes potenciais de contaminação e avaliação de risco ambiental potencial.
Obs: Pontual – Esp.: Pontual e espacial (influência em área ampla).
Org: Silva, F. 2007.

Anexo 3 – Mapa de Zonas de Atividades de Risco Ambiental Potencial – ZAR, para sobreposição.