

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO
MUNICÍPIO DE NOVA PALMA, RS.**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO II

Carlos Alberto Löbler

**Santa Maria, RS, Brasil
2013.**

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO
DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE NOVA
PALMA, RS.**

Carlos Alberto Löbler

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Geografia Bacharelado da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para
obtenção do grau de **Bacharel em Geografia.**

Orientador: Professor José Luiz Silvério da Silva

Santa Maria, RS, Brasil
2013.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Departamento de Geociências
Curso de Geografia Bacharelado**

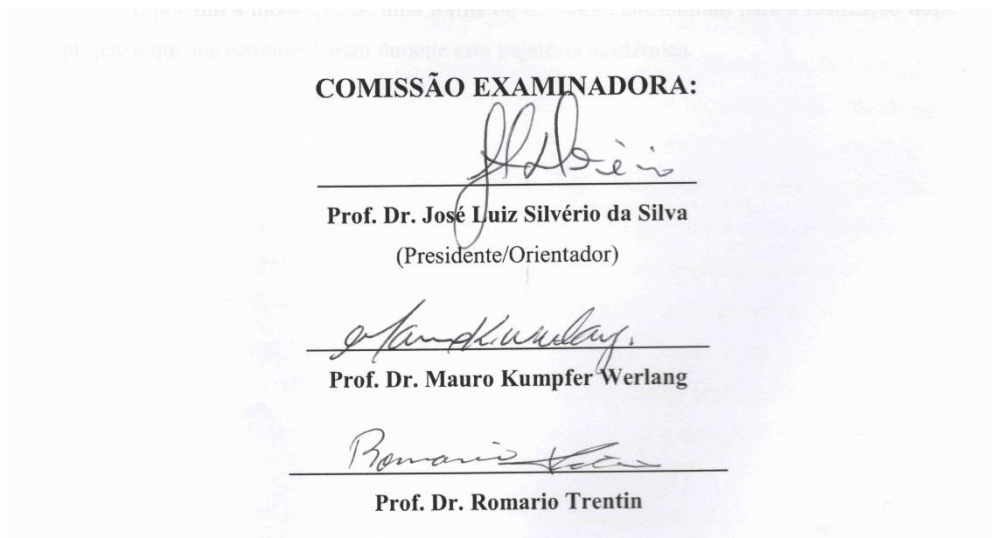
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de
Graduação Bacharelado II**

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE NOVA PALMA, RS.**

Elaborado por
Carlos Alberto Löbler

Como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Geografia**

COMISSÃO EXAMINADORA:



Santa Maria 7 de Fevereiro de 2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo início de tudo;

A UFSM, por oferecer ensino de qualidade, assim como assistência estudantil garantindo a dedicação aos estudos;

Aos professores do departamento de Geociências pelos ensinamentos passados ao longo da graduação;

Ao professor Dr. José Luiz Silvério da Silva pelos ensinamentos, orientações e amizade aos longos dos anos da graduação;

Aos professores Mauro Kumpfer Werlang e Romário Trentin, pela disponibilidade de compor a banca;

Aos meus pais, Noeli e Leony Löbler, pelo carinho e confiança depositada, bem como aos demais familiares;

A Carla Weiblen pelo companheirismo, estímulo e acolhimento;

Aos colegas do curso de Geografia;

Aos colegas do laboratório de HIDROGEOLOGIA da UFSM em especial ao Tiago, Guilherme e Leônidas;

Aos colegas do apartamento 4331 da CEU II;

E por fim a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste projeto e que me acompanharam durante esta trajetória acadêmica.

RESUMO

Trabalho de Graduação B
Curso de Geografia Bacharelado
Universidade Federal de Santa Maria

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE NOVA PALMA, RS.

AUTOR: CARLOS ALBERTO LÖBLER

ORIENTADOR: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Data e local da defesa: Santa Maria 07 de Fevereiro de 2013

O presente trabalho visa elaborar um estudo sobre as águas subterrâneas do município de Nova Palma, com uso de métodos científicos e geotecnologias, através de trabalho de campo realizado na área e pesquisas no banco de dados do sítio do Serviço Geológico do Brasil, CPRM/SIAGAS. O município de Nova Palma, na borda da Bacia do Paraná, o qual está localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, possui sua economia baseada na agricultura e indústrias de pequeno porte. A fonte de abastecimento de água tanto para consumo humano (abastecimento doméstico), animal e industrial, é de origem nas captações de águas subterrâneas por poços tubulares. Estes captam água principalmente do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Na pesquisa foram encontrados 36 poços cadastrados para o município de Nova Palma. Destes, 13 preencheram todos os requisitos para realizar-se a avaliação com o método *GOD* na avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação. Os resultados obtidos com a metodologia foram: que 7,69% dos poços estão na classe insignificante vulnerabilidade, cerca de 15,38% estão na baixa e cerca de 30,76% estão em média. Ainda 30,76% estão na classe alta, e na extrema vulnerabilidade estão 15,38% dos poços. No município se constatou três tipos de formações geológicas: as vulcânicas da Formação Serra Geral (SASG – Sistema aquífero Serra Geral) e as sedimentares das formações Botucatu e Rosário do Sul (SAG). Também, foram catalogados alguns pontos potenciais de contaminação, sendo: dois postos de combustíveis e sete cemitérios.

Palavras chaves: Águas subterrâneas, Método *GOD*, espacialização, Sistema Aquífero Guarani (SAG), Sistema aquífero Serra Geral (SASG).

ABSTRACT
WORK OF GRADUATION B
CORSE OF GEOGRAPHY
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**ANALYSIS VULNERABILITY TO CONTAMINATION OF
GROUNDWATER IN THE CITY OF NOVA PALMA, RS**

Author: Carlos Alberto Löbler

Advisor: José Luiz Silvério Da Silva

Date and place of the defense: Santa Maria, February 07, 2013

This research aims to conduct a study of groundwater in the city of Nova Palma, using scientific methods and geotechnology, through fieldwork and research in the field using database of the site Geological Survey of Brazil, or simply CPRM/SIAGAS. The city of Nova Palma, on the Edge of Paraná Basin, which is located in the central region of Rio Grande do Sul state, southern Brazil. Its economy is based on agriculture and small industries. The source of water supply for human consumption (domestic supply), animal and industrial, is source by groundwater wells that capture mainly of Guarani Aquifer System (GAS). In this research was found 36 wells registered in the Nova Palma region. Of these, 13 met all the requirements to perform the evaluation with the GOD method in assessing the vulnerability of groundwater to contamination. The results obtained with this method were: 7.69% of wells that are in negligible vulnerability class, about 15.38% are low and about 30.76% on moderate vulnerability. Circa the 30.76% still in high class and 15.38% were in extreme vulnerability. In the city was found three types of geologic formations: the volcanic Serra Geral Formation (SGAS - Serra Geral Aquifer System) and sedimentary formations belonging to Botucatu and Rosário do Sul (GAS). Also, were cataloged some potential points of contamination: two gas stations and seven cemeteries.

Keywords: groundwater, GOD method, spatialization, Guarani Aquifer System (GAS), Serra Geral Aquifer System (SGAS).

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Tabela integral dos poços usados para a pesquisa.....	52
---	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração do ciclo das águas.....	15
Figura 2 - Localização da área de estudo no município de Nova Palma no Estado do Rio Grande do Sul.....	24
Figura 3 - Localização das bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul.....	25
Figura 4 - Áreas de localização dos diferentes tipos de formações geológicas (rochas aflorantes).....	27
Figura 5 - Metodologia <i>GOD</i> para estudo de vulnerabilidade do aquífero à contaminação.....	31
Figura 6: Imagem do poço 4300007677, localizado na área urbana do município de Nova Palma.....	33
Figura 7: Imagem do poço 4300002707, localizado na área urbana do município de Nova Palma.....	34
Figura 8 - Perfil geológico de dois poços tubulares.....	34
Figura 9 - Cartograma da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, no município de Nova Palma, com base no método <i>GOD</i>	36
Figura 10 - Cartograma da tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas no município de Nova palma e seus principais rios, Bacia Hidrográfica Alto Jacuí (G-50).....	38
Figura 12 – Cartograma com a localização dos pontos potenciais de contaminação, poços de abastecimento, rios e vulnerabilidade <i>GOD</i>	41
Figura 13 – Alguns pontos potenciais de contaminação no município de Nova Palma, situados na área urbana do município em zona de afloramento do SAG.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais métodos para a determinação da vulnerabilidade de aquíferos à contaminação.....	17
Quadro 2 - Classes de vulnerabilidade do aquífero e suas definições.....	18
Quadro 3 – Principais impactos causados por postos de distribuição de combustíveis em suas atividades diárias.....	23
Quadro 4 - 13 poços selecionados para a metodologia <i>GOD</i>.....	35
Quadro 5 - Pontos potenciais de contaminação identificados.....	39

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1. OBJETIVOS	12
1.1. Geral:	12
1.2. Específicos:	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. Águas de subsuperfície e ciclo hidrológico:	13
2.2. Aspectos legais:	16
2.3. Método de vulnerabilidade do aquífero à contaminação <i>GOD</i>	17
2.4. Conceitos de Vulnerabilidade e Mapeamento:	20
2.5. Poluição e contaminação das águas subterrâneas	21
3. METODOLOGIA	25
4.1. Caracterização da área de estudo	25
4.2. Aspectos hidrogeológicos, geológicos e geomorfológicos	27
4.3. Coletas dos dados	30
4.4. Descrição do método:	31
4.5. Espacialização dos dados	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1. Pontos potenciais de contaminação	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46
ANEXOS	51

INTRODUÇÃO

A interação homem natureza ocasiona modificações no meio. O homem detentor de técnicas, que se aprimoraram com o passar dos anos, busca alternativas de melhor se adaptar ao espaço. Esta adaptação pode ocasionar danos ao meio ambiente e comprometê-los para uso das gerações futuras. Os recursos hídricos, principalmente os subterrâneos requerem cuidados para não serem deteriorados pelo homem.

Atualmente o uso dos recursos hídricos está sendo muito discutido, pois este recurso é essencial para a vida na Terra. As águas subterrâneas são reservas importantes para o homem, uma vez que se pode fazer uso em qualquer momento, assim deixando de depender unicamente das águas superficiais, que estão sujeitas a alterações mais frequentes na sua qualidade natural. Estas também são fonte de abastecimento em períodos de estiagens para rios e outros mananciais superficiais como nascentes, lagos e banhados.

No Planeta Terra, aproximadamente 97% da água está nos oceanos, 2% encontra-se congelada em geleiras e apenas 1% encontra-se como água superficial e água subterrânea. Da água doce disponível no planeta a maior parte é subterrânea (Maciel Filho; Nummer, 2011). Portanto, a água que circula em subsuperfície é parte importante do ciclo hidrológico. O ciclo das águas é essencial para a manutenção da vida na Terra, por ele se tem condições para o desenvolvimento de plantas, animais e outros organismos.

O uso de águas subsuperficiais é importante por inúmeros fatores, como por exemplo: a sua melhor qualidade, uma vez que se encontra protegida da contaminação à superfície pelo meio natural em que se encontra, proveniente dos solos e da cobertura rochosa além do processo de filtração natural o qual ela passa no seu deslocamento no subsolo (PLANET EARTH, 2007).

Ainda se pode considerar como vantagens da utilização das águas subterrâneas: os grandes volumes disponíveis, o baixo custo de captação e de armazenamento (a água fica armazenada no subsolo, sem necessidade de grandes reservatórios superficiais), e também os baixos impactos ambientais provocados pela sua utilização.

As águas subterrâneas necessitam de cuidados quanto à contaminação, segundo FOSTER *et al.* (2006): “No mundo inteiro, os aquíferos estão sob perigo cada vez maior de contaminação em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e das empresas de mineração”. Os custos para a descontaminação de aquíferos são

elevados tornando o processo inviável, portanto é muito mais sensato à preservação deste recurso natural renovável.

Entre as principais fontes potenciais de poluição de aquíferos pode-se citar os cemitérios os quais liberam o chamado necrochorume de composição química altamente contaminante para o subsolo em diferentes escalas. Também, os postos de combustíveis os quais necessitam de monitoramento constante para evitar vazamento de combustíveis, bem como lavagens que utilizam produtos químicos e resíduos de óleos e graxas.

O meio urbano e rural do município de Nova Palma é abastecido por águas subterrâneas. Sendo a captação, distribuição e a administração na área urbana do município de responsabilidade da CORSAN (Companhia Rio-grandense de Saneamento). Justificando a necessidade de estudos mais aprofundados deste bem, visando suas potencialidades e vulnerabilidades, Já que praticamente toda a população do município depende dela para as suas atividades diárias.

