UFSM

Dissertação de Mestrado

VULNERABILIDADE NATURAL DE AQÜÍFEROS E POTENCIAL DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Quelen da Silva Osório

PPGG

Santa Maria, RS, Brasil

2004

VULNERABILIDADE NATURAL DE AQÜÍFEROS E POTENCIAL DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

---

por

Quelen da Silva Osório

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós Graduação em Geomática,
Área de Concentração em Tecnologia da Geo-Informação, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática.

PPGG

Santa Maria, RS, Brasil

2004

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós Graduação em Geomática

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

VULNERABILIDADE NATURAL DE AQÜÍFEROS E POTENCIAL DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

elaborada por
Quelen da Silva Osório

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Cassol
(Professor Orientador)

Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva

Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, 13 de dezembro de 2004.

“Cada homem está envolto em um círculo de coisas,
de árvores, de animais, de idéias e de homens
cuja salvação ele deve assegurar
só ele o pode, mais ninguém.
Se não conseguir salvar
o que o rodeia,
não poderá
salvar-se
a si próprio”.
Nikos Katsantzakis, 1952.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria pela infra-estrutura, qualidade e gratuidade do ensino, no processo de qualificação profissional.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq pelo incentivo através da vinculação a programas como o CT-HIDRO, o qual contemplou o desenvolvimento da presente dissertação com uma bolsa de mestrado.

Aos Professores do Curso de Pós Graduação em Geomática pela contribuição no processo de formação técnico-científico e intelectual.

Ao Professor Dr. Roberto Cassol pela orientação e colaboração durante o decorrer do curso de Pós-Graduação, incentivando e esclarecendo dúvidas sempre se faziam presentes.

Aos Professores Dr. José Luiz Silvério da Silva e Dr. Waterloo Pereira Filho pela leitura e avaliação da presente dissertação.

Aos meus pais João Alaor Lopes Osório, Nedi da Silva Osório e ao meu irmão Jean da Silva Osório pelo esforço, carinho e compreensão.

Ao Denecir de Almeida Dutra pelo apoio, carinho e dedicação.

SUMÁRIO

LISTAS
Lista de Quadros ix
Lista de Figuras xi
Lista de Anexos xiii
Listas de Reduções (siglas e abreviaturas) xiv

RESUMO xv
ABSTRACT xvi

1. INTRODUÇÃO 1
    1.1. Objetivos 4
        1.1.1. Objetivo Geral 4
        1.1.2. Objetivos Específicos 4
    1.2. Caracterização Geral da Área 5

2. REVISÃO DE LITERATURA 10
    2.1. Situação dos Recursos Hídricos 10
    2.2. Debates Internacionais sobre os Recursos Hídricos 13
    2.3. Aspectos Legais sobre os Recursos Hídricos no Brasil 17
        2.3.1. Legislações sobre os Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul 23

2.4. Recursos Hídricos Subterrâneos 27
2.4.1. Definições do meio aqüífero 27
2.4.1.1. Classificação dos aqüíferos segundo a pressão da água 30
2.4.1.2. Classificação dos aqüíferos segundo a geologia do material saturado 30
2.4.2. Fontes de captação das águas subterrâneas 33
2.4.2.1. Poços Rasos 33
2.4.2.2. Poços Profundos 35
2.4.3. Situação dos Recursos Hídricos Subterrâneos 36
2.4.4. Vulnerabilidade Natural de Aqüíferos 40
2.4.1.1. Metodologias para o estudo da vulnerabilidade natural 43
2.4.5. Fontes de Poluição das Águas Subterrâneas 46
2.4.1.1. Fontes de Contaminação Dispersa ou Difusa 48
2.4.1.1. Fontes de Contaminação Pontual 49
2.5. Estudos Regionais 56
2.6. Sistemas de Informações Geo-Referenciadas 60

3. MATERIAL E MÉTODO 71
3.1. Procedimento Metodológico (Método) 71
3.1.1. Critérios para Determinação do Risco de Contaminação 71
3.1.1.1. Vulnerabilidade natural dos aqüíferos..... 71
3.1.1.2. Atividades geradoras de poluição 75
3.2. Procedimentos Técnicos (Materiais) e Cartográficos 76
3.2.1. Delimitação da área de estudo 76

3.2.2. Coleta de informações sobre os aspectos físico-naturais 78
3.2.3. Transformações de coordenadas 79
3.2.4. Representações Cartográficas 80
3.2.4.1. Mapa de distribuição espacial dos poços 80
3.2.4.2. Mapa geológico 81
3.2.4.3. Mapa de variação da profundidade dos poços 82
3.2.4.4. Mapa de variação do nível estático dos poços 83
3.2.4.5. Mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos 84
3.2.4.6. Mapa de uso e ocupação do solo 86

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 87
4.1. Vulnerabilidade natural dos aqüíferos 87
4.1.1. Análise dos aspectos físico-naturais 87
4.1.2. Graus de confinamento hidráulico (***G***) 91
4.1.3. Ocorrência do substrato litológico (***O***) 93
4.1.4. Distância do nível da água subterrânea (***D***) 97
4.2. Análise das atividades geradoras de poluição 103

5. CONCLUSÕES..... 116

6. BIBLIOGRAFIA..... 119

ANEXOS..... 136

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 – Distribuição vertical da água no subsolo 28

QUADRO 02 – Variáveis hidrogeológicas arroladas no método "DRASTIC" 43

QUADRO 03 – Parâmetros considerados no método "GOD" 45

QUADRO 04 – Principais relações topológicas entre os objetos 68

QUADRO 05 – Principais métodos de interpolação 69

QUADRO 06 – Valores indicativos da vulnerabilidade natural 84

QUADRO 07 – Formas de abastecimento de água nos domicílios particulares permanentes dos municípios da MRG 018 90

QUADRO 08 – Comportamento hidroestratigráfico das formações geológicas na MRG 018 96

QUADRO 09 – Tipo de esgotamento sanitário dos domicílios particulares permanentes dos municípios da MRG 018 111

QUADRO 10 – Destino do lixo dos domicílios particulares permanentes dos municípios da MRG 018 113

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Localização da microrregião geográfica de Santa Maria -MRG 018, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil 5

FIGURA 02 – Ciclo Hidrológico 12

FIGURA 03 – Representação dos planos de informação (ou *layers*) e dos formatos de dados (*raster* e vetorial) 64

FIGURA 04 – Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural dos aqüíferos 73

FIGURA 05 – Procedimento para geração do mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos 74

