



**Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização  
em Gestão Regional de Recursos Hídricos**

**ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA  
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

---

Humberto Borges de Brum

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Tecnologia**  
**Curso de Especialização para Gestores Regionais em Recursos Hídricos**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Artigo

**“ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS”**

elaborada por

**Humberto Borges de Brum**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Especialista**

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva** - UFSM  
(Presidente/Orientador)

---

**Profª. Dra. Maria do Carmo Cauduro Dias Gastaldini** - UFSM

---

**Prof. Dr. José Mario Doleys Soares** - UFSM

Santa Maria, 03 de setembro de 2004

# ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS<sup>1</sup>

Humberto Borges de Brum<sup>2</sup>

José Luiz Silvério da Silva<sup>3</sup>

## RESUMO

Buscando um entendimento da problemática do uso e proteção das águas subterrâneas é necessário considerar as características hidrológicas da unidade hidrográfica onde ela está inserida (Bacia Vacacaí – Vacacaí Mirim) e a importância relativa desses recursos, a Lei 10.350 / 94 – estabeleceu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. O Sistema Estadual de Recursos Hídricos adota a bacia Hidrográfica como unidade básica de uso e de ocupação do solo, visando promover a melhoria da qualidade dos recursos hídricos e regular o abastecimento de água às populações urbanas e rurais, às indústrias e ao consumo agrícola. As águas superficiais juntamente com as subterrâneas são as maiores reservas de água doce disponíveis para o consumo, portanto este trabalho avaliou a vulnerabilidade das águas subterrâneas (baseado em dados pré-existentes) na área da microrregião de Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, segundo o IBGE abrange treze Municípios e estudando a Bacia Hidrográfica do Vacacaí – Vacacaí Mirim, (G-60). Foi constatado que a área em estudo possui uma forte vulnerabilidade nas águas subterrâneas, com potencial de contaminação e risco a saúde dos aquíferos, pelos detritos e resíduos oriundos do Lixão, que gradativamente se deterioram no Arroio Ferreira. Arriscando-se a proporcionar no futuro problemas ambientais graves, através da contaminação das fontes naturais de água, comprometendo sua qualidade para o consumo doméstico, industrial e irrigação das lavouras, como identificado no médio e baixo curso do Arroio Ferreira (Dutra, 2001).

## INTRODUÇÃO

A água, substância líquida transparente, inodora e insípida, é capaz de dissolver e transportar muitas substâncias inorgânicas e/ou orgânicas. Salienta-se que muitas pessoas desconhecem a realidade preocupante de uma possível crise de água potável, recurso natural indispensável à vida. Embora as águas ocupem 71% da superfície do planeta, a maior parte é salgada, e somente uma parcela é doce, ainda poderá se tornar uma mercadoria tão cara quanto o petróleo, objeto de disputa neste milênio. De acordo com a SEMA (2004), a crescente escassez da água foi definida pela UNESCO como o problema ambiental mais grave deste século. A drenagem indiscriminada e a poluição dos recursos hídricos têm acentuado os conflitos pelos diversos usos deste bem, tais como: abastecimento de populações, irrigação de lavouras, diluição de esgoto doméstico, industrial, pesca, geração de energia e lazer, dentre outros.

Na busca de soluções para a crise da água, foi instituído o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, no Rio Grande do Sul. Este **Sistema** se fundamenta num modelo de gerenciamento caracterizado pela descentralização das decisões e pela ampla participação da sociedade organizada em **Comitês de Bacias**. Assim, mesmo que o Estado seja o detentor do domínio das águas

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão Regional de Recursos Hídricos

<sup>2</sup> Aluno do Curso de Especialização em Gestão Regional de Recursos Hídricos

<sup>3</sup> Professor Orientador

(superficiais e subterrâneas) de seu território, conforme determina a Constituição Federal (1988), ele compartilha a sua gestão com a população envolvida.

Para implementar a Política de Recursos Hídricos, que representa um dos principais objetivos deste Sistema, o Estado foi dividido em três Regiões Hidrográficas: a **G** de Guaíba (9) Bacias Hidrográficas; a **U** de Uruguai, constituída por (9) Bacias Hidrográficas e **L** de Litoral, constituída por (6) Bacias Hidrográficas, totalizando (24) (SEMA, 2004).

A Bacia Hidrográfica em estudo é caracterizada como **G-60** Vacacaí e Vacacaí – Mirim, criada pelo Decreto 39640 de 28/07/99, conforme publicação do jornal A RAZÃO do dia 16/09/99, abrangendo 13 Municípios, dentre estes: Santa Maria, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Dilermando de Aguiar, Formigueiro, Itaara, Júlio de Castilhos, Restinga Seca, São Gabriel, São João do Polêsine, São Sepé, Silveira Martins e Vila Nova do Sul.

Especificamente a região em estudo situa-se na Microbacia Hidrográfica do Arroio Ferreira (Dutra, 2001), localizada ao noroeste do Município de Santa Maria, á cerca de 8 Km do centro da cidade, no local denominado de Lixão da Caturrita.

Por outro lado a criação da Câmara Técnica Permanente das Águas Subterrâneas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, bem como a aprovação de diversas Resoluções dentre elas a nº 9 e nº 15 de janeiro de 2001, a nº 16 e a nº 22, tratam da inserção das águas subterrâneas nos Planos de Bacias Hidrográficas visando sua gestão integrada.

O presente trabalho realizou-se baseado em pesquisa bibliográfica e dados já existentes, trata-se e discute-se aspectos da vulnerabilidade das águas subterrâneas pertencentes ao Aquífero Guarani na microrregião de Santa Maria, Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim. O Aquífero Guarani é uma reserva subterrânea de água doce com 1,2 milhão de quilômetros quadrados, que está sob o solo de oito estados brasileiros, do Mato Grosso ao Rio Grande do Sul e sob parte da Argentina, Uruguai e Paraguai, considerado um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, com cerca de 54 mil quilômetros cúbicos, um recurso de água doce estratégico (Rebouças, 1999).