A preservação e conservação dos recursos hídricos subterrâneos necessitam de estudos visando sua proteção. Os estudos sobre vulnerabilidade natural são essenciais para se obter um correto manejo e gestão deste bem, Pois assim tendo-se o mapeamento deste fator pode-se planejar o uso e ocupação do solo, com o gerenciamento e controle de fontes poluidoras do ambiente subterrâneo.

O levantamento de pontos potenciais de contaminação já existentes no município é uma importante ferramenta para o gerenciamento e gestão no que diz respeito ao planejamento do espaço e pode ser avaliada com uso de Geotecnologias e espacialização em cartogramas com uso de Sistema de Informações Geográficas/SIGs. Assim se terá a noção se o ponto avaliado está situado em uma área de alta ou baixa vulnerabilidade. Tomando-se medidas para conter os possíveis prejuízos e/ou sugerir novas áreas para instalação de outros empreendimentos potencialmente poluidores do meio subterrâneo.

Optou-se pelo município de Nova Palma por sua localização geográfica próxima a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) além da facilidade de acesso a essa cidade para trabalho de campo. Também foi fator relevante os tipos principais de formações geológicas identificadas no município, que são as formações Serra Geral e a Formação Botucatu. Além disso, pelo fator de ser a principal fonte de abastecimento do município.

1. OBJETIVOS

1.1. Geral:

Elaborar um estudo sobre as captações de águas subterrâneas do município de Nova Palma, avaliando o grau de vulnerabilidade com uso do método *GOD* e geotecnologias.

1.2. Específicos:

- Elaborar um banco de dados com informações referentes às captações poços cadastrados e dados coletados a campo;
- Estimar índices de vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município a partir do método *GOD*;
- Identificar pontos potencialmente contaminantes no território do município espacializando-os em SIG;
- Construir cartograma de tendência de direção de fluxo das águas subterrâneas;
- Elaborar mapas temáticos e cartogramas das captações com a utilização de SIGs e interpreta-los;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica do trabalho abordou alguns temas que são de relevância para o trabalho fazendo o embasamento do tema. Inicialmente conceituaram-se as águas de subsuperfície e o ciclo hidrológico, tentando esclarecer a importância da água subterrânea para o ciclo das águas. Em seguida, foram abordadas as leis que regem as águas subterrâneas no território de estudo, após, explicado o método de avaliação de vulnerabilidade utilizado para a pesquisa. Também foram citados alguns conceitos de vulnerabilidade e a importância dos mapeamentos e por último apresentou-se alguns conceitos de modos de contaminação e poluição de águas subterrâneas.

2.1. Águas de subsuperfície e ciclo hidrológico:

Segundo Silvério da Silva *et al.* (2004) a água doce é considerada atualmente um recurso natural finito, devendo ser utilizada de forma racional e buscando uso sustentável. O crescimento econômico passa pela utilização da água e a busca pelo uso racional, deixando-o menos degradado para uso das gerações futuras é um desafio para a sociedade.

Feitosa; Manoel Filho (2000 p 6) dizem “Um pouco mais de 97% da água doce disponível na Terra encontra-se no subsolo e, portanto menos de 3% da água potável disponível no planeta provém das águas de superfície”, com isso dá-se conta da imensidão e da importância que o recurso hídrico subterrâneo tem para as gerações futuras e para a preservação da vida no planeta.

Segundo a CPRM (Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 2012) citando (Dunne; Leopold, 1978) diz que: Águas subterrâneas são águas de subsuperfície. É evidente que toda água de subsuperfície é na prática subterrânea, mas, para a hidrogeologia “água subterrânea” é aquela que circula na “zona saturada”, ou seja, abaixo do nível freático, representando 21% do total da água doce do planeta ou 97% da água doce não-congelada. Assim a porção do solo e/ou rocha que está acima do nível da água é chamado de “zona insaturada” também conhecida como zona do solo e zona vadosa (FOSTER *et al.* 2006).

Um aquífero pode ser entendido como um solo ou rocha permeável que é capaz de armazenar água e fornecê-la. De acordo com Todd (1959, p. 153) “Aquíferos são rochas ou solos saturados de água e permeáveis, isto é, que permitem o fluxo de água. É uma estrutura

contendo suficiente capacidade de armazenamento e libertação de água subterrânea para ser retirada em poços”.

Os aquíferos são geralmente abastecidos pelas águas das chuvas que se infiltram no subsolo preenchendo espaços disponíveis no solo e nas rochas, essas são as chamadas águas de infiltração (MACIEL FILHO; NUMMER, 2011).

A quantidade de água e a velocidade com que ela circula nas diferentes fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, os tipos de cobertura vegetal, a altitude, a topografia, temperatura externa e nos solos e tipos litológicos bem como a insolação e quantidade de precipitação e evapotranspiração do meio. Todos estes fatores influenciam na quantidade de água que irá escoar na superfície do terreno, sofrer evapotranspiração e outra parcela, a qual irá infiltrar no terreno, entretanto os solos e a geologia são considerados fatores de maior relevância.

Segundo a ANA (Agência Nacional de Águas, 2002) “A taxa de infiltração de água no solo depende de muitos fatores, entre os quais cita-se”:

- Sua porosidade: A presença de argila no solo diminui sua porosidade, não permitindo uma grande infiltração;
- Cobertura vegetal: Um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- Inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água escorre mais rapidamente, diminuindo o tempo de infiltração;
- Tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para saturar o solo e se infiltrarem.

Segundo a ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2012) os aquíferos possuem como funções principais: além de suprir de água suficiente para manter os cursos de águas superficiais estáveis (função de produção e mantenedora), os aquíferos também ajudam a evitar seu transbordamento, absorvendo o excesso da água da chuva intensa (função de regularização). Na Ásia tropical, onde a estação quente pode durar até nove meses e onde as chuvas de monção (Monção é a designação dada aos ventos sazonais, em geral associados à alternância entre a estação das chuvas e a estação seca, que ocorrem em grandes áreas das regiões costeiras tropicais e subtropicais). podem ser bastante intensas, esse duplo serviço hidrológico é crucial, ajudando para o equilíbrio do ciclo hidrológico.

Ainda a ABAS citando Rebouças *et al.* (2002): diz que os aquíferos podem assumir as seguintes funções:

- Função de produção: corresponde à sua função mais tradicional de produção de água para o consumo humano, industrial ou irrigação e ainda o lazer com piscinas e águas hidrotermais;

- Função de estocagem e regularização: utilização do aquífero para estocar excedentes de água que ocorrem durante as enchentes dos rios, correspondentes à capacidade máxima das estações de tratamento durante os períodos de demanda baixa, ou referentes ao reuso de efluentes domésticos e/ ou industriais;

- Função de filtro: corresponde à utilização da capacidade filtrante e de depuração bioquímica do maciço natural permeável;

- Função ambiental: a hidrogeologia evoluiu de enfoque naturalista tradicional (década de 40) para hidráulico quantitativo até a década de 60. A partir daí, desenvolveu-se a hidroquímica, em razão da utilização intensa de insumos químicos nas áreas urbanas, indústrias e nas atividades agrícolas. Na década de 80 surgiu a necessidade de uma abordagem multidisciplinar integrada da geohidrologia ambiental;

- Função transporte: o aquífero é utilizado como um sistema de transporte de água entre zonas de recarga artificial ou natural e áreas de extração excessiva;

- Função estratégica: a água contida em um aquífero foi acumulada durante muitos anos ou até séculos e é uma reserva estratégica para épocas de pouca ou nenhuma chuva;

- Função energética: utilização de água subterrânea aquecida pelo gradiente geotermal como fonte de energia elétrica ou termal;

- Função mantenedora: mantém o fluxo de base dos rios.

O fenômeno de infiltração é parte fundamental do ciclo hidrológico o qual armazena água em subsolo que infiltra através de fraturas nas rochas ou aproveitando sua permeabilidade e realiza descarga em áreas de afloramento ou cursos da água, conforme a Figura 1, a água assume vários estados físicos durante seu ciclo, como vapor, gelo e líquido.

Apesar das denominações água superficial, subterrânea e atmosférica, é importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição. A água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. A água está sempre em movimento; é graças a isto que ocorrem: a chuva, a neve, os rios, lagos, oceanos, as nuvens e as águas subterrâneas (ANA, 2002).

Segundo Tucci *et al.* (1993, p. 35), “o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e a rotação terrestre”.

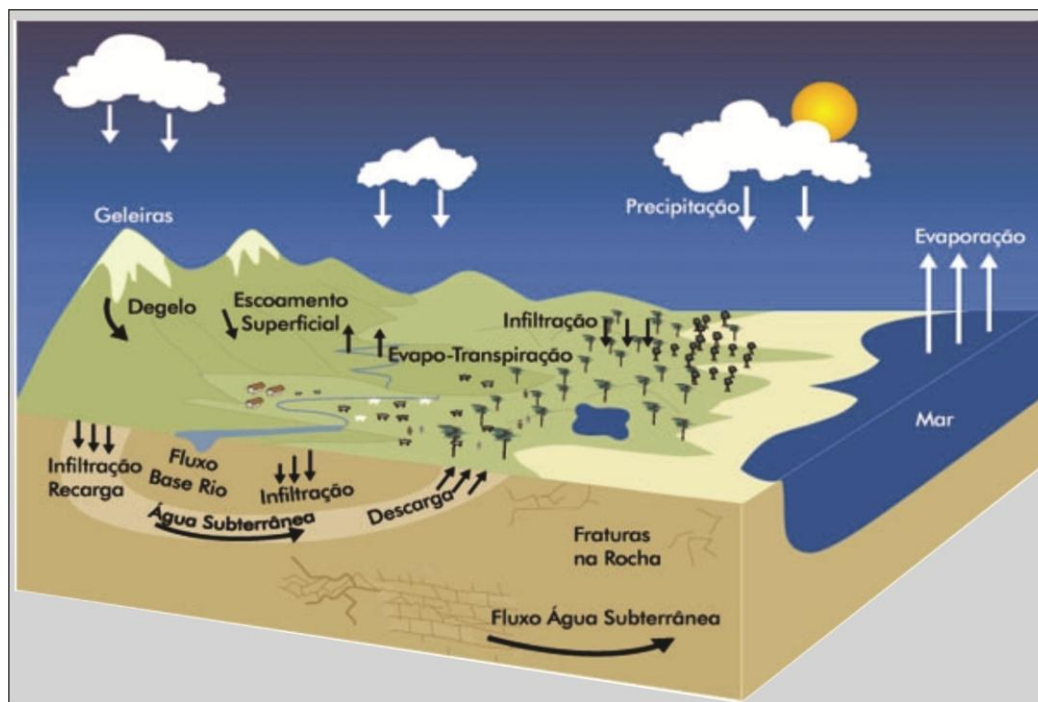


Figura 1 - Demonstração do ciclo hidrológico.

Fonte: MMA – Ministério do Meio Ambiente (<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>).

À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo adicionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e maiores os impactos no ciclo hidrológico, de tal forma que ao ciclo hidrológico, superpõe-se um ciclo hidrosocial de grande dimensão e impacto ecológico e econômico (TUNDISI, 2001). O autor se refere ao hidrosocial como sendo o acréscimo do homem no ciclo hidrológico, em que o crescimento econômico acaba por modificar o ciclo normal da água.

2.2. Aspectos legais:

Segundo a Resolução n.º. 15, de 11 de janeiro de 2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas em seu artigo primeiro define os corpos d'água existentes:

Art. 1º Para efeito desta resolução consideram-se:

I - Águas Subterrâneas - as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;

II - Águas Meteóricas - as águas encontradas na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos;

III- Aquífero - corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carregamento de materiais rochosos;

IV - Corpo Hídrico Subterrâneo - volume de água armazenado no subsolo.

Portanto segundo a definição pode-se utilizar tanto o termo aquífero quanto o termo águas subterrâneas para referir-se à água presente no subsolo da área em estudo no Município de Nova Palma. Esta é retirada para os diferentes usos preponderantes (abastecimento humano, agricultura, indústria, lazer) Resolução CONAMA nº396/2008.

No Brasil, a Constituição Federal (1988) estabelece em seu Art. 26 que a titularidade das águas superficiais e subterrâneas é competência dos estados.

O Decreto Estadual nº 42.047/2002 estabelece que a proteção das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul compete ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria do Meio Ambiente.