FIGURA 06 – Articulação das cartas topográficas 77

FIGURA 07 – Disposição das informações no banco de dados 79

FIGURA 08 – Articulação dos mapas geológicos 82

FIGURA 09 – Mapa de distribuição espacial dos poços na MRG 018 89

FIGURA 10 – Mapa geológico da MRG 018..... 94

FIGURA 11 – Mapa de variação da profundidade dos poços na MRG 018 98

FIGURA 12 – Mapa de variação do nível estático dos poços na MRG 018 100

FIGURA 13 – Mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos na MRG 018 102

FIGURA 14 – Evolução da densidade demográfica na MRG 018, entre os anos de 1991, 1996 e 2000 104

FIGURA 15 – Evolução da densidade demográfica dos municípios da MRG 018, entre os anos de 1991, 1996 e 2000 105

FIGURA 16 – Porcentagem da população rural e urbana nos municípios da MRG 018 no ano 2000 106

FIGURA 17 – Mapa de uso e ocupação do solo na MRG 018 108

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 – Banco de dados sobre os poços da MRG 018 136

ANEXO 02 – Produção agrícola (lavouras permanentes e temporárias) por município da MRG 018 142

ANEXO 03 – Produção pecuária, por município da MRG 018 145

LISTAS DE REDUÇÕES (SIGLAS E ABREVIATURAS)

CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
DRASTIC	Procedimento metodológico
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GOD	Procedimento metodológico adotado
MRG	Microrregião Geográfica
NE	Nível estático dos poços
ND	Nível dinâmico dos poços
ONU	Organização das Nações Unidas
SIG(s)	Sistema de Informações Geo-Referenciadas (ou Geográficas)
SAD 69	*South American Datum-69*, Datum cartográfico cuja origem é o vértice Chuá.
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
UTM	Sistema de Coordenadas, Universal Transversa de Mercator

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

VULNERABILIDADE NATURAL DE AQÜÍFEROS E POTENCIAL DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Autora: Quelen da Silva Osório
Orientador: Roberto Cassol
Data e Local de Defesa: Santa Maria, 13 de dezembro de 2004.

Existe uma atitude generalizada de subestimar os riscos de poluição das águas subterrâneas que se contrapõe ao crescimento de sua utilização, esta situação aumenta seu risco de contaminação. Assim, o trabalho teve como objetivo geral determinar áreas susceptíveis à contaminação das águas subterrâneas na Microrregião Geográfica de Santa Maria; e como objetivos específicos coletar dados, estabelecer a vulnerabilidade natural dos aqüíferos, identificar as atividades poluentes e representar cartograficamente às informações obtidas. Elaborou-se um banco de dados com informações dos 345 poços cadastrados (SIAGAS/CPRM) e aplicou-se o método "GOD" (Foster e Hirata, 1987) considerando ***G***rau de confinamento hidráulico, ***O***corrência do substrato litológico e ***D***istância do nível da água. Constatou-se que a área apresenta estrutura natural frágil, predominando as classes de vulnerabilidade Alta e Extrema. As atividades sócio-econômicas identificadas através de consultas à Base de Informações Municipais (IBGE, 2002) referem-se à produção agrícola e pecuária. Concluiu-se que as águas subterrâneas em Santa Maria, Cacequi, São Sepé, Itaara, São Pedro do Sul, Nova Esperança do Sul, São Vicente e Jaguari estão mais susceptíveis a contaminação por atividades do setor urbano-residencial. Enquanto em Dilermando de Aguiar, Mata, São Martinho da Serra, Toropi e Vila Nova do Sul o risco de contaminação está vinculado às atividades do setor rural. Essas atividades podem alterar ou induzir novos mecanismos de recarga, o entendimento desses mecanismos e a correta avaliação de tais modificações são fundamentais, pois a carga contaminante pode ser controlada ou modificada, não ocorrendo o mesmo com a vulnerabilidade natural do aqüífero (Foster e Hirata, 1993).

ABSTRACT

Dissertation of Master's degree
Program of Post Graduation in Geomantic
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

NATURAL VULNERABILITY OF AQUIFERS AND POTENTIAL OF POLLUTION OF THE GROUNDWATERS

Author: Quelen da Silva Osório
Advisor: Prof. Dr. Roberto Cassol
Dates and Place of Defense: Santa Maria, 13rd December 2004.

A widespread attitude exists of underestimating the risks of pollution of the groundwaters that it opposes to the growth of its use; this situation increases its risk of contamination. Like this, the work had as general objective to determine areas susceptible to the contamination of the groundwaters in Santa Maria's Geographical Micro region; and as specific objectives to collect data, to establish the natural vulnerability of the aquifers, to identify the pollutant activities and to represent cartographically the obtained information. A database was elaborated with information of the 345 registered wells (SIAGAS/CPRM) and the method GOD was applied (Foster and Hirata, 1987) considering ***G***roundwater degree of hydraulic confinement, ***O***ccurrence of the litology substratum and ***D***epth of the groundwater level. It was verified that the area presents fragile natural structure, prevailing the classes of High and Extreme vulnerability. The identified socioeconomic activities through consultations to the Base of Municipal Information (IBGE, 2002) they refer to the agricultural and cattle production. It was ended that the groundwaters in Santa Maria, Cacequi, São Sepé, Itaara, São Pedro do Sul, Nova Esperança do Sul, São Vicente and Jaguari are more susceptible the contamination for activities of the urban-residential section. While in Dilermando de Aguiar, Mata, São Martinho da Serra, Toropi and Vila Nova do Sul the risk of contamination is linked to the activities of the rural section. Those activities can alter or to induce new recharge mechanisms, the understanding of those mechanisms and the correct evaluation of such modifications is fundamental, because the polluting load can be controlled or modified, not happening the same with the natural vulnerability of the aquifer (Foster and Hirata, 1993).

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos os homens tentavam desvendar os mistérios da água. De início relacionavam esses mistérios às divindades, cujos feitos eram cantados em hinos e transmitidos em mitos e lendas. Todos esses mitos remontam a pré-história, mas no século XVII, começou-se a impor a necessidade de o estudo da natureza fundamentar-se na observação. Esses esquemas racionais foram confirmados com a aplicação dos primeiros enfoques quantitativos, precursores da hidrologia moderna. No século XVIII, novos estudos quantitativos permitiram estabelecer a teoria do ciclo da água encontrada nos livros científicos modernos, e assim os cálculos foram se tornando cada vez mais precisos tanto que no século XIX e XX a Lei de Darcy foi desenvolvida e pode ser aplicada aos movimentos das águas em todas as condições (Issar, 1993).