Os aquíferos de um modo geral, estão ameaçados por vários fatores, lixões, agrotóxicos, poços tubulares mal executados e sem selo sanitário, aumento demográfico, desenvolvimento industrial, maior consumo doméstico e irrigação de lavouras, como as de arroz no Sul do Brasil.

Os Projetos de proteção ambiental não têm uma legislação e gerenciamento bem definidos, para o controle da construção de poços tubulares, que vem aumentando gradativamente. Essas práticas, sem um devido plano de gestão, tem riscos, pois podem poluir o sistema aquífero ou esgotá-lo. É através desses poços que se pode analisar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas. Dentro dessa hipótese é muito importante alertar as autoridades e despertar a conscientização popular quanto ao bom uso da água potável, evitar com urgência a extração

descontrolada e poluição de nossas águas, transformando o Projeto Ambiental e a gestão de Recursos Hídricos em ações efetivas, capazes de manter o suprimento sustentável de água para o consumo humano, para produção industrial, agrícola e também para as estâncias hidrominerais.

## OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi identificar e alertar a sociedade de Santa Maria quanto a vulnerabilidade das águas da bacia hidrográfica dos Rios Vacacaí, Vacacaí Mirim, conscientizando a população sobre um possível impacto ambiental causado pela existência do lixão da Caturrita bem como a extração de águas subterrâneas, sem um controle eficiente através de poços tubulares, podendo comprometer os aquíferos da região.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A microrregião de Santa Maria localiza-se na Depressão Central do Rio Grande do Sul, sendo que 13 municípios fazem parte desta microrregião (segundo a divisão territorial do RS de 1997 - IBGE ), porém foi constatado através da imagem de Satélite do Landsat – 95/ SIGPRO 2002, que apenas 05 (cinco) municípios pertencem a Bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim, sendo que nesta região é composta pelos municípios de Santa Maria, Itaara, Dilermando de Aguiar, São Sepé e Vila Nova do Sul. A Bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim localiza-se entre a latitude  $29^{\circ} 30'$  e  $29^{\circ} 45'$  S e longitudes  $54^{\circ} 00'$  e  $53^{\circ} 30'$  a W de Greenwich (Figura 1).

De acordo com Silva *et al.* (2004, informação verbal) a população

total dos municípios pertencentes à área em estudo é de 280.273 habitantes, distribuídos numa área de  $5.302,2 \text{ Km}^2$ , ou seja,  $52,86 \text{ hab/Km}^2$ , conforme Tabela 01.

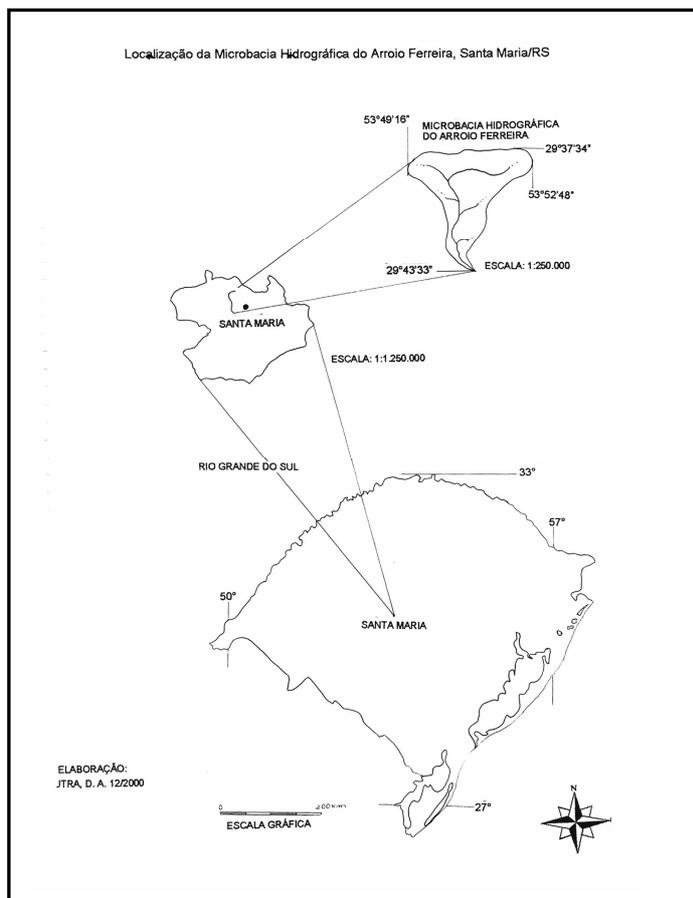


Figura 1. Localização da Microbacia Hidrográfica do Arroio Ferreira, Santa Maria/RS. Fonte: Dutra, 2001.

Tabela 01. Municípios pertencentes á área em estudo.

<b>Cidade</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pop. Urbana</b>	<b>Pop. Rural</b>	<b>Total</b>
Santa Maria	1825,2	230696	12915	243611
Itaara	172,7	3315	1263	4578
Dilermando de Aguiar	600,5	1090	2110	3200
São Sepé	2176,4	18926	5695	24621
Vila Nova do Sul	527,4	1866	2397	4263
Área em estudo	5302,2	255893	24380	280273

Fonte: Artigo 2004, inédito em preparação do Dr. José Luiz Silvério da Silva – UFSM, Angélica Cirolini – UFSM e Saulo Vichara Berro (Silva, 2004).

O clima da região é temperado, chuvoso e quente, no inverno, onde os meses são mais frios, a temperatura varia entre 3 e 18°C. Não apresenta estação seca, os verões são quentes, numa temperatura variando com média superior a 20°C, apresentando muitas vezes uma temperatura de 30 a 38°C. A evapotranspiração é da ordem de 800mm/ano (CPRM, 1995).

As precipitações pluviométricas são regulares, sem estação seca definitiva, com índices anuais de 1500mm a 1750mm, já a temperatura média anual de Santa Maria está em 19,2°C (INCRA, 1973).