A Lei Federal nº 9.433/1997, Art. 1º, Inciso IV, estabelece que a bacia hidrográfica seja a unidade de gestão. No presente trabalho serão utilizados os limites municipais fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para delimitar a área de estudo. Uma vez que a bacia que faz parte o município englobaria uma área muito extensa o que tornaria a pesquisa lenta e sem resultados pontuais para a população que se pretende atingir.

O Código Estadual do Meio Ambiente em sua lei estadual 11.520 de 03/08/2000 - art. 134, estabelece que a escolha da localização de empreendimentos de qualquer natureza deve considerar prioritariamente a vulnerabilidade dos lençóis de água.

2.3. Método de vulnerabilidade do aquífero à contaminação *GOD*

Há vários métodos de estimar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação disponível na literatura, como pode-se observar no quadro 1. Porém, deve-se analisar e observar o que melhor se encaixa nos dados e na área em que se pesquisará.

MÉTODO	AValiação DE	FATORES	REFERÊNCIA
<i>Surface Impoundment Assessment</i>	Sistema de decomposição de águas servidas	- zona não saturada - Importância do recurso - Qualidade das águas subterrâneas - Periculosidade do material	Lê Grand (1964)
<i>Landfill Siste Ranking (Método Le Grand-Brawn)</i>	Aterros sanitários novos e em operação	- Distância aterro e poço produtores - Profundidade do nível da água - Gradiente do aquífero - Permeabilidade e capacidade de atenuação	Lê Grand (1983)
<i>Siste Ranking System</i>	Disposição de produtos químicos, novos e em operação.	- Solos, caract. Hidráulica sorção e tamponamento químico - Hidrodinâmicas do aquífero - Ar - População próxima	Hegerty <i>et al.</i> (1973)
Poluição dos lençóis aquíferos	Vulnerabilidade geral	- Geologia (litologia e estrutura)	Taltasse (1972)
<i>Waste-soil interaction matrix</i>	Disposição de resíduos sólidos e líquidos e novas indústrias	- Efeitos na saúde - Caract. do produto químico - Comportamento do produto - Capacidade do solo/atenuação - Hidrogeologia - Características do local	Philips <i>et al.</i> (1977)
<i>Siste Ranking Methodology</i>	Disposição de resíduos sólidos e líquidos e novas indústrias	- Receptor população/uso da água/uso local/degradação ambiental - Caminho, nível e tipo de contaminação, profundidade do nível da água, pluviometria, permeabilidade do solo. - Caract. do resíduo-toxicidade, persistência - Prática de manejo-aspectos operacionais e construtivos	Kulfs <i>et al.</i> (1980)
DRASTIC	Vulnerabilidade Geral	- D profundidade da água subterrânea - R recarga total - A meio aquífero - S solo - T topografia - I impacto na zona vadosa - C condutividade hidráulica	Aller <i>et al.</i> (1985)
<i>GOD</i>	Vulnerabilidade Geral	- G Tipo de aquífero - O litologia zona vadosa - D profundidade da água	Foster & Hirata (1988)
<i>Groundwater Vulnerability Map for Nitrate</i>	Potencial de lixiviação de nitrato	- Tipo de solo - Caract. Hidráulica e litológica do aquífero	Carter <i>et al.</i> (1987)
<i>Sintacs</i>	Vulnerabilidade Geral	- Igual ao DRASTIC, porém com pesos diferentes.	Civita <i>et al.</i> (1990)
Perigo associado a sistema de saneamento <i>in situ</i>	Avaliar áreas de maior risco por sistema de saneamento <i>in situ</i>	- Vulnerabilidade (<i>GOD</i>) - Densidade população - Análises indicadores físico-químicos (Condutividade elétrica)	Ferreira & Hirata (1993)

Quadro 1 - Principais métodos para a determinação da vulnerabilidade de aquíferos à contaminação. Organização: Camponogara, I. Fonte: Hirata (1999)

Para a pesquisa atual utilizou-se o método *GOD* por acreditar-se ser o que melhor se encaixou na área avaliada e no perfil de dados disponível para os poços do município de Nova Palma. Também se optou por ele pelo fato de possuir clareza conceitual e facilidade para associar informações utilizadas na confecção dos cartogramas, que indica com clareza as áreas de susceptíveis ou não a contaminação, com utilização de apenas algumas variáveis (no caso três). Além disso a metodologia possui custo para aplicação reduzido. Ainda Foster *et al.* (2006) salientam ser este método adaptado para as características brasileiras e caribenhas.

O Método *GOD* de mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação foi desenvolvido inicialmente por Foster; Hirata (1987), sendo aperfeiçoado por Foster; Hirata (1993) e Foster *et al.* (2006). Fundamentam-se nos mecanismos de recarga da água subterrânea e na capacidade natural de atenuação de efluentes, podendo variar em função das condições geológicas superficiais e da profundidade do nível d'água. Cada parâmetro recebe um valor entre 0 e 1, e o índice de vulnerabilidade é obtido multiplicando-se os três valores obtidos, comparando-se a valores padrões. O **G**: Grau de confinamento da água subterrânea, **O**: Ocorrência de extrato rochoso, **D**: Distância até o lençol freático ou o teto do aquífero confinado.

Assim o método *GOD*, foi desenvolvido para avaliar as condições naturais de atenuação de contaminantes e é amplamente utilizado para as condições brasileiras, pois seu uso é simplificado, necessitando apenas três parâmetros Foster *et al.* (2006).

Da multiplicação destes três valores se obtém valores que varia de 0 a 1 os quais se encaixam em classes apresentadas no quadro 2.

Classes de Vulnerabilidade	Definição Correspondente
Extrema	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação
Alta	Vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação
Moderada	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados

Continuação quadro 2, da página 18

Classes de Vulnerabilidade	Definição Correspondente
Baixa	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, a longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados
Insignificante	Presença de camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação)

Quadro 2 - Classes de vulnerabilidade do aquífero e suas definições.

Fonte: modificado de Foster *et al.* (2006).

Segundo Foster *et al.* (2006, p. 4)

A poluição dos aquíferos ocorre nos pontos em que a carga contaminante gerada no subsolo por emissões e lixiviados produzidos pela atividade humana (provenientes de atividades urbanas, industriais, agrícolas e de mineração) é inadequadamente controlada e, em certos componentes, excede a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura. Aplicando o método *GOD* pode-se mapear as áreas de maior susceptibilidade a influência destes contaminantes.

2.4. Conceitos de Vulnerabilidade e Mapeamento:

Segundo a CPRM (2005, p. 59) no seu trabalho de diagnóstico sócio ambiental do litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, define o conceito de vulnerabilidade:

O conceito de vulnerabilidade ainda denota incertezas no contexto da poluição das águas subterrâneas. Frequentemente, o termo “vulnerabilidade à poluição” é usado com um sentido composto que, talvez, pudesse melhor ser descrito como “risco de poluição”.

De acordo com as conclusões e recomendações da conferência internacional sobre *Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants* realizada nos Países Baixos, no ano de 1987 (Duijvenbooden; Waegeningh, 1987), a vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas pode ser definida como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero.

Conforme Foster; Hirata (1993), o termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero de ser afetado por uma carga contaminante.

Neste trabalho se utilizará o termo vulnerabilidade no sentido de “risco de poluição”, pois se entende que se criando classes de vulnerabilidades, onde o risco pode ser menor ou maior. Pois se existir um ponto contaminante no local há grande risco de poluição do aquífero.

Nos países Europeus os mapas de vulnerabilidade natural são produzidos desde as décadas de 70 e 80. No Brasil a aplicação desta ferramenta ganhou força no início da década de 90 (MEAULO, 2006). Mas ainda há uma lacuna grande nessa área, poucas áreas no país possuem estudo de vulnerabilidade e possuem mapeamento dos resultados.

Conforme Zoby (2005, p. 52)

No Brasil, são ainda escassos os estudos sobre a questão de proteção e vulnerabilidade de aquíferos. O Estado de São Paulo propôs, de forma pioneira, critérios técnicos para a adoção de perímetros de proteção de poços. Em algumas regiões do país com expressiva demanda por água já foram realizados estudos para a determinação da vulnerabilidade e/ou perigo de contaminação.

Estudos no estado de São Paulo foram motivados pela grande demanda do uso da água e os mapas de risco de poluição foram desenvolvidos pela IG/CETESB/DAEE (Instituto Geológico (IG); Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB); Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), (1997).

Estudos sobre mapeamento de vulnerabilidade já foram feitos e discutidos, principalmente para municípios do Rio Grande do Sul, pelo grupo de hidrogeologia do LABHIDROGEO da UFSM. Entre eles pode-se citar: Camponogara (2006) que estudou a vulnerabilidade em águas subterrâneas de Quaraí no Brasil e Artigas no Uruguai; Descovi Filho (2009) o qual examinou a vulnerabilidade na bacia do rio Santa Maria; Löbler *et al.* (2012) que avaliou a vulnerabilidade do município de Restinga Seca; Ertel *et al.* (2012) que observou a vulnerabilidade do município de Rosário do Sul. Nesses trabalhos se constatou que os estudos e mapeamento de vulnerabilidade possuem relevante importância para o planejamento do território e para a preservação dos recursos hídricos subterrâneos, tanto no estudo de bacias hidrográficas como de municípios. Estes constituem subsídios aos Comitês de Bacias Hidrográficas para o planejamento do uso dos recursos hídricos bem como da sociedade civil.

2.5. Poluição e contaminação das águas subterrâneas

Entende-se por poluição toda a alteração artificial das qualidades físicas, químicas e biológicas naturais de uma água ou, mais precisamente, uma deterioração que a distancie das normas (MACIEL FILHO; NUMMER, 2011). As normas podem ser entendidas como padrões normais e assegurados pelo ministério da saúde como limites químicos e bacteriológicos para ser uma potável e passível de consumo humano.

Os padrões de potabilidades são encontrados na Portaria Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (FUNASA – Fundação Nacional da Saúde), que estabelece VMPs (Valores Máximos Permitidos) para a água usada no consumo humano e estabelece diretrizes quando ao cronograma de análises a serem feitos pelo número de pessoas que fazem uso da água.

As cidades produzem resíduos tanto sólidos como líquidos, que necessitam de adequada disposição no solo. Dentre os muitos riscos de contaminação pode-se citar: 1) os esgotos não tratados; 2) os poços de combustíveis contam com reservatórios subterrâneos que podem alterar a qualidade da água. Para a regulamentação deste tipo empreendimento existe a Resolução nº 273/2000 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que estabeleceu diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e ainda, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição. Ainda tem-se; 3) os cemitérios, principalmente aqueles localizados nas partes mais elevadas do terreno, consideradas áreas de recarga subterrânea em áreas sedimentares porosas. Estes empreendimentos, tanto na área urbana quanto rural, necessitam licenciamento ambiental conforme esta estabelecido na Resolução nº 355/2003 e nº 368/2006 do CONAMA. Ainda deve-se considerar; 4) as lavagens de veículos e os lava jatos também são pontos potenciais de contaminação dos aquíferos.

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).

Segundo Maciel Filho; Nummer (2011) “Contaminada é a água que contém organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou resíduos radioativos”. Portanto a poluição da água são alterações químicas e a contaminação da água é acréscimos de agentes bacteriológicos. Sempre deve-se considerar a existência de uma carga quando se fala em contaminação. Quando esta carga for superior a capacidade do meio ambiente depurá-la então ocorre uma contaminação, podendo esta também ocorrer devido a presença de metais pesados (ex. Fe, Mn, Zn, Cu) (KEMERICH *et al.* 2012) ou por metais alcalinos como (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) utilizados como fertilizantes, bem como o Nitrogênio e o Fósforo (FOSTER *et al.* 2006).

Os principais problemas relacionados aos cemitérios é o necro-chorume. Após os cinco primeiros meses do sepultamento, o corpo humano se transforma, passando a ser um ecossistema de populações de artrópodes, bactérias, microorganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica e outros (MATOS, 2001). O produto desta decomposição gera gases e líquidos putrefeitos, conhecido genericamente por necro-chorume.

Segundo Castro (2008, p. 252) “Nos cemitérios, as fontes poluentes são pontuais, representadas por corpos dispostos separadamente em sepulturas. Estes produzem pequenas quantidades de necro-chorume, lentamente ao longo de 2,5 anos”. Portanto dentro do cemitério deve-se ter controle e não ter corpos enterrados seguidamente próximos um do outro, fazendo com que a quantidade de líquido produzido não atinja proporções maiores no subsolo.

Segundo Machado; Ferreira:

A atividade desenvolvida pelos postos de combustíveis é potencialmente poluidora, visto que as instalações inadequadas dos produtos derivados de petróleo e o não cumprimento das Normas Regulamentadoras podem causar danos ao meio ambiente e a saúde pública.