Por muito tempo as águas subterrâneas foram o elemento mais incompreendido do ciclo das águas, seu lugar na circulação das águas terrestres só foi compreendido no século XVII, e apenas recentemente aprendeu-se a medir seu volume e seus fluxos. No entanto, esses recursos são explorados e utilizados pela humanidade há vários milênios. Em todas as eras e em todo o mundo, os homens inventaram múltiplos processos de captação e extração. Apesar dos progressos da ciência e da arte dos hidrogeólogos, que se dedicam ao estudo e ao controle das águas subterrâneas, estas ainda são pouco conhecidas do público e mesmo dos engenheiros ou administradores responsáveis pela ordenação e gestão das águas (Margat, 1993).

Atualmente a demanda pela utilização das águas subterrâneas aumenta diariamente e estima-se que no ano de 2020 o volume hídrico ofertado pode representar, por habitante, somente a metade do que representa atualmente, gerando condições preocupantes para o desenvolvimento econômico e evolução da vida humana. Hoje o regime ofertado é somente a metade do que era em 1960 e aproximadamente 1,5 bilhões de pessoas dependem de água subterrânea para consumo (Cavalcante, 2001).

No entanto, é evidente a atitude generalizada de subestimar os riscos de poluição destes recursos, que é lentamente observado, freqüentemente difuso e acumulativo. A poluição das águas subterrâneas é mais perniciosa que a das águas superficiais, e também mais duradoura. As fontes de contaminação costumam ser locais, mas seus efeitos podem propagar-se a grandes distâncias e persistir por muito tempo, às vezes por várias gerações, porque a água poluída armazena-se no solo e sua renovação natural é muito lenta (Margat, 1993).

A proteção das águas subterrâneas, tanto para as atuais como para as futuras gerações, carece ações urgentes, e convém compreender que as águas subterrâneas não são independentes das águas superficiais, e distribuem-se tão organizadamente quanto essas, em aqüíferos de tamanhos variados e estruturas de diferentes complexidades, tanto condutoras quanto essencialmente armazenadoras (Rebouças, 1999).

Assim, através de uma abordagem regional o presente trabalho tem como diretriz determinar áreas susceptíveis à contaminação das águas subterrâneas na Microrregião Geográfica de Santa Maria – MRG 018, a partir do estudo da vulnerabilidade natural dos aqüíferos;

contribuindo para os estudos da Geografia Regional associada com a questão Ambiental especificamente no âmbito dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Destaca-se que, as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto foram de extrema importância para aplicação do método “GOD”, pois permitiram o cruzamento das informações obtidas e representadas através dos planos de informação (*layer*) gerados; cumprindo seu papel na Era da Informática para dinamizar o processo de observação dos fenômenos decorrentes da relação homem x meio retratadas no espaço e no tempo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Determinar áreas susceptíveis à contaminação das águas subterrâneas na Microrregião Geográfica de Santa Maria – MRG 018.

1.1.2. Objetivos Específicos

Estabelecer a vulnerabilidade natural dos aqüíferos a partir da condição de ocorrência das águas subterrâneas, da litologia geral e da profundidade do nível freático.

Identificar as possíveis atividades geradoras de poluição.

Representar cartograficamente as informações obtidas para realizar o cruzamento dos planos de informações e estabelecer as áreas potenciais à contaminação.

1.2. Caracterização geral da área

O presente estudo foi desenvolvido na Microrregião Geográfica de Santa Maria – MRG 018 (Figura 01), que pertence a Mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense conforme a classificação estabelecida pelo IBGE (1990) e a divisão municipal de 1997. Localiza-se entre as coordenadas 55°22’30” e 53°07’30” de longitude Oeste e 29°17’22” e 30°30’00” de latitude Sul.

Ao Norte limita-se com a MRG 017 – Santiago, à Oeste com a MRG 029 – Campanha Ocidental, ao Sul com a MRG 030 – Campanha Cental, com a MRG 031 – Campanha Meridional e com a MRG 032 – Serras de Sudeste; enquanto a Leste limita-se com a MRG 019 – Restinga Seca e com a MRG 022 – Cachoeira do Sul.

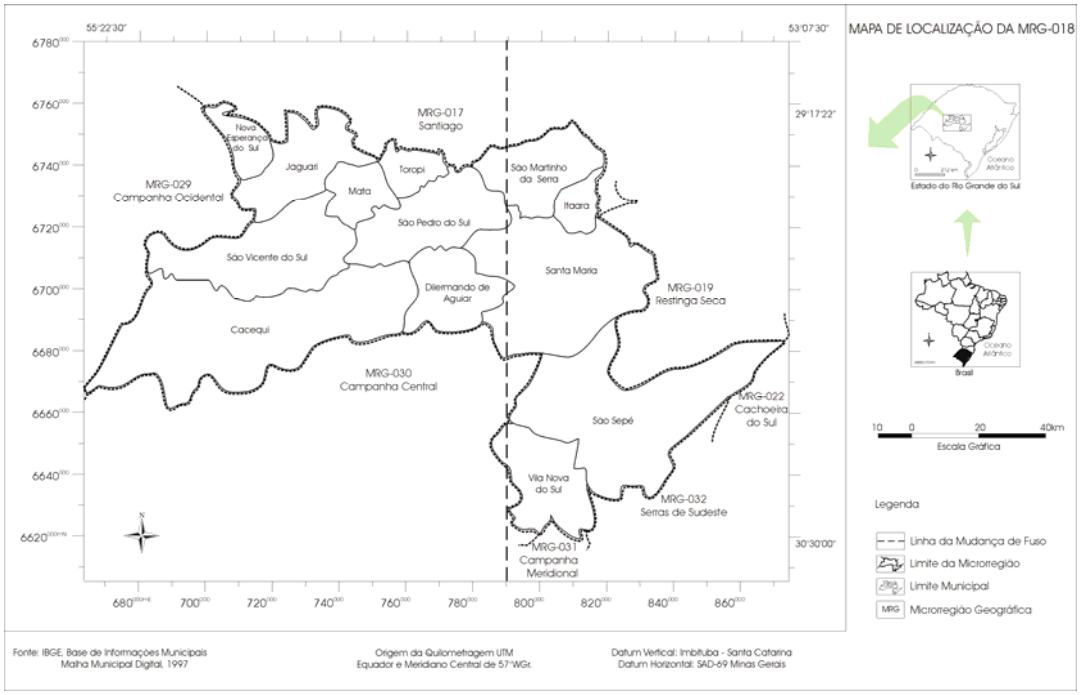


FIGURA 01 - Localização da Microrregião Geográfica de Santa Maria MRG 018, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

Esta Microrregião possui uma área de 11.765,4 Km² e abrange treze municípios: Cacequi, Dilermando de Aguiar, Itaara, Jaguari, Mata, Nova Esperança do Sul, Santa Maria, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Toropi e Vila Nova do Sul. Concentra 349.424 habitantes, no total, e a densidade demográfica equivale a 29,7 hab/Km², segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2000).