No município de Santa Maria, a água é utilizada para os mais diversos fins, dentre eles o uso doméstico, industrial e irrigação de lavouras. A utilização da indústria vincula-se principalmente a produção de produtos alimentícios e indústrias de bebidas, Mat Tea, CVI e refrigerante Cyrilla. Nas lavouras irrigadas destacam-se as lavouras de arroz, soja e milho.

A paisagem natural da área estudada é particularmente dividida numa área em três unidades geomorfológicas: Topo de Planalto, Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro e Depressão Central (maior parte na Bacia do Vacacaí, Vacacaí-Mirim). O Planalto é considerado com declives mais suaves (menores que 15%), é situado em altitudes que variam de 420 a 435m, é constituído por rochas vulcânicas. A Depressão Central é constituída por rochas sedimentares, pertencentes ao Sistema Aquífero Guarani (SAG). O Rebordo do Planalto Meridional é constituído por uma zona de transição entre rochas sedimentares e vulcânicas.

O solo é ocupado por grandes propriedades rurais com: criação de gado, agricultura e principalmente de arroz irrigado. As margens do Rio Vacacaí estão desmatadas, podendo no futuro causar um impacto ambiental mais efetivo, pois não há contenção de sedimentos.

A geologia da área em estudo apresenta as seguintes formações:

Serra Geral (seqüência superior)- Rochas vulcânicas ácidas: Riólitos, granófiros de cor cinza clara a média e vitrófiros de cor preta ou castanha subordinados, com disjunção tabular dominante, (seqüência inferior) - Rochas vulcânicas básicas: Basaltos e andesitos de cor cinza-escura, com intercalações de arenito eólico, intertrápico, ex.: Município de Itaara.

Santa Maria, constituída pelo Membro Passo das Tropas: arenitos grossos; e Membro Alemoa: silto-argiloso.

Rosário do Sul: Arenitos finos micáceos, bem consolidados, de cor rosa a vermelha na base, passando a amarelo-acizentada e lilás em direção ao topo, com estratificação cruzada acanalada e planar de origem fluvial.

A fragilidade da Formação Rosário do Sul está associada a sua constituição que é formada por fácies fluviais (arenitos vermelhos de granulometria média a fina, com estratificação cruzadas e intercalações de siltitos, esta formação possui em grau elevado de permeabilidade).

Aluviões - Cascalhos, areias, siltes e argilas fluviais, que fornece um balanço hídrico positivo. O restante dessas águas escoam sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas Sedimentares, infiltrando para os aquíferos profundos de 1 a 3% da precipitação pluviométrica total anual, isto é, 15 a 51mm/ano de acordo com (Gregoraushuk, 2001) e entorno de 10% de acordo com Hausman (1995).

As águas subterrâneas da Bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim fazem parte do Sistema Aquífero Guarani (SAG), e este possui cerca de 54.200Km<sup>3</sup> de água, em área de aproximadamente 1.200.000 Km<sup>2</sup>, Rebouças (1999), ilustrados nas Figura 2 e Figura 3.

A região de Santa Maria situa-se em afloramentos do Sistema Aquífero Guarani, constituído pelas formações geológicas (Rosário do Sul, Santa Maria e Caturrita).



Figura 2. Localização do Sistema Aquífero Guarani. (Rebouças, 1999).

Em relação aos dados hidrogeológicos tem como base os conhecimentos geológicos da área estudada, observação de fontes e dos perfis de alguns poços, salientando-se os possíveis problemas que podem ocorrer em determinados sítios, em função das condições hidrogeológicas e avaliar preliminarmente os recursos de água subterrânea e os cuidados que devem ser tomados para sua proteção.

A microbacia relacionada com o lixão da Caturrita é a do Arroio Ferreira, situada a Noroeste da cidade de Santa Maria, com suas nascentes no limite norte da Bacia do Vacacaí, quase divisor de águas, sendo que a área de sua bacia contribuinte é de 52,38 km<sup>2</sup>.

As flutuações do nível freático, surgências de água subterrâneas ou ao menos excesso de umidade que pode baixar a resistência do

solo, causando erosões ou deslizamentos de encostas, assoreamento, enchentes como no leito do Arroio Cadena. As conseqüências destes fatos hidrogeológicos são conhecidos na geotecnia; problemas de fundação, devido à degradação das características de resistências e de deformidade dos terrenos: dificuldades de escavação e de aproveitamento de espaços subterrâneos abaixo do nível freático, baixa resistência do terreno.

As condições da infiltração as águas das chuvas de cada unidade e o sentido do fluxo são indicativos da vulnerabilidade dos aquíferos. Áreas com boas condições de infiltrações e alimentadoras de aquíferos, com certa importância, deverão ser protegidas do contato com poluentes.

Poluição e contaminação das águas subterrâneas, as mudanças da qualidade das águas subterrâneas podem ser causadas direta ou indiretamente por diversas atividades antrópicas. Influências diretas, resultam de substâncias naturais ou artificiais que são introduzidas no ciclo geoquímico pelo homem e, finalmente, alcançam as águas subterrâneas. Influências indiretas, são as mudanças de qualidade causadas sem a interferência do homem, ou seja, àquelas que ocorrem devido a processos químicos, físicos e biológicos naturais. Assim, qualquer alteração na qualidade da água subterrânea de origem antrópica no sistema aquífero, é denominada poluição e quando esta

alteração ou degradação da qualidade natural das águas subterrâneas atinge níveis que podem afetar, de forma prejudicial, a saúde humana e dos animais que a consomem, é denominada contaminação – Maciel Filho (1990) e CPRM (1995).

A urbanização, a industrialização, as práticas agrícolas e a extração mineral são as principais atividades humanas que geram resíduos, quando lançados no solo, rios e/ou atmosfera, transformam-se em fontes potenciais de poluição e/ou contaminação das águas subterrâneas. Na identificação destas fontes potenciais de poluição é de importância fundamental classificá-las de acordo com o grau de extensão, em pontuais (de pequena escala e fácil identificação) e as difusas (relativamente dispersas, atingem grandes superfícies e originam-se de outras fontes menores, cuja localização são mais difíceis de serem avaliadas).