Os postos de distribuição de combustíveis podem ser nocivos às águas subterrâneas uma vez que todos eles utilizam reservatórios subterrâneos. O vazamento destes reservatórios podem contaminar amplas áreas de solos e ainda podem atingir o lençol freático, ocasionando danos irreversíveis para as águas subterrâneas e aos possíveis cursos de água próximos (Löbner *et al.* 2011). Além disso, como pode ser observado no quadro 3 existem inúmeros outros impactos que podem ser causados por este tipo de atividade.

ATIVIDADES	INCIDENTE	CAUSAS	IMPACTOS
Troca de Óleo Lubrificante	Derrame de Produto	Operações Inadequadas	Solo / Águas Superficiais / Águas Subterrâneas
	Lançamentos de Resíduos	Disposição Inadequada de embalagens e resíduos	
Lavagem de Veículos	Alto Consumo de Água	Ausência de Processo de Reciclagem	Degradação da Bacia Hidrica Subterrânea
	Efluentes Líquidos: Águas Oleosas com detergentes	Falta de Tratamento	Solo / Águas Superficiais / Águas Subterrâneas
	Lançamentos de Resíduos	Disposição Inadequada: Estopas / Embalagens de Detergentes	
	Ruído	Falta de manutenção / isolamento	Pessoas da Vizinhança
Loja de Conveniência / Escritórios	Lançamentos de Resíduos	Disposição Inadequada: Lixo doméstico e de escritório	Solo / Águas Superficiais / Águas Subterrâneas
	Efluentes Líquidos: Esgoto	Disposição Inadequada: Sem tratamento	

Quadro 3 – Principais impactos causados por postos de distribuição de combustíveis em suas atividades diárias.

Fonte: Lorenzetti *et al.* 2011, adaptado de Santos (2005).

Além desses pontos potenciais também se podem citar algumas fontes difusas de contaminação tais como, por exemplo, na agricultura com culturas de soja, arroz, milho, fumo etc. Segundo Silvério da Silva *et al.* (2004) Dentre as fontes difusas, deve-se considerar os fertilizantes que em concentrações muito elevadas podem causar impactos ambientais. Como as culturas destes produtos são à base da renda do município e com o passar dos anos se intensifica o uso de agroquímicos e fertilizantes, principalmente com a entrada das variedades geneticamente modificadas, o solo cada vez mais se contamina e conseqüentemente a água contida nele também sofre danos, que podem ser irreversíveis. Ainda merece ser mencionado o uso de agroquímicos (dessecantes e outros produtos de diferentes tempos de residência no solo/água). Estes não serão avaliados na pesquisa.

3. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

O município de Nova Palma está situado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, na Borda da Bacia do Paraná, na região conhecida como Quarta Colônia de Imigração Italiana, conforme apresentado na Figura 2, fazendo divisa com os municípios de Júlio de Castilhos, Pinhal Grande, Ivorá, Faxinal do Soturno, Ibarara, Dona Francisca e Agudo conforme se nota na figura 2. O município está dentro da microrregião de Restinga Seca e dentro da mesorregião Centro Ocidental Sul Rio-Grandense, segundo divisões do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

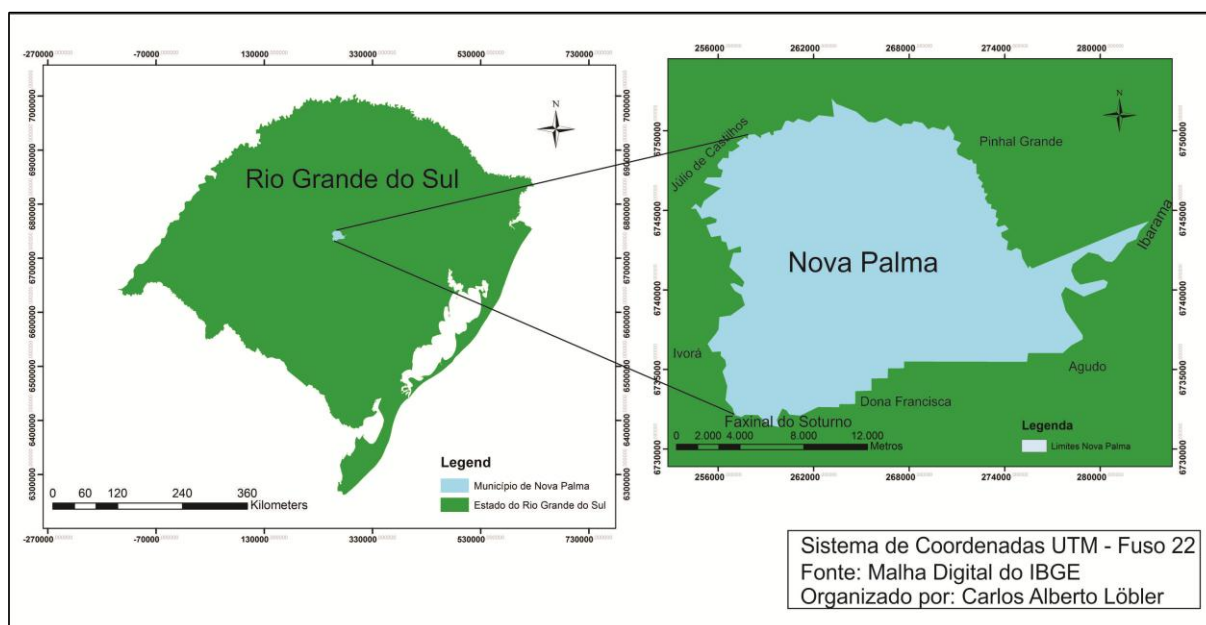


Figura 2 - Localização da área de estudo no município de Nova Palma no Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo dados demográficos do IBGE (2010), o município de Nova Palma possui 6.342 habitantes, sendo que 48,6% vivem na área urbana do município enquanto cerca de 51,4% na área rural. Numa área de extensão total de 313,5 km² (leitura ArcGIS, *shape* IBGE) com destaque para a produção agropecuária e de soja, milho e fumo. Também se destaca no setor industrial com a produção agroindustrial e moveleira.

Dentro da classificação da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), que dividiu o Estado do Rio Grande do Sul em três regiões hidrográficas (G-Guaíba), (L-

Litorânea) e (U-Uruguai), Nova Palma está dentro da região hidrográfica do Guaíba (SEMA, 2005) e mais detalhadamente faz parte da bacia do Alto Jacuí – G-50 (SEMA, 2005), conforme ilustra a Figura 3. O município está situado na transição da Depressão central e o planalto da Serra Geral. Este é banhado por dois rios principais, que são: o Rio Soturno e o Rio Jacuí, este último banha uma área menor do município em relação ao primeiro.



Figura 3 - Localização das bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul. Fonte SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente (<http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/rhinsexo.htm>).

Quanto aos aspectos climatológicos em relação às precipitações HAUSMAN (1995) classifica a região do município de Nova Palma com médias anuais de chuvas entre 1600 a 1800 mm. Quanto à climatologia o autor citando Köppen, considera a região como clima subtropical, com invernos de moderados a frios e de nevoeiros frequentes. Isso faz com que se

tenham condições climáticas e de solos favoráveis para a agricultura. Segundo Streck et al. (2008) os solos da região são tipicamente: Argissolos Bruno-acinzentados alumínio, Argissolos Bruno-acinzentados Alítico, Planossolo Háptico Eutrófico e ainda associações de solos com afloramentos rochosos tipos Neossolos, Cambissolos e Luvisolos.

Ainda Hausman (1995) faz uma estimativa de balanço hídrico para o Rio Grande do Sul, levando em conta os índices de precipitações médios, em mapas de isolinhas. Nova Palma fica incluída como tendo uma evapotranspiração real média entre 800 e 900 mm, com água disponível em média de 500 a 600 mm, e com infiltrações para os aquíferos entre 50 a 100 mm. O restante da água escoou superficialmente.

4.2. Aspectos hidrogeológicos, geológicos e geomorfológicos

O município está dentro da Zona de Afloramentos (ZA) e Zona de Confinamento (ZC) do Sistema Aquífero Guarani (SAG) que é uma sequência de rochas sedimentares de 130 a 250 milhões de anos constitui as camadas denominadas sedimentares arenosas. O SAG ocorre em parte de oito estados brasileiros (correspondente a 71% do total do SAG): Goiás (55.000 km²), Mato Grosso (26.400 km²), Mato Grosso do Sul (213.200 km²), Minas Gerais (51.300 km²), Paraná (131.300 km²), Rio Grande do Sul (157.600 km²), Santa Catarina (49.200 km²), São Paulo (155.800 km²). Este Sistema Aquífero ainda é transfronteiriço com o Uruguai (45.000 km²), Argentina (225.500 km²) e Paraguai (71.700 km²) (OEA/PSAG/PEA, 2009).

No município se constatou dois tipos de formações geológicas, em observações feitas nos perfis das captações dos poços existentes no sítio do SIAGAS/CPRM. Existe um pacote de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (SASG – Sistema Aquífero Serra Geral) em cotas altimétricas mais elevadas, as quais estão em contato superior, recobrando ou confinando (ZC/(OEA/PSAG/PEA, 2009) constituindo um aquífero fissural cristalino, Enquanto as rochas sedimentares pertencentes as formações Botucatu e Rosário do Sul (SAG) constituem um aquífero poroso intergranular. Estes dois sistemas aquíferos, em contato possuem diferentes características quanto à infiltração da água de precipitação pluviométrica, devido a apresentarem diferentes relação porosidade/permeabilidade. Isto se deve refletir-se em relação ao movimento dos poluentes. Isso também influencia no grau de vulnerabilidade do aquífero à contaminação na área, conforme será avaliado em cartogramas.

Conforme se pode observar na Figura 4 a sequência de formações geológicas e rochas aflorantes no território do município de Nova Palma. Constatou-se no Mapa Geológico

produzido pela CPRM (2008) a predominância do Fácies Gramado que são constituídos de rochas basálticas, escuras de granulação mais fina. Também há uma grande quantidade do Fácies Caxias. Este se caracteriza por apresentar uma composição granulométrica média e de valor econômico para a fabricação de pedra brita. Salienta-se que no processo de britagem sempre há formação de poeiras, causando impacto ambiental local. observa

Em áreas de afloramento das rochas sedimentares clásticas ou terrígenas pertencentes a Formação Tupanciretã, Formação Caturrita e Formação Botucatu, são formados principalmente por arenitos de médios a finos e comumente encontrados em ambientes continentais.

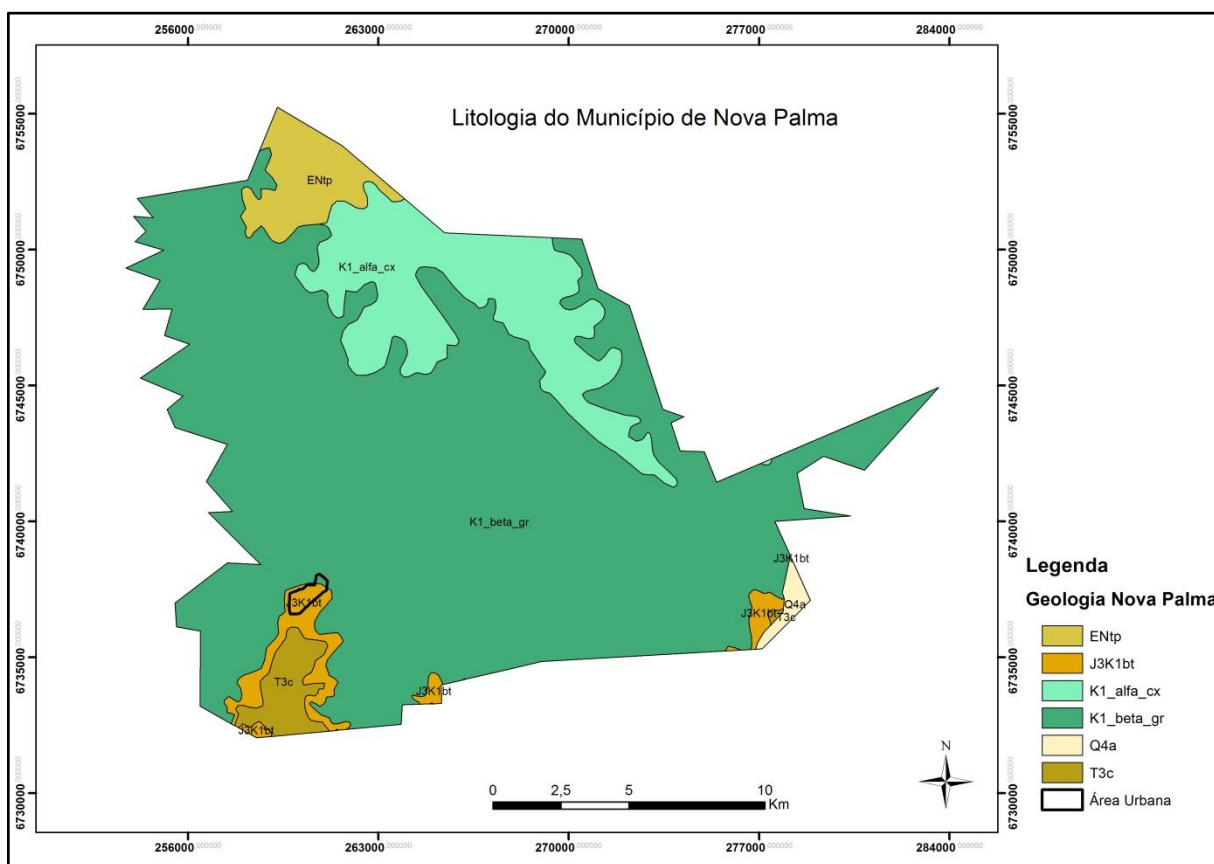


Figura 4 - Áreas de localização dos diferentes tipos de formações geológicas (rochas aflorantes).