A rede de drenagem superficial que abrange a área de estudo divide-se em dois sistemas hídricos diferentes: a Bacia Hidrográfica do Guaíba, através de seus rios afluentes Vacacaí e Vacacaí Mirim e a Bacia Hidrográfica do Uruguai, através dos rios Ibicuí e Ibicuí Mirim.

Quanto às águas subterrâneas, a Microrregião Geográfica de Santa Maria é integrante do Sistema Aqüífero Guarani (ou também chamado Aqüífero Botucatu); que por sua vez, é considerado como a principal reserva subterrânea de água doce da América do Sul, com extensão de 1,2 milhões Km² aproximadamente. Estende-se pelos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina e por partes do território do Uruguai, Paraguai e Argentina. Ele pode fornecer até 43 trilhões de metros cúbicos de água por ano, suficiente para abastecer uma população de 500 milhões de habitantes (Rebouças, 1999).

A área de estudo está situada na Depressão Periférica Sul Riograndense, que conforme a classificação do relevo estabelecido por Ross (1996), caracteriza-se pelo predomínio das planícies e coxilhas suaves; estendendo-se do Planalto Sul-Rio-Grandense (núcleo cristalino arqueado) até o Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná (bacia sedimentar), fato que ocasiona as diferenças altimétricas e a presença de morros testemunhos isolados e engastados.

As formas de relevo originam-se a partir das fragilidades naturais das rochas aos processos de intemperismo, de tal modo que as características geológicas são limitantes dos processos de modelagem terrestre. Na MRG 018, predominam as rochas sedimentares de origem flúvio eólica, e em menor escala rochas fraturadas de origem vulcânica restrito ao extremo Norte da microrregião, além das rochas de origem ígneo-metamórficas localizadas ao Sul, limitando-se aos municípios de Vila Nova do Sul e São Sepé.

No âmbito da hidrogeologia, estas estruturas geológicas apresentam grande importância aqüífera e na MRG 018, o comportamento hidroestratigráfico limita-se à composição das Formações Aluviões, Serra Geral, Botucatu, Rosário do Sul, Estrada Nova, Irati, Palermo, Rio Bonito, Crespos, Maricá, Vacacaí, Cerro Mantiqueira, Grupo Cambaí e Granitos Caçapava do Sul (RADAMBRASIL, 1986).

As variáveis climáticas também desempenham papel fundamental para o sistema natural de abastecimento dos aqüíferos; e o tipo de clima que predomina na região é do tipo *Cfa*, que segundo a classificação climática internacionalmente conhecida de Willian Köppen (1948) caracteriza-se como sendo subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo dos anos e média anual de 1.769mm, permitindo o freqüente abastecimento dos aqüíferos, condicionado pelas formas de recarga, armazenamento, circulação e descarga dos das águas subterrâneas.

Segundo Sartori (1980) ficou evidenciado que o controle do tempo, na referida região, é imposto pelos Sistemas Extratropicais devido a sua maior participação em número de dias (334), em detrimento dos Sistemas Intertropicais (31 dias), demonstrando o

predomínio das Frentes e Massas Polares na circulação atmosférica regional.

Os Sistemas Extratopicais, segundo a autora, atuam praticamente com a mesma intensidade em todas as estações, seja sob a forma de Massa Polar Atlântica ou Massa Polar Velha, enquanto os Sistemas Intertropicais atuam, quase que exclusivamente, nas fases Pré-Frontais e por não mais de dois dias consecutivos.

A temperatura média anual no ano de 2001 permaneceu em torno de 20,03°C; a precipitação total atingiu 1.923,7 mm sendo que nos meses de janeiro, abril, julho e setembro os valores pluviométricos ultrapassaram 2.000 mm. De janeiro a abril a evapotranspiração real oscilou de 71 a 140 mm. A partir do mês de abril os valores decaíram até 30 mm no mês de julho, voltando a elevar-se até 122 mm em dezembro. Assim, no ano de 2000, não houve alteração na capacidade de armazenamento de água nem ocorreu déficit hídrico para a região, predominando um excedente hídrico considerável (Osório *et al.*, 2002).

Os solos também exercem um papel importante na dinâmica das águas subterrâneas, pois a maioria dos processos que causam atenuação e eliminação de contaminantes em subsuperfície, é mais efetiva, na zona de solos biologicamente ativa, como resultado do seu maior conteúdo de argila e matérias orgânicas e da presença maior de população bacteriana (Foster e Hirata, 1993).

Assim, os solos que predominam na MRG 018, considerando o mapa exploratório de solos do projeto RADAMBRASIL (1986) são do tipo Latossolo Vermelho-Escuro álico, Podzólico Bruno-Acinzentado Planossólico álico, Podzólico Bruno-Acinzentado Planossólico eutrófico, Podzólico Vermelho Amarelo álico, Podzólico

Vermelho Escuro álico, Podzólico Vermelho Escuro distrófico, Brunizém, Brunizém Avermelhado, Brunizém Vértico, Planossolo eutrófico, Cambissolo eutrófico, Solos Litólicos distróficos e Solos Litólicos eutróficos.

Os solos têm como limite superior a atmosfera. Os limites laterais são os contatos com outras espécies de solos vizinhos, ou os contatos com afloramentos de rochas, materiais dendríticos inconsolidados, aterros ou encontros com terrenos sob espelhos d'água permanente. O limite inferior do solo é difícil de ser definido. Comumente, o solo passa gradualmente no seu limite inferior para rocha dura ou materiais saprolíticos que não apresentam sinais de atividade animal, vegetal ou outras indicações da presença de atividade biológica. O solo contrasta com o material subjacente pelo decréscimo de constituintes orgânicos, decréscimo de alteração e decomposição de constituintes minerais, enfim, observa-se um ganho de propriedades mais relacionadas ao substrato rochoso ou material de origem não consolidado (EMBRAPA, 1999).

As características desta zona influenciam na escala de lixiviação de nutrientes e pesticidas de uma dada atividade agrícola, bem como na neutralização de uma disposição ácida aérea. Entretanto em muitas atividades pontuais de contaminação, a carga contaminante no subsolo é aplicada sob esta zona, através de drenos e lagos, reduzindo drasticamente ou, às vezes, anulando as capacidades de atenuação do meio. Dessa forma, é preferível não incorporar a capacidade de atenuação do solo à vulnerabilidade do aqüífero, mas sim tomá-lo em consideração indiretamente, quando se estima a carga contaminante no subsolo de diversas fontes de contaminação dispersa (Foster e Hirata, 1993).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação dos Recursos Hídricos

A água é uma das principais substâncias existentes na crosta terrestre. No estado líquido e sólido ocupa cerca de 2/3 da superfície da Terra e, na forma gasosa, é constituinte da atmosfera que respiramos no dia-a-dia. Cerca de 97% da água existente está na forma de água salgada e o restante na forma de água doce. Deste, 78% está na forma de neve e cobertura de gelo e o restante na forma de água subterrânea, água superficial e umidade do solo (Hassuda, 1999).