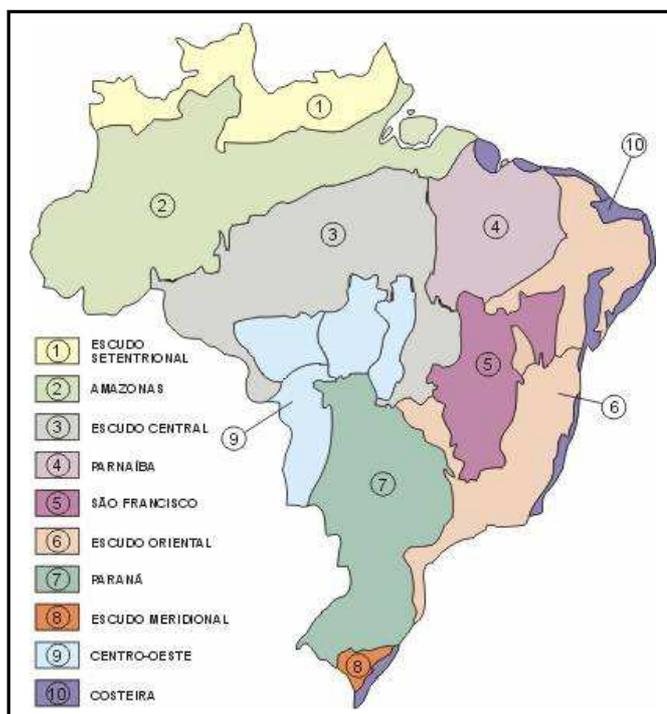


Figura 3. Mapa Hidrogeológico do Brasil.  
Fonte: Rebouças, 1999.

Existem perfis naturais de solo que podem degradar alguns poluentes até atingirem a água subterrânea. A noção de solo depurativo levou à prática da disposição de excretos humanos e de água residuais domésticas sobre o solo de acordo com a NBR 7229/1993 da ABNT.

Processos hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e bioquímicos em subsolo, controlam o tipo, extensão e duração das influências da atividade antrópica nas águas subterrâneas.

Como os perfis de solo e as condições hidrogeológicas diferenciam-se de uma região para outra, o caráter efetivo para atenuar os poluentes também variam, como na Formação Santa Maria, Membro Alemoa é um aquíclode (rocha argilosa de baixa permeabilidade) boa para impedir a expansão dos líquidos residuais chorumes e necrochorumes oriundos de cemitérios, esta deve ser buscada no terreno para uso em empreendimentos potencialmente contaminantes que disponham resíduos no subsolo.

### **Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos e a Questão Ambiental no Lixão de Santa Maria**

Considera-se que o homem ao priorizar o desenvolvimento econômico tende a alterar os parâmetros ambientais de qualidade físico-química e/ou bacteriológica, chegando às vezes, a impossibilidade a evolução normal dos seres vivos no seu ecossistema.

Relaciona-se a este fato em primeiro lugar, os últimos anos nos quais vem ocorrendo a concentração da população em grandes extensões de terra, mostrando que, o lixo formado em dependência direta com a vida ou seja com relação ao homem, começou a tornar-se com seus acúmulos, verdadeiro problema, desde tempos pretéritos, quando o homem abandonava a vida nômade, passando ao processo social fixando-se em um determinado lugar.

Em segundo lugar, questiona-se como harmonizar o desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais disponíveis, gerando um desenvolvimento sustentável. O crescimento em ritmo acelerado da população atualmente, implica na expansão automática da industrialização, pois maiores quantidades de alimentos e bens de consumo, serão necessários para atender esta nova e surpreendente demanda, o que irá gerar inevitavelmente consideráveis volumes de lixo. Salienta-se que o não tratamento dessa massa de resíduos, pode contribuir significativamente para a poluição e a redução da qualidade de vida do homem.

O equacionamento do problema do lixo urbano, principalmente a remoção e a disposições, em Santa Maria, está diretamente ligado a empresa privada PRT, prestadora de serviço, sendo que todos os resíduos coletados na cidade tem destino final, uma extensa área de 10 ha, na vila Caturrita, a Noroeste junto a periferia da área urbana de Santa Maria. Em terrenos onde afloram a Formação Santa Maria, Membro Passo das Tropas e Membro Alemoa, ambos identificados em trabalhos de campo e avaliação “in loco”.

De acordo com o responsável técnico do local, estão instalados aí há aproximadamente 20 anos, sendo que o município vem utilizando para disposição dos resíduos sólidos urbanos a área de aproximadamente 3,74 ha, a qual sofreu processo de recuperação baseado em projeto executivo elaborado no ano de 1995.

Após a recuperação das áreas degradadas por uso inadequado, verificou-se a necessidade de utilização de determinada área para o uso em forma de aterro controlado, para o recebimento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos advindos da coleta regular diariamente, em valas abertas com disposição de argilas na base e no topo buscando-se a impermeabilização do terreno.

Baseado no fato de que o lixão está localizado, parcialmente sob um conjunto de camadas impermeáveis, argilosas (Membro alemoa) e, parte em rochas sedimentares muito porosas e permeáveis (Membro Passo das Tropas), pertencentes a Formação Santa Maria, e também situado no curso na nascente do Arroio Ferreira, resultando num ambiente sujeito a contaminação superficial e dos aquíferos. No local foram instaladas 3 bacias de decantação, protegidas com lonas plásticas, e uma última cava sem lona plástica, dispostas em degraus, atingindo o Arroio Ferreira, (Dutra, 2001), o sistema não tem eficiência elevada, conforme constatação no campo e de laboratório (Dutra, 2004).