Fonte: Transformado a partir de CPRM (2008) *Shape*.

A seguir apresenta-se uma breve descrição geológica das formações CPRM (2008).

Q4a – Depósitos Aluviais : areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rios e planícies de inundação.

ENtp: Formação Tupanciretã – arenito fino, quartzoso, paraconglomerado e arenito conglomerático ambiente continental.

Formação Serra Geral constituída de derrames de rochas vulcánicas ácida¹ e básicas:

a) Fácies Caxias (K1_alfa_cx): derrames de composição de intermediária a ácida, riadacitos a riolitos mesocráticos, microgranulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó) forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção variando entre riadacitos a riolitos, matriz vitrofírica contendo pórfiros.

b) Fácies Gramado (K1 beta gr): derrames basálticos granulares finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo e autobrechas frequentes, fino fraturamento perlítico. Observação, há predomínio de fraturas horizontais.

T3c: Formação Caturrita – arenito, conglomerado, siltito areno argiloso e folhelho, contendo tretápodes fósseis e troncos de coníferas, ambiente continental, depósitos fluviais e deltas lacustres.

J3K1BT: Formação Botucatu – arenito fino rosso, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, dispostos em *sets* e ou *cosets* de estratificação cruzada de grande porte. Ambiente continental desértico, depósito de dunas eólicas.

Fonte CPRM (2008) Mapa Geológico do Rio Grande do Sul.

Em um breve resgate histórico da geomorfologia da área pode-se citar Müller Filho (1970) no qual pelos mapas e descrição o município de Nova Palma situa-se na faixa de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto. O autor ainda descreve a Depressão Periférica é o domínio das amplas planícies aluviais - médio e baixo Jacuí, Vacacaí, Santa Maria e médio Ibicuí – mas é também ocorrem os domínios das coxilhas sedimentares. Quanto ao planalto ele descreve esta unidade como sendo formado por uma litologia predominantemente basáltica e mantém as maiores altitudes do Estado do Rio Grande do Sul.

Esta mesma classificação é adotada por Carraro *et al.* (1974), em que divide-se o estado em quatro unidades Geomorfológicas, sendo constituída: em Planalto, Depressão Periférica, Escudo Sul Rio-grandense e Planície Costeira. O município de Nova Palma também nessa classificação situa-se na transição entre o Planalto e a Depressão Periférica

¹ Rocha Ígnea ácida- aquela que apresenta um teor em sílica superior a 65% ex. riadacito, riolitos. Básica rocha que apresenta teor em sílica entre 52 e 45%, ex. basalto. Fonte Leinz; Amaral (1975 p.39).

ocupando cotas altimétricas variando entre 40 a 100 m (Streck *et al.*, 2008) Em relação ao nível médio do mar.

Já para Ross (1990) o que era Depressão Periférica foi chamado de Depressão Periférica Sul-rio-grandense e a área de planalto foi chamada de Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná. Mas as divisões continuaram sendo as mesmas dos autores anteriores, portanto Nova Palma continua pertencendo a zona de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto.

4.3. Coletas dos dados

Para a elaboração do trabalho foram reunidos dados através de pesquisas no sítio do SIAGAS/CPRM, estes dados são referentes às captações por poços em estudos onde se identifica o: Número do poço, as coordenadas UTM, a cota altimétrica do terreno, a formação geológica do local do poço, a condição do meio aquífero (se ele é surgente ou não), o nível estático, os usos das águas.

Na base de dados CPRM/SIAGAS estão cadastrados 36 poços para o município de Nova Palma sendo que desses, 13 possuem todos os parâmetros catalogados necessários para aplicar-se o método *GOD* Foster et al. (2006). Estes dados são: **G**= perfil rochoso do poço, **O**= seu grau de confinamento **D**= nível estático ou nível da água subterrânea em aquíferos confinados (ex. rochas vulcânicas da Formação Serra Geral/SASG).

Também foram coletados dados em campo em visitas aos proprietários dos poços, os quais foram tabelados, sistematizados, e então usados nas avaliações espaciais. Estes dados são referentes ao nível estático, para atualizar e mesmo completar a tabela e ainda, verificações do tipo de solo presente no local da captação. Também foram registradas imagens dos poços, dos pontos potenciais de contaminação, dos principais usos da água e do solo na região.

Os pontos potencialmente contaminantes foram localizados no território do município, e feita leitura de coordenadas com *GPS* Garmim Etrex, no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator/UTM, adotando-se o fuso 22, o datum horizontal SAD69, e o datum vertical o Porto de Imbituba/Santa Catarina. Foram mapeados postos de combustíveis e cemitérios no meio urbano e rural do município.

4.4. Descrição do método:

Foster *et al.* (2006) caracterizam a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, adotando os seguintes parâmetros:

1. (G) Tipo de ocorrência da água subterrânea onde os valores são obtidos dentro de um intervalo de 0 a 1.
2. (O) Classificação dos estrados acima da zona saturada do aquífero em termos do grau de consolidação e caráter litológico, esta propriedade conduzirá a um segundo ponto na escala de 0,3 a 1,0.
3. (D) Determinação da profundidade do nível freático, que definirá o terceiro ponto, no intervalo de variação de 0,4 a 1,0.

Após a pontuação das três etapas é feito o produto dos valores obtendo-se a(s) classe(s) de vulnerabilidade da qual pertence às águas. Esta vulnerabilidade classificada 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).

O uso do método é mostrado na Figura 5 a qual descreve passo a passo o método utilizado dando a explicação das etapas que compõem o método.

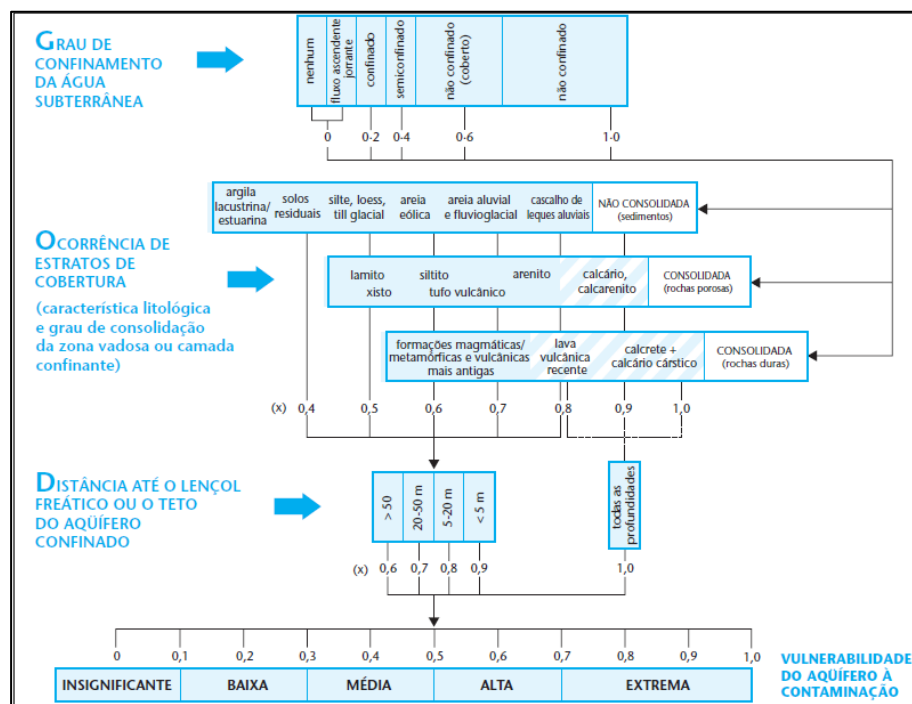


Figura 5 - Metodologia GOD para estudo de vulnerabilidade do aquífero à contaminação.

Fonte: Foster *et al.* (2006).

4.5. Espacialização dos dados

Para a construção dos cartogramas usou-se o sistema de coordenadas UTM, a base de referência usada foi SAD69, fuso 22 selecionados no programa ArcGIS 9.2. O Datum vertical de referência foi usado o Porto de Imbituba/SC.

Com base nos dados coletados nas diferentes fontes disponíveis na *Internet* e complementado em campo, foi feito o tratamento deles com uso de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas). A delimitação da área do estudo foi feita com uso do ArcGIS 9.2, com base na malha digital do IBGE. Para a interpolação de dados no Surfer 8, foi utilizado o método krigagem que é considerada uma boa metodologia de interpolação matemática de valores (JAKOB, 2002). E foi a que melhor representou a realidade espacial dos pontos distribuídos em vários pontos da área avaliada.

O mapa de localização da área de estudo foi feito com base na malha digital do IBGE selecionando-se o município na tabela de atributos e criando uma feição a partir do selecionado, localizando o município dentro do Estado.

O mapa de espacialização da metodologia *GOD* foi feita através do Sufer 8 e após isso, foi feito o *Overlay* (ferramenta do programa Surfer que permite cruzar mapas dentro de uma mesma projeção cartográfica) com a malha digital do município de Nova Palma e também com sua área urbana.

Para a construção do mapa de tendência de direção de fluxo das águas subterrâneas, foi usado como base as cotas altimétricas obtidas na boca dos poços cadastrados na base de dados CPRM/SIAGAS. O programa Surfer 8 estimou a Superfície Potenciométrica² (Heath, 1983) obtida entre a cota altimétrica na “boca” do poço e o nível da água subterrânea, indicando a tendência de fluxo das águas subterrâneas. Em seguida se delimitou a área com a malha digital do IBGE.

O mapa de pontos potenciais de contaminação e pontos de localização dos poços, foi feito através do programa Surfer 8 onde se importou os dados tabelados obtidos para cemitérios e postos de combustíveis e atribuído uma simbologia correspondente. Posteriormente adicionou-se a malha digital do IBGE com os limites políticos do município e a malha urbana, ainda usou-se no mesmo cartograma os resultado do método *GOD* obtido anteriormente.

O mapa geológico do Município foi construído utilizando-se a malha digital do IBGE, onde se recortou do *shape* disponibilizado pela CPRM (2008) do município de Nova Palma. As classes listadas na legenda foram retiradas do mapa confeccionados e impressos pela CPRM chamado de mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul na escala original de 1:750.000.

² Superfície Potenciométrica- É uma superfície que representa a carga total em um aquífero, ou seja, ela representa a altura acima do datum a qual o nível da água se eleva num poço bem vedado que penetra o aquífero.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatou-se que no município de Nova Palma os principais usos da água subterrânea são para o abastecimento urbano, doméstico e para o uso na indústria. Já as águas superficiais possuem uso ainda na irrigação, principalmente na produção de arroz e na produção na energia elétrica como na Usina Hidroelétrica de Dona Francisca, e outras pequenas centrais hidroelétricas/PCHs, e ainda para o lazer.

Na área urbana do município quem administra os poços é a CORSAN. Conforme se observa nas Figuras 6 e 7 os poços os quais seguem padrões de construção e segurança, bem como de construção de poços ABNT/NBR 12.242/2006 e ABNT/NBR 12.244/2006. Estes poços também se encontram de acordo com as normas de outorga contidas no Decreto Estadual nº 42.047/2002, contém tubo lateral, são dotados de hidrômetro, ainda apresentam selo sanitário. Possuem a sua área cercada o que impede o acesso de pessoas sem autorização e de animais que possam causar algum dano ao poço.