A água disponível e economicamente viável para o consumo humano, restringe-se somente àquela parcela que se encontra na forma de água superficial e água subterrânea, que representa apenas 0,7% da água doce existente na superfície da Terra. As outras formas de ocorrência de água na crosta terrestre são de difícil acesso para o homem, principalmente pelo alto custo de exploração e tratamento, como também pela própria falta de disponibilidade física, no caso da água do solo (Hassuda, 1999).

Hoje a agricultura capta 69% da água consumida no mundo; a indústria, 23%; e a utilização doméstica, 8%. Nos países em desenvolvimento, a agricultura chega a consumir 80%. Ao longo deste século, o crescimento demográfico e as atividades humanas fizeram reduzir gravemente esse precioso recurso. De 1900 a 1995, a captação de água mais do que sextuplicou, evoluindo a um ritmo duas vezes mais rápido do que o aumento da população. Essa pressão crescente multiplicou os riscos de escassez. A comparação entre a quantidade de

água doce à população mundial demonstra que a disponibilidade de água é, em média, insuficiente (Sadeq, 1999).

Os limitados volumes de água utilizáveis seriam, contudo, suficientes para satisfazer a procura sem problemas maior, se a ocupação demográfica do globo fosse mais uniformemente distribuída e as disponibilidades de água fossem também mais regularmente distribuídas, tanto no espaço como no tempo. Sucede, porém, que nas circunstâncias prevalecentes existem dificuldades associadas à utilização da água em certas regiões e em certas épocas (Cunha, 2002).

A redução da disponibilidade de água só não é mais grave porque existe a capacidade de sua renovação pelo ciclo hidrológico (Figura 02), característica que a diferencia de outros recursos naturais, e porque ocorre em diferentes estados e formas, sendo inadequadamente tratada onde há dificuldade de acesso à tecnologia e baixo nível de consciência humana. As desvantagens da renovação pelo ciclo hidrológico estão sendo cada vez mais afetadas pelas intervenções humanas (Christofidis, 2002).

Portanto, aos problemas de disponibilidade quantitativa acrescenta-se a inquietante degradação da qualidade da água. Em certas regiões, ela é tão poluída, que nem mesmo para fins industriais pode ser utilizada. As causas são múltiplas: efluentes não tratados, resíduos químicos, escape de hidrocarbonetos, despejo de lixo, infiltrações nos solos de produtos químicos utilizados pela agricultura, etc, a amplitude mundial dessa poluição é difícil de ser avaliada, pois faltam informações em vários países – mas alguns índices permitem entrevê-la (Sadeq, 1999).

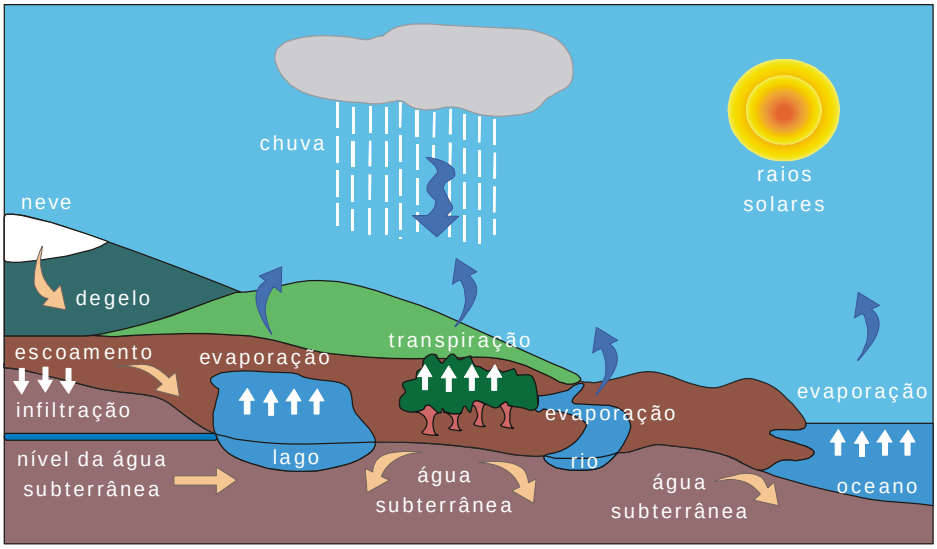


FIGURA 02 - Ciclo Hidrológico

Fonte: Silva (2003)

A água, recurso natural renovável – mas não inesgotável – sofre sensivelmente com as ações do ser humano, que lhes modificam a qualidade e a quantidade no espaço e no tempo (Christofidis, 2002).

A degradação dos recursos hídricos contribui comumente para agravar escassez destes recursos. Não adianta apreciável quantia sem considerar a sua qualidade, portanto proteger os recursos hídricos é precaver-se da escassez.

No Brasil os problemas de abastecimento de água decorrem fundamentalmente, da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas contrapondo-se com a escassez de disponibilidade ou com a degradação da qualidade das águas, em níveis nunca imaginados.

Portanto, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos tende a aumentar nos próximos anos, tanto pelas necessidades decorrentes do aumento da concentração demográfica e econômica como pelas

relativas vantagens sobre as águas superficiais. Todavia, a situação atual da explotação[1] é marcada por uma visão imediatista de uso do recurso, prevalecendo o descontrole e a falta de mecanismos legais e normativos para proteção dos mananciais subterrâneos.

2.2. Debates Internacionais sobre os Recursos Hídricos

Os debates internacionais em torno da problemática ambiental, em especial dos recursos hídricos, começaram nos países industrializados, quase no final da década de 1960, devido aos sérios problemas de poluição do ar, da água, do solo, etc., que enfrentavam. A percepção foi de que o desenvolvimento industrial e tecnológico traz, por um lado, riqueza e comodidade, mas por outro, destrói recursos ambientais importantes e deteriora a qualidade de vida da população. Para solucionar e minimizar os efeitos adversos do desenvolvimento, tais países buscaram implementar ferramentas legais e institucionais para dar suporte à gestão dos bens ambientais, como por exemplo, os recursos hídricos (Assunção e Bursztyn, 2002).