Analisando-se a microbacia hidrográfica do Arroio Ferreira, verificou-se através da mensuração dos dados, que a mesma apresenta uma área de 5.207,72 ha e que o curso d'água principal, no caso, o Arroio Ferreira, apresenta uma extensão de aproximadamente 18.735,00 m, e é afluente do Arroio Picadinho, cujas as águas deságuam no Arroio Arenal, conseqüentemente no Rio Vacacaí, pertencente a Bacia Hidrográfica G do Guaíba. A microbacia hidrográfica do Arroio Ferreira localizada no município de Santa Maria/RS, encontra-se entre as coordenadas 29°43'33" de latitude Sul e 53°52'48" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, abrangendo em seus limites duas rodovias com revestimento sólido em duas ou mais vias, além de uma ferrovia cuja extensão é de 6.195,93 m; e diversos caminhos que facilitam o acesso e interligação aos diferentes pontos da microbacia, que intercala-se entre zona industrial, urbana (compreendendo os bairros Tancredo Neves, porções oeste do Parque Pinheiro Machado, do Conjunto Habitacional Santa Marta e Nova Santa Marta, bem como inúmeras ocupações clandestinas), e rural (Distrito de Boca do Monte, apresenta uma porção urbana, denominada Vila Esmeralda (Dutra, 2001).

De maneira geral define-se o lixo, como todo e qualquer resíduo sólido que resulte das atividades humanas, sendo que, compreende uma grande variedade de elementos provenientes de numerosas fontes (Gliessman, 2000). O lixo urbano apresenta, em sua execução três fases características e bem diferenciadas: a coleta, a remoção e o destino final.

Dessas etapas a mais importante, é indiscutivelmente, a deposição final, pois ela é merecedora de atenção, dado ao seu alto significado em relação à saúde e a questão urbana. A

problemática dos resíduos no meio urbano abrange alguns aspectos relacionados à sua origem e produção, assim como o conceito de inesgotabilidade e os reflexos de comprometimento do meio ambiente, principalmente a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos. Portanto, os resíduos sólidos de Santa Maria e de outras cidades, por ser inesgotável, torna-se um sério problema para os órgãos responsáveis da limpeza pública, pois diariamente grandes volumes de lixo são descartados no meio ambiente, necessitando de um destino final adequado.

Entretanto, a escassez de recursos técnicos e financiamento vem limitando esforços no sentido de ordenar a disposição desses resíduos, constituindo uma séria ameaça pública. Na expectativa de compensar as defasagens existentes e no intuito de colaborar com a solução dos problemas ambientais causados pelo lixo, está sendo desenvolvido como forma de destino final, o lixão, que é uma das práticas mais utilizadas, em virtude de sua simplicidade de execução e de seu relativo baixo custo. Além da disposição do lixo de forma adequada, capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos e de condições especiais para a decomposição biológica da matéria orgânica presente no lixo (CETESB, 1988).

Mas, o impacto ambiental causado pelo lixão de Santa Maria é bastante acentuado, pois ao fim da vida útil deste depósito, a área não poderá ser mais usada para outros fins, devido a contaminação e degradação do solo, causado pelos resíduos soterrados, sendo a pesquisa necessária para reverter essa problemática, conscientizando e prevenindo a população ao adequado destino do lixo. Torna-se necessário um Monitoramento da qualidade físico-química dos chorumes produzidos (CETESB, 1988) e da qualidade produzida.

### **Condições de Zelo e Proteção das Águas Subterrâneas**

As águas subterrâneas representam a parcela do ciclo hidrogeológico que transita pelo subsolo de um sistema hidrográfico. É importante salientar que, enquanto os rios tem uma função mais propriamente de coleta e transporte da água que chega na sua calha ou leito, a velocidade da ordem de quilômetros por dia; o subsolo tem uma função de estocagem das infiltrações que ocorrem nos terrenos da umidade hidrográfica, em função das baixas velocidades de percolação, da ordem de centímetros por dia. Em consequência o elemento primordial de regularização do fluxo dos rios, durante os períodos de estiagem. A água subterrânea é a maior reserva água doce facilmente acessível, em termos de quantidade, além de apresentar excelente qualidade. Em relação a água superficial, a água subterrânea apresenta vantagens tais como: não ocupar espaço em superfície, sofre menor influência nas variações climáticas, é passível de extração perto do local do uso, tem temperatura constante, tem maior quantidade de reservas, melhor qualidade (física, química e biológica) é melhor protegida contra os agentes poluidores e outros. Depende da profundidade e do tipo de poço executado (cacimba x tubular), o tubular deve seguir normas da ABNT.

As águas subterrâneas ocorrem nos microporos, fraturas e fissuras das rochas. Os aquíferos correspondem aos corpos rochosos que apresentam relativamente, as melhores características de porosidade (estocagem) e de permeabilidade (fluxo).

O fluxo das águas subterrâneas, em muitos casos bem como o transporte dos contaminantes da superfície até o nível freático, tende a ser um processo muito lento em muitos aquíferos, dependendo anos, até décadas, antes que um evento contaminador com produtos persistentes e móveis, atinja um poço em exploração.

A qualidade da água subterrânea depende das condições de uso do solo superficial, dos usos da água e da disposição de resíduos.

A maior preocupação em relação a contaminação das águas subterrâneas, relaciona-se aos aquíferos não confinados, especialmente onde o nível freático for pouco profundo (ex. < 5m). Um risco significativo de contaminação das águas subterrâneas, pode estar também associado a aquíferos semi-confinados, quando as camadas confinantes são delgadas e permeáveis.

Os corpos ou camadas aquíferas poderão estar, total ou parcialmente aflorando na superfície ou estarem confinados entre camadas relativamente menos permeáveis. Quando afloram na superfície topográfica constituem aquíferos livres, e neste caso, apresentam acentuadas interações com os corpos de água de superfície (rios, banhados, lagos naturais e artificiais) e com as formas de uso e ocupação do meio físico, vulneráveis aos agentes de deterioração ambiental, ocasionando intercomunicação com os aquíferos vizinhos poluídos.