Figura 6: Imagem do poço 4300007677/SIAGAS/CPRM, localizado na área urbana do município de Nova Palma.

Fonte: trabalho de campo realizado em Janeiro de 2013.



Figura 7: Imagem do poço 4300002707, localizado na área urbana do município de Nova Palma.

Fonte: trabalho de campo realizado em Janeiro de 2013.

Foram constatados diferentes tipos de solos e rochas que compõe os perfis construtivos dos poços do município de Nova Palma, como pode ser observado na Figura 8, Isto confere diferentes graus de confinamentos e impõem diferentes graus infiltração de água e/ou poluentes.

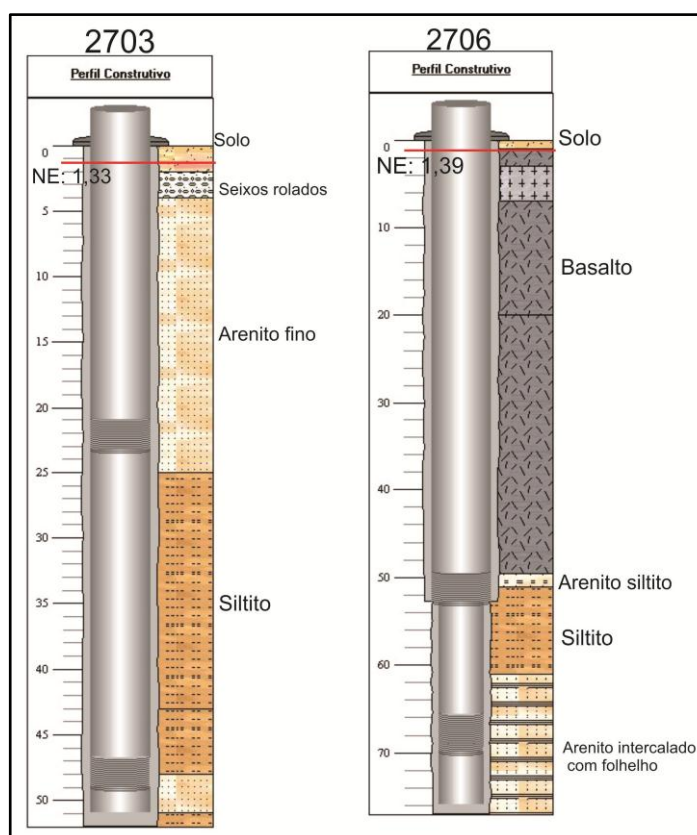


Figura 8 - Perfil geológico de dois poços tubulares. O primeiro em condição de aquífero livre/SAG e o segundo confinado pelos derrames de rochas vulcânicas, basalto/SASG que penetra o SAG na (ZC).

Fonte: Modificado de CPRM/SIAGAS (2012)

O município de Nova Palma apresenta em seu território os cinco níveis de vulnerabilidade segundo o método *GOD*, sendo que a maior parte deles situa-se em área de baixa e média vulnerabilidade. As áreas de maior vulnerabilidade geralmente se encontram próximos aos maiores rios que drenam a área, que são o Rio Soturno e o Rio Jacuí. Geralmente pelo nível da água do aquífero nestas áreas estar mais raso em suas Planícies Aluviais as quais também recebem arroz irrigado no período de verão (Dezembro-Março).

Após serem elaboradas as notas para as captações de água subterrânea, através do método *GOD*, conforme apresentado no Quadro 4, constatou-se que 7,69% dos poços estão na classe insignificante vulnerabilidade e cerca de 15,38% estão em baixa vulnerabilidade. Já 30,76% estão em média vulnerabilidade. Ainda 30,76% estão em alta vulnerabilidade. E finalizando na classe extrema vulnerabilidade foram 15,38%. Portanto as classes predominantes foram a média e a alta sugerindo-se atenção dos órgãos gestores em relação ao uso e a ocupação dos solos como caso se tenha um futuro Distrito Industrial.

Nº Cadastro CPRM	Nível Estático(m)	Uso Água (Abastecimento)	<i>GOD</i>	IV*	Porcentagem (%)
4300007696	80,00	Doméstico	0,07	Insignificante	7,69
4300002707	5,50	Urbano	0,29	Baixo	15,38
4300007703	20,00	Doméstico	0,29	Baixo	
4300002705	2,29	Urbano	0,32	Médio	30,76
4300007678	1,39		0,38	Médio	
4300007715	20,00	Doméstico	0,34	Médio	
4300002706	1,39	Urbano	0,38	Médio	
4300002703	1,33	Urbano	0,54	Alto	30,76
4300007675	1,33		0,63	Alto	
4300007679	5,50	Urbano	0,64	Alto	
4300007677	1,89	Urbano	0,63	Alto	
4300007676	0,90		0,81	Extremo	15,38
4300002704	0,90	Urbano	0,72	Extremo	

Quadro 4 - 13 poços selecionados para a metodologia *GOD*. *IV Índice de Vulnerabilidade. m=metros

Fonte: Organizado a partir CPRM/SIAGAS (2012)

Observando-se o cartograma na figura 9, resultante do tratamento de dados através do método *GOD* e espacializados no programa Surfer 8 e interpolando-se através do método da Krigagem, observou-se que existem duas áreas de alta vulnerabilidade a oeste e a leste do cartograma, com uma faixa extensa que vai de sul a norte com vulnerabilidade baixa e insignificante.

Nesse sentido a área urbana de Nova Palma encontra-se em área de alta vulnerabilidade, em rochas sedimentares pertencentes à Formação Botucatu e em menor área a Formação Serra Geral, como pode ser visto pela figura 5. Levando-se em conta que a maioria das fontes potenciais de poluição tais como (postos de combustíveis, cemitérios, despejos de esgotos) estão concentrados nesta área, deve-se ter um acompanhamento e monitoramento frequente para não se ter danos irreversíveis ao recurso subterrâneo muito importante no abastecimento doméstico e urbano do município de Nova Palma. Deve-se salientar que as captações da CORSAN estão em profundidades variando entre 52 a 77 m, bem cimentadas mas sempre representam algum risco de alteração de sua qualidade natural Figuras 7, 8 e 9. Enquanto próximo dos cursos de água no Rio Jacuí a vulnerabilidade varia entre média e baixa enquanto no Rio Soturno é alta a média.

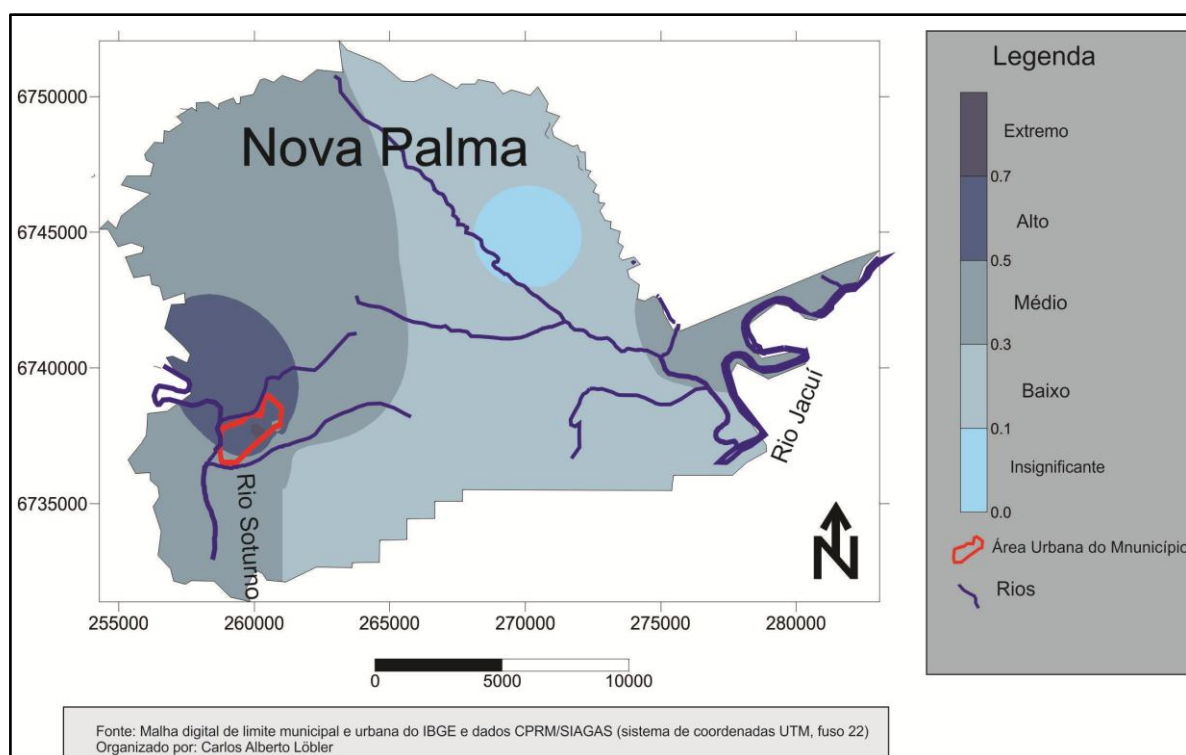


Figura 9 - Cartograma da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação, no município de Nova Palma, com base no método *GOD*.

Analisando-se o mapa de tendência de direção de fluxo subterrâneo (superfície potenciométrica) apresentado na figura 10, observa-se que os vetores (setas no cartograma) indicam a direção da água subterrânea para os principais cursos de água (Rio Jacuí e Rio Soturno) fazendo com que se deduza que tenha uma contribuição do aquífero para os rios participando da perenização em períodos de estiagem. Este tipo de contribuição chama-se curso efluente³ o aquífero cede água para o rio.

Observa-se que se a água subterrânea assuma principalmente dois sentidos. Um de sentido sul e sudeste em direção à calha do Rio Jacuí, e outro de sentido oeste em direção a calha do Rio Soturno. Concluído assim que as captações de água subterrâneas localizadas próximas às calhas dos rios tenham menos chances de ficar sem água em períodos menos chuvosos devido à resposta aquífera ser suficiente para sua manutenção. O Arroio Bugre parece ser uma região de interflúvio, divergindo os fluxos subterrâneos, conforme mostra a figura 10.

Também se deve levar em conta quanto à tendência de direção de fluxo é o movimento subterrâneo de água, de um ponto com extrema ou alta vulnerabilidade para outros locais, fazendo com que se tenha aumento das áreas com riscos de contaminação, pois também deve-se considerar o movimento lateral, que também é fonte de recarga de aquíferos, pode transportar contaminantes, mesmo que sejam cargas pequenas em longos períodos de tempo.

³ Curso efluente-**Curso de água efluente**: É o curso de água que recebe água do aquífero freático da área onde percorre. Muitas vezes um rio pode ser efluente numa região de seu curso e influente em outra. Quando um curso de água é influente, ele é pode receber poluição dos terrenos vizinhos, que tenha atingido o lençol freático.