No âmbito internacional, coube a ONU, na década de 1970, assumir a coordenação dos debates sobre a problemática dos recursos hídricos, devido aos constantes alertas da comunidade científica internacional de que todas as espécies de vida do planeta estariam ameaçadas num longo prazo, inclusive a do próprio homem (*op. cit.*).

A primeira grande reunião internacional foi a “Conferência das Nações Unidas sobre a Água” realizada em Mar Del Plata em 1977, nesta conferência foi elaborado o “Plano de Ação de Mar Del Plata”, a ser implementado pelos países-membros, cujos principais objetivos

[1] Explotar: Usar algo ou recurso natural com fins lucrativos, econômicos. (Luft, 2000).

eram levantar dados sobre a disponibilidade de água existente no mundo, seus usos atuais e futuros e a sua qualidade; implementar banco de dados que permitisse o planejamento do uso racional dos recursos hídricos; e identificar regiões passíveis de conflitos devido à escassez (Cunha, 2002).

As questões ambientais, e em particular a possibilidade de penúria generalizada de água e o aumento da poluição, ganharam espaços significativos nas agendas políticas em nível mundial, na década de 1980. Assim, a ONU proclamou os anos 80 como a "Década Internacional do Abastecimento de Água Potável e do Saneamento", escolhendo o dia 21 de março como o "Dia Internacional das Águas". Nesta mesma linha o Relatório Brundtland, realizado em 1987, com tema "O Nosso Futuro Comum", abriu caminhos para a realização da "Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento", realizada no Rio de Janeiro em 1992 (*op. cit.*).

Segundo Assunção e Bursztyn (2002), dos vários eventos preparatórios dessa conferência, destacam-se o simpósio "Uma Estratégia para a Formação de Capacitação no Setor de Recursos Hídricos", realizada em Delft, na Holanda; e a "Conferência Internacional sobre a Água e o Meio Ambiente: Temas de desenvolvimento para o século XXI", realizada em Dublin, na Irlanda, em janeiro de 1992. Nas recomendações desta conferência, constam estratégias de ação em nível local, nacional e internacional, que tomam por base os seguintes princípios: o gerenciamento integrado e participativo dos recursos hídricos e a consideração da água como um bem de valor econômico, um recurso finito e vulnerável, essencial

para a conservação e manutenção da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente.

Em Dublin estendeu-se à água o conceito de desenvolvimento sustentável proposto pelo Relatório Brundtland, posição esta que viria ser acolhida no documento estratégico da Conferência do Rio, a "Agenda 21". Cumpre, porém dizer que os problemas da água são tratados no Capítulo 18 da Agenda 21, como uma focagem predominantemente centrada nas questões da poluição e da biodiversidade.

Após a realização destas conferências, a água só volta ao centro das atenções mundiais no final da década de 1990, com a formação de instituições como o Conselho Mundial da Água em 1996 e a Comissão Mundial da Água para o século XXI, que publicou seu relatório em 2000 (WWC, 2000a).

Em 1997, o Conselho Mundial da Água promoveu em Marraquesche, o "Iº Fórum Mundial da Água", que congregou muitos grupos preocupados com as questões dos recursos hídricos. Deste Fórum nasceu a iniciativa de estruturar "Uma visão mundial da água" capaz de promover uma conscientização global dos problemas dos recursos hídricos e das soluções a adaptar para os resolver.

O desenvolvimento desta "visão", nas palavras de Cosgrove e Rijsberman (2000), deveria incluir um conjunto de cenários antevendo a situação da água em 2025. Basicamente três cenários viriam a ser desenvolvidos: um cenário "*business as usual*", que assumisse a manutenção das tendências atuais em matéria de população, economia, tecnologia e comportamento humano; um cenário "tecnologia, economia e setor privado", em que a iniciativa privada promove a investigação e o desenvolvimento, e a globalização

proporciona o crescimento econômico; e um cenário “valores e estilos de vida”, que dá ênfase a importância dos valores humanos, assumindo um forte compromisso para evitar uma crise da água, com esforços centrados num conjunto de objetivos globais e regionais.

Esta “visão mundial da água” originada em Marraqueche, foi apresentada no “IIº Fórum Mundial da Água”, realizado em março de 2002 em Haia. Este Fórum viria a revelar-se a mais importante reunião da água depois da Conferência de Mar Del Plata realizado quase 25 anos antes, o que parece indicar um recrudescimento do interesse pelas questões da água à escala mundial (WWC, 2000b). O “IIIº Fórum Mundial da Água” realizado em 2003 em Quioto, teve por objetivo materializar em ações concretas a visão do IIº Fórum.

Cabe destacar, que após dez anos decorridos da Conferência do Rio de 1992, ocorreu em setembro de 2002, em Joanesburgo, a Reunião Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio +10, cuja finalidade foi estabelecer objetivos e mecanismos que permitam à comunidade internacional completar as tarefas definidas dez anos antes no Rio e preparar-se para os novos desafios e oportunidades do futuro.

Com objetivo de preparar recomendações para serem apresentadas em Joanesburgo no que diz respeito à água, analisando seu papel no desenvolvimento sustentável e as dificuldades de implementação do capítulo 18 da Agenda 21, teve lugar em Bona, em dezembro de 2001, por iniciativa do Governo Alemão e colaboração da ONU, a “Conferência Internacional sobre Água Doce” que reconheceu, em particular, a necessidade de ações em três áreas relacionadas com a água e o desenvolvimento sustentável: governo, gestão integrada e novas parcerias; mobilização de recursos

financeiros; e desenvolvimento de capacidades e transferências de tecnologias (Cunha, 2002).

Como pode-se observar, a responsabilidade para com os recursos naturais, no passado, esteve mais concentrada no poder público, em todos os países, mas atualmente esta tarefa cabe tanto às entidades públicas como a todos os componentes sociais, aos usuários, às entidades a eles ligadas, organizadas ou não, provindo do poder público os instrumentos de gestão, em especial a política de águas e a promoção da gestão integrada com o inventário dos usos e ofertas que podem propiciar as medidas para a sua proteção e controle adequados, de modo a permitir sua desejável harmonia e uso otimizado, objeto do gerenciamento eficaz dos recursos hídricos (Christofidis, 2002).

A recomendação é de que as águas subterrâneas, um dos recursos que vem sendo rapidamente apropriado pelos setores econômicos dominantes no mercado, sejam protegidas jurídica e institucionalmente, tanto nos níveis federal, estadual como municipal.