No que concerne os processos de poluição, estes são visíveis e agudos, quando afetam os rios e outros corpos de água de superfície, enquanto são invisíveis e tornam-se crônicos, no caso dos aquíferos. Quando um poluente atinge um rio é rapidamente transportado e/ou diluído, mas no caso de aquíferos, o problema se torna praticamente irreversível no prazo de uma geração. Felizmente as águas subterrâneas estão, relativamente melhor protegidas do que os mananciais da superfície.

O uso e proteção das águas subterrâneas significa, estabelecer as condições de uso dentro de um regime hidrológico equilibrado e de proteção da qualidade contra os agentes de formas diretas ou indiretas de deterioração.

O abastecimento de água potável, extraída de aquíferos mais profundos e altamente confinados, somente será afetado quando o evento envolver substâncias muito persistentes (ex. gasolina), em prazos muito longos.

É importante mencionar que em termos gerais existe a possibilidade de auto eliminação de contaminantes durante o transporte em subsuperfícies, como resultado de degradação e/ou reações químicas, ou de atenuação microbiológica ou ainda existência de argilas com elevada Capacidade de Troca de Cátions, como nas montmorilonitas e ilitas, nota do orientador da pesquisa.

Os processos de retardação dos contaminantes devido a fenômenos de sorção são importantes. Mesmo que tais fenômenos não conduzam a eliminação de substâncias, incrementam o período de permanência, permitindo que os processos de eliminação atuem com mais eficácia.

Riscos da poluição de águas subterrâneas fundamentais:

A caracterização mais aproximada da idéia de risco de poluição de água subterrânea consiste na associação e interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga de contaminante aplicada no solo ou em sub-superfície.

De acordo com este esquema, pode-se configurar uma situação de alta vulnerabilidade, porém sem risco de poluição, pela ausência de carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; o mesmo não ocorre, com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

A vulnerabilidade de um aquífero à poluição significa sua maior ou menor susceptibilidade de ser afetado por uma carga contaminante imposta. É um conceito inverso ao de capacidade de assimilação de um corpo de água receptor, com a diferença de que o aquífero possui uma cobertura não saturada que proporciona uma proteção adicional. A caracterização da vulnerabilidade do aquífero pode ser melhor expressa por meio dos seguintes fatores, de acordo com Foster *et al.* (2003):

- ✓ acessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes;
  - ✓ capacidade de atenuação, resultante de retenção físico-química ou reação de poluentes.
- Estes dois fatores naturais são passíveis de interação com os elementos característicos da carga poluidora, a saber;
- ✓ O modo de disposição no solo ou em sub-superfície;
  - ✓ A mobilidade físico-química e a persistência do poluente.

A interação destes fatores permite avaliar o grau de risco de poluição a que um aquífero está sujeito. Nesta avaliação devem ser ponderados, ainda, a escala e magnitude do episódio de poluição, assim como a essencialidade do recurso hídrico afetado. Cuidar dos recursos hídricos é um dever, uma obrigação, uma necessidade, pois da água potável depende a sobrevivência dos seres vivos de nosso planeta.

## **METODOLOGIA**

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, utilizou-se dados já existentes e coletados em um amplo levantamento bibliográfico no banco de dados, que foram retirados da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), e pesquisa bibliográfica,

usando material de apoio do Curso de Gestores Regionais de Recursos Hídricos, do Centro de Tecnologia UFSM, pesquisa feita através da Internet e informações referentes à temática em estudo do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, (SERH), Lei 10.350 / 94, Secretaria Estadual do Meio Ambiente, (SEMA, 2004), Mapa Hidrogeológico (1995), Mapa Geotécnico (1990), Cartas Topográficas do Exército Brasileiro, fotografias de campo tiradas pelo Engenheiro Florestal Luiz Geraldo Cervi – Secretaria de Gestão Ambiental do Município de Santa Maria.

A fase inicial constitui-se do aprofundamento teórico – metodológico buscando delimitar o marco teórico de investigação via consulta bibliográfica.

Para tal, utilizou-se de conceitos básicos como: meio ambiente, impacto ambiental; entre outros. Definida a linha teórica, delineou-se a parte prática da pesquisa, delimitando a área em estudo. Para o desenvolvimento da temática em análise, ou seja, o impacto ambiental, para tal, utilizou-se critérios preestabelecidos, fornecidos por instrumento de pesquisa ligado a questões ambientais. Este procurou identificar a articulação de necessidade de uma fiscalização ambiental, motivando a concepção de novos métodos na preservação de impactos ambientais causados pelo lixo; falta de esclarecimento sobre os efeitos nocivos do lixo, postados no lixão de Santa Maria; maior interesse por parte da Prefeitura Municipal, em função da coleta e destino final do mesmo, já que estes serviços foram terceirizados pela prestadora de serviços – PRT e também, o solo como destino final do lixo, é considerado, uma vez que os solos permeáveis favorecem a infiltração de resíduos de alto grau de toxicidade, ocasionando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

A partir de uma escala espacial, processou-se a uma seleção de variáveis que expressam o comportamento dos indicadores da questão ambiental causadores da contaminação no lixão de Santa Maria – RS. Pretende-se, também, estabelecer um diagnóstico sobre o impacto ambiental. Procurou-se também, verificar através de pesquisas no local do lixão, os fatos, quais os agentes causadores da contaminação visíveis na área, identificando o nível de degradação do meio ambiente em função da aplicação de tecnologias inadequadas. Portanto nesta pesquisa não foram realizadas análises físico-químicas e/ou bacteriológicas, mas citadas as disponíveis.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A microrregião de Santa Maria localiza-se quase toda na Depressão Central do Rio Grande do Sul, constituídas de 13 municípios (segundo a divisão territorial do RS de 1997 IBGE e decreto 39.639 de 28/07/1999), porém foi constatado através de imagem do satélite do Land Sat - 95 SIGPRO 2002, que apenas cinco municípios dessa microrregião pertencem a Bacia Hidrográfica do

Vacacaí – Vacacaí Mirim (Santa Maria, Itaara, Dilermando de Aguiar, São Sepé e Vila Nova do Sul), A bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim localiza-se entre as latitudes 29° 30' e 29° 45'S e longitude 54° 00' e 53° 30'W de Greenwich, Silvério da Silva, artigo inédito encaminhado para publicação, 2004.