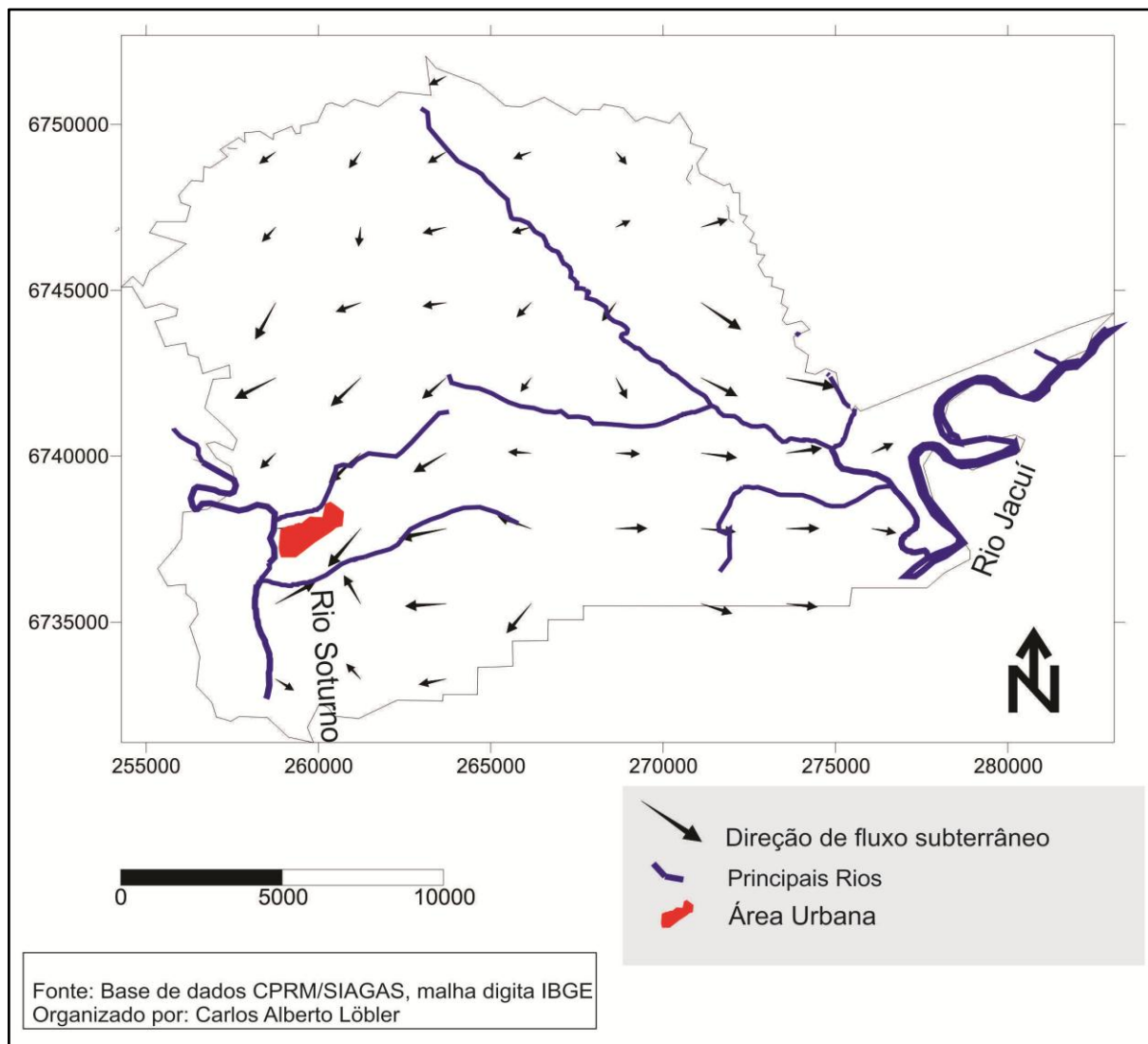


Figura 10 - Cartograma da tendência da direção de fluxo das águas subterrâneas para o município de Nova Palma e seus principais rios, Bacia hidrográfica do Alto Jacuí (G-50).

4.1. Pontos potenciais de contaminação

As principais fontes pontuais poluidoras encontradas no município foram os cemitérios e os postos de combustíveis, como se pode ver no quadro 5, foram catalogados 2 postos de combustíveis e 7 cemitérios.

Ponto Contaminante	Localidade	Coordenadas UTM N	Coordenadas UTM E
Cemitério	Caemborá	6738542	276431
Cemitério	Pinhalzinho	6737684	270632
Cemitério	Vila Cruz	6737016	266834
Cemitério	Novo Paraíso	6742640	264678
Cemitério	Sede (área urbana)	6736963	259900
Cemitério	Linha Base	6743693	261617
Cemitério	Comércio	6745707	266941
Posto de combustível	Sede (área urbana)	6737515	260669
Posto de combustível	Sede (área urbana)	6736885	259922

Quadro 5 - Pontos potenciais de contaminação identificados e sua localização.

Fonte: trabalho de campo realizado em Dezembro de 2012

Com base nos dados coletados e tabelados foi possível elaborar um cartograma de pontos potenciais de contaminação localizados dentro do município. Como se observa na figura 11, a maioria dos poços estão localizados em áreas de alta e média vulnerabilidade, assim como os pontos contaminantes ficaram nessa faixa de vulnerabilidade.

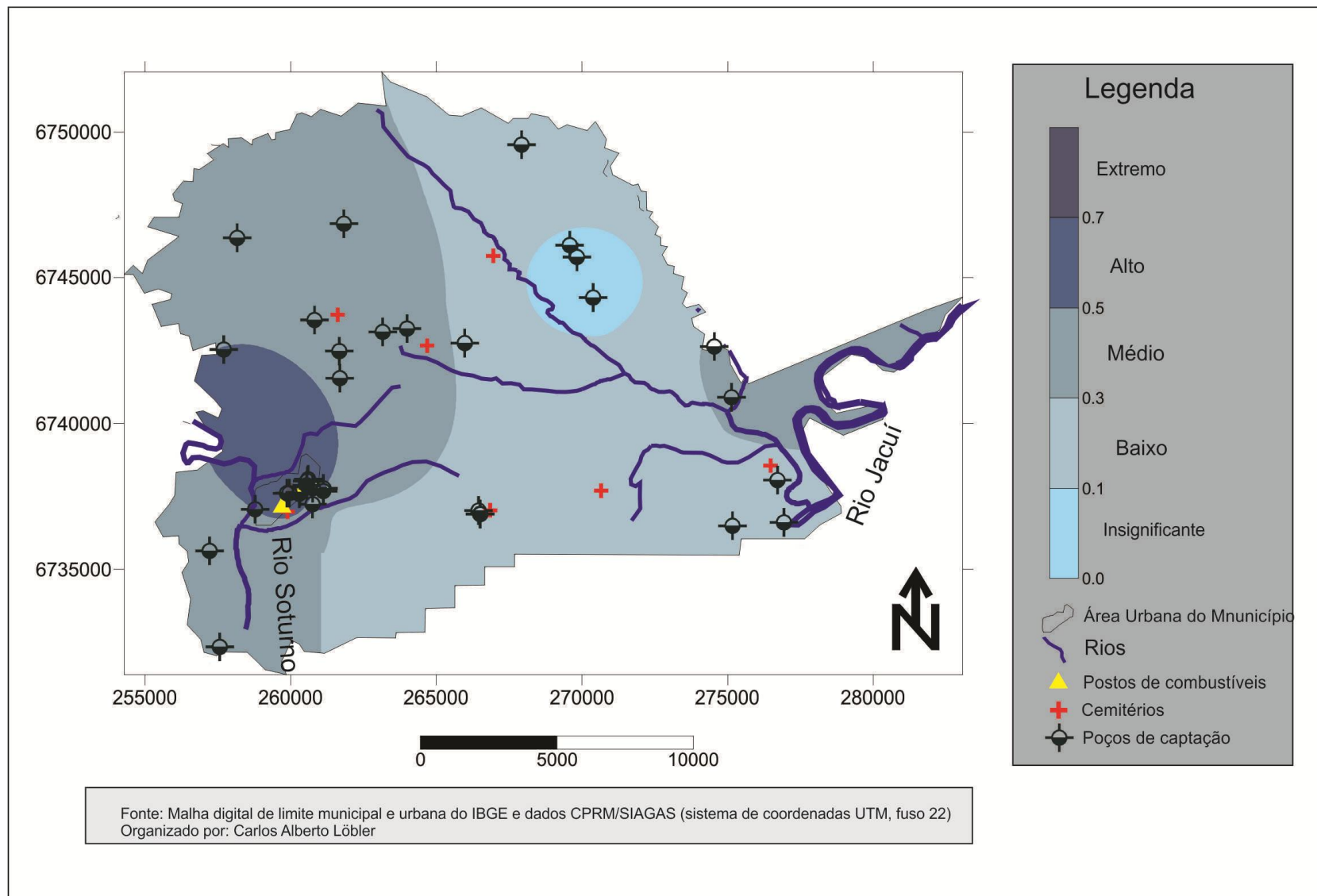


Figura 11 – Cartograma com a localização dos pontos potenciais de contaminação, poços de abastecimento, rios e vulnerabilidade *GOD*.

Na figura 12 pode-se observar alguns dos pontos contaminantes do município de Nova Palma, os quais estão localizados na área urbana do município. Como já falado anteriormente, os cemitérios por liberarem líquidos (necro-chorume) nocivo aos aquíferos, e os poços de distribuição de combustíveis que além de todas as atividades comuns, como as lavagens de carros, trocas de óleo e outros serviços, ainda possuem reservatórios subterrâneos de combustíveis o que acarreta riscos aos aquíferos com possíveis vazamentos.



Figura 12 – Alguns pontos potenciais de contaminação no município de Nova Palma, situados na área urbana do município em zona de afloramento do SAG. 1 – cemitério municipal de Nova Palma, situado na área urbana do município, 2 – Posto na saída para Faxinal do Soturno, 3 – Posto na saída para Vila Cruz.

Fonte: Trabalho de campo realizado em Janeiro de 2013.

Como ocorre na maioria dos pequenos municípios do estado, as atividades principais e consequentemente as potencialmente contaminantes se concentram próximos ou dentro da área urbana do município, como o cemitério municipal e os dois postos de combustíveis do município figura 12. Como se observa nas figuras 9 e 11 a área urbana do município foi classificada como área de alta vulnerabilidade, localizada em zona de afloramento (ZA) do

SAG OEA/2009, necessitando atenção aos empreendimentos instalados potencialmente poluidores, sugerindo-se que estes tenham seus próprios monitoramentos ambientais.

Os cemitérios localizados no município de Nova Palma encontram-se espalhados pelo seu território na(s) classe(s) de baixa, média, alta e extrema vulnerabilidade, sendo que o maior em extensão de 0,7 ha (medidos com auxílio do Google Earth) localiza-se na área urbana do município na classe de alta vulnerabilidade. Observa-se que eles geralmente estão próximos de poços tubulares e que podem afetar a sua qualidade natural, dependendo de seus padrões construtivos, perímetros de proteção, outorga Decreto Estadual nº 42.047/2002. Estes instrumentos de gestão visam à proteção da qualidade e da quantidade destes recursos hídricos subterrâneos.

Observa-se no mapa aglomerados de poços e cemitérios em locais espalhados. Isso explica como se tem um pequeno aglomerado de pessoas e que possui a necessidade de fonte de água (poço coletivo) para suas atividades diárias, que no caso é o poço tubular. Esta mesma comunidade também possui necessidade de instalar cemitérios próximos destes povoados, que na maioria das vezes não possuem estudo técnico para instalações e não sequer normas específicas.

Aqui cabe uma ressalva, os municípios do estado do Rio Grande do Sul considerados habilitados, devem licenciar seus próprios cemitérios com áreas de até 2 hectares, considerados de impacto local e de baixo potencial de graduação conforme resolução do CONSEMA N° 102/2005 que dispõe sobre os critérios para o exercício da competência de licenciamento ambiental municipal, no âmbito do Estado do Rio Grand e do Sul.

O licenciamento é um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecidos pela Lei Federal, 6938/81, também conhecida como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. No Rio Grande do Sul, a aprovação do Código Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 11520 de 03 de agosto de 2000, que estabelece em seu artigo 69, "cabará aos municípios o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades consideradas como de impacto local, bem como aquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou Convênio", proporcionou que os administradores municipais se responsabilizassem pelo licenciamento ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o intuito de contribuir com a ampliação dos conhecimentos relativos às captações de água subterrânea bem como com a preservação ambiental e no gerenciamento da zona de afloramentos do Sistema Aquífero Guarani SAG e do Sistema Aquífero Serra Geral/SASG, tendo por base o município de Nova Palma, RS. O município tem como base econômica a agricultura, que é uma atividade de grande potencial contaminante e que pode afetar a qualidade natural dos aquíferos.

O município de Nova Palma possui em seu território, segundo apontou a metodologia *GOD*, áreas classificadas como de insignificante até extrema vulnerabilidade. Com isso, conclui-se que qualquer licenciamento de atividade potencialmente contaminante deve ser acompanhado de um estudo aprofundado dos impactos nos recursos hídricos subterrâneos.

Assim pode-se concluir que o município de Nova Palma necessita de um constante monitoramento ambiental quanto ao estado das águas subterrâneas. Como todo o município depende da água subsuperficial para o uso doméstico e industrial esta ganha valor e deve ser fruto de muitos estudos visando sua preservação da qualidade e da quantidade.

Entre os aspectos negativos da pesquisa pode-se citar a falta de informações mais detalhadas de algumas captações existentes no cadastro CPRM/SIAGAS. Entre os positivos podemos também citar o atual modelo que já apresenta relativo avanço para o conhecimento das águas subterrâneas propiciando que muitos pesquisadores utilizem seus dados, atualizem-nos, o que tempos atrás era impraticável.