2.3. Aspectos Legais sobre os Recursos Hídricos no Brasil

Nas últimas décadas, os conflitos em torno do domínio da água vêm aumentando significativamente devido ao comprometimento de sua qualidade, que inviabiliza e/ou restringe seus diversos usos. Esta problemática levou os países a negociar acordos e a buscar formas de aperfeiçoar instrumentos legais e institucionais de gestão das águas de modo a atender as necessidades atuais e futuras de abastecimento e desenvolvimento (Assunção e Bursztyn, 2002).

O governo brasileiro vem legislando sobre o uso da água, desde 1934, ano em que foi publicado o Decreto nº 24.643 (10/07/1934),

conhecido como *Código das Águas.* Apesar de possuir pouco mais de 70 anos, o *Código das Águas de 1934*, foi a primeira referência legal sobre os recursos hídricos do país, e ainda é considerado, pela Doutrina Jurídica, como um dos textos modeladores do Direito Positivo Brasileiro. Entretanto apenas o seu livro III, referente à produção de hidrelétrica, foi regulamentado (Rebouças, 2002).

A água subterrânea encontra-se referenciada, no Código das Águas (1934), restritamente no Título IV, onde, conforme o Art. 96 *"o dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc. das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais*[2]*, públicas de uso comum ou particulares"*. Conforme descreve o Parágrafo Único, se o aproveitamento das águas subterrâneas de que trata este artigo prejudicar ou diminuir as águas públicas dominicais ou públicas de uso comum ou particular, a administração competente poderá suspender as ditas obras e aproveitamentos.

Entretanto, os aspectos relevantes de uso e conservação, atuais, da água subterrânea também já eram previstos nos Art. 97 a 101 do Código das Águas de 1934.

A *Constituição Federal de 1988* modificou, em vários aspectos, o texto do Código das Águas de 1934, uma das alterações foi a extinção do domínio privado da água subterrânea, previsto no Título IV, Art. 96. Portanto, a partir de outubro de 1988, todas as águas brasileiras passaram a ser de domínio público. Cabe frisar que sendo

---

[2] São públicas dominicais todas as águas situadas em terreno que também o sejam, quando as mesmas não forem do domínio público de uso comum, ou não forem comuns (Código das Águas, 1934).

as águas de domínio público, deve-se entender que cada indivíduo já não pode fazer o que bem entende com a gota d'água disponível.

Outra modificação que a Constituição introduziu foi o estabelecimento de apenas dois domínios para os corpos d'água no Brasil: *i) "O domínio da União, para os rios ou lagos que banhem mais de uma unidade federada, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou entre o território do Brasil e o de país vizinho ou destes provenham ou para o mesmo se estendam";* e, *ii) "O domínio dos Estados, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, como decorrentes de obras da União*". Essa definição não desobriga, certamente, o processo como um todo, de tal forma que se deve considerar, inicialmente, a real indissociabilidade das águas no ciclo hidrológico (Rebouças, 2002).

Após longo processo de avaliação da gestão de recursos hídricos e da discussão de propostas para a sua melhoria, surge a *Lei nº 9.433*, em 08/01/1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Balarine, 2000).

O Brasil, que já enfrentava problemas de conflitos pelo uso dos recursos hídricos desde os anos setenta e o descontentamento de instituições governamentais e não-governamentais pela hegemonia do setor elétrico sobre os demais setores usuários (abastecimento urbano, industrial, irrigação e agropecuário), formulou sua política com base no modelo francês de gestão das águas, incorporando as recomendações oriundas das conferências internacionais. A política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/97, traz,

em seu texto princípios e ferramentas de gestão das águas reconhecidos internacionalmente (Assunção e Bursztyn, 2002).

São aspectos relevantes desta Lei, os cinco instrumentos essenciais à boa gestão do uso da água: 1º) O Plano Nacional de Recursos Hídricos; 2º) A Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos; 3º) A Cobrança pelo uso da água; 4º) O enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, baseado na Resolução nº 20 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, e; 5º) Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos, que consiste na criação de um banco de dados cadastrais.

Salienta-se que a mesma Lei, estabeleceu um arranjo institucional claro, baseado em novos tipos de organização para a gestão compartilhada do uso da água, são eles: O conselho Nacional de Recursos Hídricos; Os Comitês de Bacia Hidrográfica; As Agências de Água; e, as Organizações Civis de Recursos Hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos veio resgatar a omissão histórica de uma política específica para os recursos hídricos brasileiros, no entanto o objetivo maior dessa lei é assegurar que as águas superficiais e subterrâneas possam ser controladas e utilizadas de forma racional e dentro de parâmetros de qualidade desejáveis.

Neste quadro, todavia, embora a Lei nº 9.433/97 fale de gestão integrada da Bacia Hidrográfica, as ações até agora implantadas têm contemplado apenas águas superficiais. E faz referência às águas subterrâneas somente na Seção III – Da Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos, Art. 12. "*Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos de extração de água de aqüífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo*". Novamente volta-se a falar em recursos hídricos subterrâneos no Título III – Das Infrações

e Penalidades, Art. 49. Item II, *"Constitui infração iniciar a implantação ou implantar empreendimentos relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes"*. Ainda, conforme o Item V, corresponde a infrações e penalidades, *"perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização"*.

Conseqüentemente foram elaboradas Resoluções, Portarias e Decretos que abordassem as águas subterrâneas de maneira mais específica, como por exemplo, a *Resolução nº 9*, de 21/06/2000, que institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas, de acordo com os critérios estabelecidos no Regime Interno do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e define suas competências, dentre as quais pode se destacar as seguintes: *"I - discutir e propor a inserção da gestão de águas subterrâneas na Política Nacional de Gestão de Recursos Hídricos; II -compatibilizar as legislações relativas à exploração e a utilização destes recursos; III - propor mecanismos institucionais de integração da gestão das águas superficiais e subterrâneas; (...) V - propor mecanismos de proteção e gerenciamento das águas subterrâneas; (...)"*.

A *Resolução nº 10*, de 21/06/2000, institui a Câmara Técnica Permanente de Gestão dos Recursos Hídricos Transfronteiriços, responsável por analisar, discutir e propor ações para minimizar impactos e eventuais conflitos nos usos dos recursos hídricos que envolvem áreas transfronteiriças.

Em 11/01/2001, foi instituída a *Resolução nº 15*, que designa competências ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos – SINGRH na coordenação da gestão integrada da água, e destaca que diversos órgãos da Administração Pública Federal e dos Estados possuem competência no gerenciamento da mesma.

Esta resolução considera, as águas meteóricas, superficiais e subterrâneas como partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico. Além de que a explotação inadequada das águas subterrâneas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade, reduzir a capacidade de armazenamento dos aqüíferos e diminuir os volumes disponíveis de águas superficiais, além de provocar modificações dos fluxos naturais nos aqüíferos.