O clima da área é temperado, chuvoso e quente, apresentando uma temperatura média de –3 e 18° C, no mês mais frio, e uma temperatura média superior a 20° C nos meses mais quentes. As precipitações pluviométricas são regulares, sem estação seca definida. A paisagem natural dessa área é dividida em três unidades geomorfológicas: Topo de Planalto, Rebordo do Planalto Meridional e Depressão Central (maior parte da Bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim). A fragilidade da Formação Rosário do Sul está associada a sua constituição, a qual é formada por arenitos finos micáceos, bem consolidados de cor rosa a vermelha na base, passando a amarelo-acinzentado e lilás em direção do topo, com estratificação cruzada acanalada e planar de origem fluvial, localmente podem conter cimento carbonático, tornado a água dura, isto é, rica em sais de cálcio e magnésio, os poços apresentam baixa vazão (CPRM, 1995 e Silvério da Silva, 1997).

O lixão de Santa Maria é bastante contaminado (Figura 4), pois ao fim da vida útil deste depósito, a área não poderá ser usada para outros fins, devido a contaminação e degradação do solo, causada pelos resíduos soterrados no lixão e pela inexistência de uma usina de triagem, o volume de resíduos domiciliares é de 160 toneladas por dia que é igual a 220m<sup>3</sup> /dia (PRT, 2003).



Figura 4. Lixão de Santa Maria.  
Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Maria.

Propõe-se a erradicação do “lixão da Caturrita” e a implantação da coleta seletiva em toda a área urbanizada, que já começou a ser feita.

O uso e proteção das águas subterrâneas significa estabelecer as condições de uso dentro de um regime hidrológico equilibrado e de proteção da qualidade no abastecimento da água potável, para o controle do processo de disposição dos resíduos no lixão foram executados três poços de monitoramento

próximos da área utilizada. Estes poços terão como finalidade facilitar a coleta de águas subterrâneas que deverão ser analisados os parâmetros físicos-químicos e bacteriológicos (Luiz Geraldo Cervi, informação verbal 2004).

Através dos poços tubulares se pode analisar a vulnerabilidade das águas subterrâneas, que pode ser usado o medidor de nível d'água e/ou piezômetro (tipo Casagrande). O medidor de nível d'água consiste em um tubo plástico, perfurado e com a parte inferior tamponada, que é instalado

no furo de sondagem, com proteção na parte perfurada com filtro de areia ou manta sintética. Na superfície do terreno é feita uma caixa de proteção para resguardar o equipamento e identificá-lo Figura (5a). A posição da água no interior do tubo é medida com um sensor elétrico, sonoro (pio) ou equipamentos sofisticados que empregam ondas eletromagnéticas.

O piezômetro (tipo Casagrande) é semelhante ao medidor de nível d'água, porém o trecho de medida perfurado é ajustado ao aquífero considerado. O restante do furo é obstruído com calda de cimento ou argila bentonítica, conforme apresenta a Figura (5b), ABGE (1998).

Os sistemas de medidas podem ser: pneumático, hidráulico ou com transdutor elétrico. Quando existe artesianismo, a pressão pode ser lida com um manômetro instalado na boca do piezômetro.

Outra medida hidráulica importante é a vazão, que pode ser efetuada com hidrômetro, proveta e cronômetro ou um medidor de vazão. Existem, pelo menos, dois medidores de vazão: aquele que emprega transdutores de pressão em tubulações onde há redução no diâmetro e mais comuns, que consiste em uma caixa composta com um pequeno vertedouro de forma triangular, trapezoidal ou retangular, que permite quantificar o fluxo pela altura da lâmina d'água, que passa acima da soleira, conforme a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE, 1998).

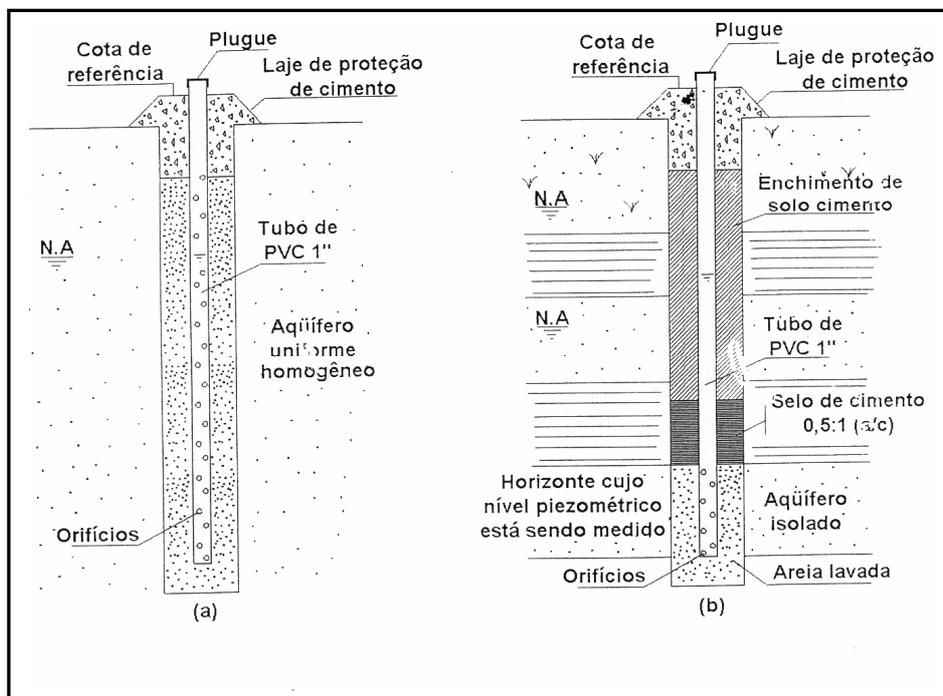


Figura 5. Medidor de nível d'água (a); piezômetro tipo Casagrande (b).  
Fonte: ABGE, 1998 – cap.11)

No ano de 2003 foi realizada, pelo Eng<sup>o</sup> Químico Carlos Ernando (Laboratório de Hidráulica e Saneamento/UFSM) e Químico Industrial Érico Flores Marlon Moraes (LAQIA/UFSM), uma

Avaliação preliminar do impacto ambiental do chorume gerado no Lixão de Santa Maria. A seguir apresenta-se os resultados dessa análise (Tabela 2), obtidas de Dutra (2004, inédito).