Contudo o modelo de cadastro de dados ainda necessita de ajustes e padronizações, para que se tenham corretas perfurações de poços seguindo normas técnicas ABNT/NBR5, e assim se obtendo padronização de informações para todos os poços tubulares perfurados no Município de acordo com o Código de Meio Ambiente. Na pesquisa inicial foram encontrados 36 poços, mas só 13 puderam ser usados, pois os demais não dispunham das informações que o método *GOD* exige. Assim, levando-se em conta que este é um método mais simples quanto à necessidade de variáveis e adaptados as condições brasileiras. Os poços da CORSAN foram considerados mais satisfatórios e perfurados de acordo com as normas técnicas e legislação estadual.

Sugere-se que no município de Nova Palma, deve-se estabelecer um programa claro e eficiente de proteção dos aquíferos, criação de uma legislação Municipal sobre as captações e controle das atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo. O

cadastramento dos poços (por meio de banco de dados) e pontos potenciais de contaminação deve ser atualizado frequentemente a fim de garantir a seguridade do meio aquífero subsuperficial.

A gestão dos recursos hídricos há de ser necessariamente descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, na dicção do art. 1º, VI, da Lei 9.433/97. O objeto a ser gerenciado é o bem ambiental “água”, que é bem difuso, de interesse público, de uso comum do povo e que pertence a uma universalidade de bens que juntos compõem o ambiente. Portanto deve-se chamar a população (usuários) em geral para opinar quando o assunto for à água, pois segundo a lei a gestão deve contar com a participação dos maiores interessados nos recursos hídricos em geral.

Também se sugere ações e pesquisas integradas para águas subterrâneas e águas superficiais, pois como foi visto a água participa do ciclo hidrológico e enquanto superficial e/ou subsuperficial, ela esta sujeita as ações do homem que podem comprometer sua qualidade e quantidade naturais. Portanto ações conjuntas de pesquisas pode ser fator fundamental para a preservação de um bem que é renovável.

REFERÊNCIAS

Brasil/ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, **funções dos aquíferos**. Disponível em <<http://www.abas.org/educacao.php>> acesso em 02 Jul. 2012.

Brasil/ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. Disponível em <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=1179> acesso em 28 Janeiro de 2013

Brasil/ANA – Agência Nacional de Águas. **Águas Subterrâneas**. Disponível em <http://www.uniagua.org.br/public_html/website/estudo_aguas_subterraneas.pdf> acesso em 03 Jul. 2012.

Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1998.

Brasil/FUNASA – Fundação Nacional da Saúde, Ministério da Saúde. **Controle e Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade**. Brasil, 2011.

Brasil/MMA/CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente - **licenciamento ambiental de cemitérios**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>> acesso em 3 de abril de 2012.

Brasil/MMA/CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente - **controle da poluição em postos de combustíveis** - resolução 368/2006. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271>> Acesso em 3 de abril de 2012.

Brasil/MMA – Ministério do Meio Ambiente. Ciclo hidrológico. Disponível em <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>> acesso em 02 janeiro de 2013.

Brasil/MMA – Ministério do Meio Ambiente /Conselho Nacional de Recursos Hídricos: **Conjunto de leis e normas**. Disponível em <http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/gt-aguas/docs_legislacao/resolucao_15.pdf> acesso em 18 de janeiro de 2013.

Camponogara, I. **Vulnerabilidade Natural no Sistema Aquífero Guarani e Análise de Parâmetros físico-químicos das Águas Subterrâneas em Quaraí, BR e Artigas, UY, Santa Maria/RS**. 2006. 120f. Dissertação de Mestrado (Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria. 2006.

Carraro, C. c; Gamermann, N; Eick, N. C; Bortoluzzi, C. A; Jost, H; Pinto, J. F. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul na escala 1:1.000.000**. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 1974.

Castro, D. L. de. **Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza – CE**. Revista Brasileira de Geofísica. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2008000300001. acesso

em 03 Jan. 2013.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil - **Diagnóstico Socioambiental - Litoral Norte - O Meio Físico da Área - Recursos Hídricos Subterrâneos**. Disponível em http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/25_Recursos_Hidricos_Subterraneos.pdf acesso em 16 jun. 2012.

CPRM/SIAGAS – Serviço Geológico do Brasil – Sistema de Águas Subterrâneas, **cadastro de poços tubulares do município de Nova Palma**. Disponível em < <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>> acesso em 20 Jun. 2012.

Descovi Filho, L. L. V. **Subsídios ambientais para a gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria-RS**. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

DUIJVENBOODEN, W. e WAEGENINGH, H.G. - Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Proceedings and information n° 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987. TNO Committee on Hydrological Research, 1987

Ertel, T. ; Löbler, C. A; Silvério da Silva, J. L. **Índice de Vulnerabilidade Das Águas Subterrâneas no Município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 7, p. 1400-1408, 2012.

ESRI, Environmental Systems Research Institute (2006) ArcGIS Professional GIS for the desktop. version 9.2. Software. Licensed to UFSM, 2008.

Estado do Rio Grande do Sul, Decreto nº 42.047. De 26 de Dezembro de 2002. Regulamenta disposições da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id4807.htm> > Acesso em 20 de janeiro 2013.

Estado do Rio Grande do Sul, Lei Estadual nº 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id628.htm> > Acesso em 20 de janeiro 2013.

Feitosa, F. A. C; Manoel Filho, J. Coordenadores. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. 391 p.

Foster, S; Ventura, M; Hirata, R. Groundwater pollution: an executive overview of the Latin America-Caribbean situation in relation to potable watersupply. CEPIS Technical Report: 38 p. 1987.

Foster, S.; Hirata, R. C. A. Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, (Boletim, n. 10). 1993.

Foster, S; Hirata, R.; **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** São Paulo. Servemar. 2003.

Foster, S; Hirata, R; Gomes, D; D'Elia, M; Paris, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** São Paulo. Servemar. 2006.

Hausman, A. **Províncias Hidrogeológicas no Rio Grande do Sul.** Acta Geológica Leopoldensia. UNISINOS. 1995. p 125.

Hassuda, S. **Ciências da Terra em Meio Ambiente: Água Subterrânea um recurso a proteger.** São Leopoldo: Água, 1999, p. 179-196.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados populacionais e da produção agrícola do município de Nova palma,** disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 20 Maio 2012.

Instituto Geológico (IG); Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental (CETESB); Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo: IG, CETESB, DAEE, 1997.

Jakob, A. A. E. **A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos.** Disponível em < http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf > acesso em 03 Jul. 2012.

Kemerich, P. D. C; Silvério da Silva, J. L; Barros, G; BORBA, W. F; Ucker, F. E; Foletto, C. V. **Qualidade da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF).** Revista Ambiente & Água, v. 7, p. 167-182, 2012.

Leinz, V. e Amaral, S. E. Geologia Geral. Companhia Editora Nacional. Sexta edição. 1975. P. 360.

Löbler, C. A; Silvério da Silva, J. L; Martelli, G. V. **Uso de Geotecnologias Para Estudo aa Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrânea do Município de Restinga Seca, RS.** In: XXXI Encontro Estadual de Geografia. Rio Grande, RS. Anais do XXXI Encontro Estadual de Geografia, 2012. p. 1084-1093.

Lorenzetti, D. B; Rossato, M. V. Neuhaus, M. **Medidas de Gestão Ambiental Adotadas em um Posto de Abastecimento de Combustíveis.** Revista Gestão Industrial. v. 07, n. 03: p. 01-21, 2011. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil, 2011.

Machado, F. H; Ferreira O. M; **Postos de Combustíveis: Quantificação e Qualificação da Atividade no Município de Goiânia.** Disponível em < <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/arquivosupload/36/file/postos%20de%20combust%20c3%84veis%20%20quantifica%20c3%87%20c3%83o%20e%20qualifica%20c3%87%20c3%83o%20da%20atividade%20no%20munic%20de%20goi%20nia.pdf> > acesso em 03 Jan

2013.

Maciel Filho, C, A, Nummer, A. **Introdução à Geologia de Engenharia**, 4 ed. UFSM/ Santa Maria, 2011.

Matos, B. A. A Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado)–Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Meaulo, F. J. **Mapeamento da Vulnerabilidade Natural à poluição dos Recursos Hídricos**. Revista HOLOS Environment. 2006. Rio Claro, SP. Disponível em < <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/view/534/459>> acesso em 08 Jan 2013.

Müller Filho, I. L. **Notas Para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. UFSM, Santa Maria. 1970.

Planet Earth - **Água subterrânea - reservatório para um planeta com sede?** Ciência da Terra Para a Sociedade. Planeta Terra. 2007.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Mapa das divisões de bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul. Disponível em < <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/rhinsexo.htm> > acesso em 29 Dez de 2012.

Silvério da Silva, J. L.; Maziero, L; Santos, E. F. dos. **Impactos da Atividade Humana Sobre o Solo - Aquíferos**. In: Antonio Carlos de Azevedo; Ricardo Simão Diniz Dalmolin; Fabricio de Araújo Pedron. (Org.). Solos & Ambiente I Fórum. Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti, 2004, v. 1, p. 145-167.

Streck, E. V; Kämpf, N; Dalmolin, R.S. D; Klamt, E; Nascimento, P. C. do; Schneider, P; Giasson, E; Pinto, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. EMATER/RS - ASCAR 2 ed. RV. Porto Alegre, 2008.

Surfer 8. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers, **User's Guide Goldensoftware. 2002 640p.**

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

Tucci, C, E, M, (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP. 1993.

Tundisi, J. G. **Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. Avanços conceituais e metodológicos**. Ciência e Ambiente. 21. 9-20 pp. 2001.

United States Geological Survey – USGS. Rios **influyente e Rios efluente**. Disponível em < http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Curso_de_%C3%A1gua_efluente > acesso em 21 de janeiro de 2013

Zoby, J. L. G. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ANA. Natal, RN. 2008. Disponível em http://abas-rj.org/atuacao_tecnica/0227.pdf> acesso em 08 jan. 2013.

ANEXOS

Anexo 1: Tabela integral dos poços usados para a pesquisa.

ponto	utme	utmn	cota_terreno	tipo_formacao	nivel_estatico	uso_agua
4300002703	260600	6737505	86.00	Formação Botucatu	1.33	Abastecimento urbano
4300002704	260180	6737525	82.00	Formação Botucatu	0.90	Abastecimento urbano
4300002705	261060	6737150	95.00	Formação Botucatu	2.29	Abastecimento urbano
4300002706	261430	6737600	105.00	Formação Botucatu	1.39	Abastecimento urbano
4300002707	260880	6737950	100.00	Formação Botucatu	5.50	Abastecimento urbano
4300007675	260623	6737552	105.00	Formação rosário do sul	1.33	
4300007676	260268	6737531	102.00	Formação rosário do sul	0.90	
4300007677	261068	6737697	115.00	Formação Botucatu	1.89	Abastecimento urbano
4300007678	261435	6737696	132.00	Formação Botucatu	1.39	
4300007679	260911	6738007	124.00	Formação Botucatu	5.50	Abastecimento urbano
4300007680	258468	6746292	397.00			Abastecimento doméstico
4300007681	258006	6742460	140.00		18.00	Abastecimento doméstico
4300007682	259087	6736974	123.00		38.00	
4300007683	261129	6743472	378.00		0.93	
4300007684	262001	6741475	334.00			
4300007685	261983	6742405	353.00			Abastecimento doméstico
4300007686	262138	6746779	410.00			Abastecimento doméstico
4300007687	263473	6743063	420.00		18.90	Abastecimento doméstico
4300007688	264311	6743178	448.00		1.12	
4300007689	266297	6742679	440.00			
4300007690	268252	6749490	505.00		9.71	Abastecimento doméstico
4300007691	269909	6746041	490.00			Abastecimento doméstico
4300007692	276371	6734948	127.00			Abastecimento doméstico
4300007693	277279	6736525	100.00		2.10	Abastecimento doméstico
4300007694	277056	6737977	129.00		25.00	Abastecimento doméstico
4300007695	275475	6740819	140.00			Abastecimento doméstico
4300007696	270714	6744242	465.00	Formação Botucatu	80.00	Abastecimento doméstico
4300007697	270156	6745636	566.00			
4300007698	266833	6736809	490.00			
4300007699	266822	6736816	490.00		26.28	
4300007700	266771	6736932	499.00			Abastecimento doméstico
4300007701	257869	6732252	218.00			Abastecimento doméstico
4300007702	260861	6737796	114.00			Abastecimento industrial
4300007703	257519	6735548	308.00	Formação Botucatu	20.00	Abastecimento doméstico
4300007711	272208	6752688	499.00			Abastecimento doméstico
4300007715	274881	6742560	106.00	Formação Botucatu		Abastecimento doméstico