Tabela 2. Resultados da avaliação do impacto ambiental do chorume gerado no Lixão de Santa Maria, 2003

<b>Ponto Amostragem</b>	<b>Poço 1</b>	<b>Poço 2</b>	<b>Lagoa Entrada</b>	<b>Lagoa Saída</b>	<b>Sanga antes</b>	<b>Sanga após</b>
pH	4,19	6,09	7,79	8,27	6,73	8,22
Turbidez (NTU)	159,23	118,38	420,59	221,88	102,14	110,82
Condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ )	803	68,9	12,43 (mS/cm)	7,03 (mS/cm)	50,0	1878
Salinidade (%)	0,1	0,0	7,1	3,8	0,0	0,8
DBO (mg/L)	8,39	6,11	2157,58	665,63	6,61	181,54
DQO (mg/L)	79,21	13,86	3899,81	1709,91	11,88	397,48

Nível de H<sub>2</sub>O - Poço 1 = Profundidade do cano 1,22m

- Poço 2 = Profundidade do cano 1,13m

Com base nos resultados apresentados é clara a alteração físico-química das águas superficiais e subterrâneas coletadas nos poços (1 e 2), quando comparados aos valores da Sanga (nascente) antes de receber o chorume produzido nas Lagoas de decantação, até atingirem as nascentes do Arroio Ferreira (Dutra, 2004).

## SUGESTÃO

É necessário um Projeto Ambiental e a gestão de Recursos Hídricos em ações efetivas proporcionando suprimento sustentável de água para o consumo humano, industrial irrigação de lavouras. Desta forma sugere-se um cadastramento dos recursos hídricos subterrâneos e o monitoramento de sua qualidade.

## BIBLIOGRAFIA

ABAS, ABGE, SBG/ SP, Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo, 1992.

ABAS, Revista de Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, nº 17 – Maio de 2003.

ABAS, Associação Brasileira de Águas subterrâneas, Poços Artesianos, uma alternativa Viável. <http://www.abas.org.br/cliping/atual/005.htm>, visitado em 16 de maio de 2004.

ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, SOUZA, L.A.P.; DA SILVA, R.F.; IYOMASA, W.S - Capítulo 11, Métodos de Investigação, 1998.

A RAZÃO. Gerenciamento da Bacia hidrográfica do Vacacaí e Vacacaí-Mirim, criada pelo Decreto 39640 de 28/07/1999. Jornal, Edição de 16/09/1999.

ARTIGO inédito em preparação de José Luiz Silvério da Silva – UFSM, Angélica Cirolí – UFSM e Saulo Vichara Berro, encaminhado para publicação 2004, **Análise da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos da Microrregião de Santa Maria – RS, Localizada na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí – Vacacaí Mirim**, 2004, 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos** : NBR 7229. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL, Constituição Federal. 1988.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento. **Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas** – Norma CETESB 06.010, ABR/88 – Construção de poços de monitoramento de aquífero freático, 1988. 32p.

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. **Mapa Hidrogeológico da Falha de Santa Maria**, Escala 1:100.000. 1995.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – **Resolução nº 9** de 21/Junho/2000.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 15** de 11/janeiro/2001.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 16** de 08/maio/2001.

\_\_\_\_\_. Outorga de Direito de Uso e Cobrança pelo uso da Água. **Resolução nº 22** de 22/agosto/2002.

CORREIO DO POVO. **O Estratégico Aquífero Guarani**, Jornal, edição 17 de maio de 2004.

DUTRA, D. A. **Estudo da zona de influência entre poços tubulares**. UFSM/CCR, Geomática, em preparação. 2004.

\_\_\_\_\_. **Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Arroio Ferreira. Santa Maria, RS**. Monografia. Santa Maria, UFSM, 127 p., 2001.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – Secretaria de Meio Ambiente/SEMA/DRH. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em fevereiro 2004. Recursos hídricos, html.

FOSTER, S.; HIRATA, R.A.A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Protección de la Calidad del Agua Subterránea**, 2003 112p.

GLEISSMAN, S. R. **Agroecologia**: Processos em agricultura sustentável, Porto Alegre. Ed. UFRGS, 2000.

GREGORAUSHUK, J.L.S. **Usos das águas subterrâneas do Aquífero Guarani**. Disponibilidade em: <<http://www.sg-guarani.org>> Acesso em maio de 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. Leitura pluviométrica da chuva de 1973. Relatório interno. Disponível em <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em maio de 2004.

HAUSMAN, A. **Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, Estudos Tecnológicos**. São Leopoldo: Acta Geologica Leopoldensia, 1995. 125p.

MACIEL, C. L. F°. **Carta Geotécnica de Santa Maria**, UFSM, 1990.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**, São Paulo, 1993.

PRT Prestadora de Serviços Ltda. **Projeto Executivo de Aterro Controlado para Resíduos Sólidos Domésticos de Santa Maria**, 2003. 34 p.

REBOUÇAS, A. da C. **Águas Subterrâneas**. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de estudos Avançados da USP. 1999, pg. 117 a 150.

REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B, TUNDISI, J.G. **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 703p.

SILVA, J. L. S. da, CIROLI, A., BERRO, S. V. **Análise da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos da Microrregião de Santa Maria – RS, localizada na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí – Vacacaí-Mirim**. Edital inédito em preparação, encaminhado para publicação, 2004. 12p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA - SBG/SP, Núcleo de São Paulo, 1992.