A *Resolução nº 22*, de 24/05/2002, destaca diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos/PNRH, e aplicação de seus instrumentos; considerando no Art. 1º os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aqüífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável.

Salienta no Art. 2º que os Planos de Recursos Hídricos devem promover a caracterização dos aqüíferos e definir as inter-relações de cada aqüífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas. Os demais Artigos desta Resolução descrevem todas as características que os Planos de Recursos Hídricos devem conter para desempenharem adequadamente à gestão integrada dos recursos hídricos subterrâneos.

Além destas Leis e Resoluções ainda existem algumas portarias e decretos que complementam as legislações vigentes, seja para alterar alguns artigos, instituir novas diretrizes e objetivos ou retificar a

redação, sempre buscando a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos considerando sua disponibilidade limitada tanto no aspecto quantitativo como no qualitativo.

Estas são algumas iniciativas no âmbito nacional que abordam os aspectos legais sobre a utilização dos recursos hídricos, sendo especialmente tratados os recursos hídricos superficiais, pois uma legislação específica para os recursos hídricos subterrâneos exige uma série de estudos mais aprofundados e as legislações vigentes salientam que as águas subterrâneas devem ser trabalhadas em conjunto com as águas superficiais.

2.3.1. Legislações sobre os Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul

Conhecida como *Lei das Águas do Rio Grande do Sul*, a Lei nº 10.350/94, que regulamenta o Art. 171 da Constituição Estadual, estabelece um sistema descentralizado e participativo para a gestão dos recursos hídricos. Esse Sistema baseado nos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, instâncias de representação da sociedade, funciona como verdadeiro “parlamento das águas”, por delegação explicita do poder público. A Lei, ao delinear um sistema descentralizado e participativo, inspirou-se em duas fontes. De um lado, a experiência internacional, notadamente a francesa que teve início em 1964; de outro, as experiências locais de gestão participativa das águas, iniciadas durante a década de 80 (Grassi e Cánepa, 2000).

A Lei Estadual, nº 10.350/1994, ainda que anterior a Lei Federal nº 9.433/1997, está em plena consonância com essa legislação maior, adotando filosofias e políticas comuns. Considera a outorga de uso das

águas como um instrumento fundamental para o adequado gerenciamento das águas de domínio do Estado, conforme o Art. 29 *"dependerá da outorga do uso da água qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas, observando um Plano Estadual dos Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica"*.

O parágrafo 1° e 2° do mesmo artigo diferenciam o licenciamento do uso da água que altera as condições quantitativas, do licenciamento que altera as condições qualitativas das águas, e salienta que compete ao Departamento de Recursos Hídricos a outorga referida aos aspectos quantitativos e cabe ao órgão ambiental do Estado o licenciamento do uso da água que altera as condições qualitativas das águas.

Conforme o Art. 35, constituem infrações e penalidades para os efeitos desta Lei e de seu Regulamento: *"II – iniciar a implantação ou implantar empreendimento ou exercer atividade relacionada com a utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade das águas sem aprovação dos órgãos ou entidades competentes"*.

Em 04/07/1995, o Estado novamente avança em sua regulamentação, implantando através do Decreto nº 36.055, o Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (CRH/RS), instância deliberativa superior do Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Já em 21/11/1996, ocorre a regulamentação da outorga de direto de uso da água no Rio Grande do Sul, através do Decreto nº 37.033.

Também em 21/11/1996, através do Decreto Estadual nº 37.034, é regulamentada a composição dos comitês de gerenciamento de

bacias hidrográficas, instituídos com a finalidade de congregar representantes de usuários da água, da população das bacias hidrográficas e de órgãos da administração direta federal e estadual atuantes em suas regiões, relacionados com os recursos hídricos.

Os cuidados com as águas subterrâneas também foram abordados no *Código do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (Lei 11.520/2000)*, e de acordo com o texto do Art. 123, nos processos de outorga e licenciamento de utilizações de águas superficiais ou subterrâneas deverão ser obrigatoriamente considerados pelos órgãos competentes: *"IV – A manutenção de níveis históricos médios adequados para a manutenção da vida aquática e o abastecimento público, no caso de lagos, lagoas, banhados, águas subterrâneas e aqüíferos em geral."*

Proíbe, conforme o Art. 132, a disposição direta de poluentes e resíduos de qualquer natureza em condições de contato direto com corpos d'água naturais superficiais ou subterrâneos, em regiões de nascentes ou em poços e perfurações ativas ou abandonadas, mesmo secas.

No Art. 133 *"Os poços jorrantes e quaisquer perfurações de solo que coloquem a superfície do terreno em comunicação com aqüíferos ou com o lençol freático deverão ser equipados com dispositivos de segurança contra vandalismo, contaminação acidental ou voluntária e desperdício"*.

Em Parágrafo Único, salienta que *"As perfurações desativadas deverão ser adequadamente tamponadas pelos responsáveis, ou na impossibilidade da identificação destes, pelos proprietários dos terrenos onde estiverem localizadas"*.

Incumbe ao Poder Público, no Art. 134, manter programas permanentes de proteção das águas subterrâneas, visando ao seu aproveitamento sustentável, e a privilegiar a adoção de medidas preventivas em todas as situações de ameaça potencial a sua qualidade.

Conforme o Parágrafo 2° *"a vulnerabilidade dos lençóis d'água subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidores das águas subterrâneas"*.

O parágrafo 4°, destaca um aspecto importante quanto à perfuração de poços, determinando que *"toda a pessoa jurídica pública ou privada, ou física, que perfurar poço profundo no território estadual, deverá providenciar seu cadastramento junto aos órgãos competentes, mantendo completas e atualizadas as respectivas informações"*.

Já no parágrafo 5°, aborda a obrigação dos municípios, que deverão manter seu próprio cadastro atualizado de poços profundos e rasos perfurados sob sua responsabilidade ou interveniência direta ou indireta. Sendo que no parágrafo 6º, destaca que *"nas áreas urbanas e de alta concentração industrial deverão ser delimitadas e cadastradas as áreas de proteção de poços para abastecimento público"*.

Ainda nos Art. 136 e 142, o Código de Meio Ambiente do Estado, impões a presença das águas subterrâneas na elaboração de Planos Diretores e outros instrumentos de planejamentos urbanos, assim como nos projetos de licenciamento ambiental de qualquer obra deverão ser obrigatoriamente indicadas fontes de utilização de água subterrânea.

É possível observar que foram e estão sendo efetivadas muitas ações políticas e institucionais direcionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, e as águas subterrâneas estão começando a receber merecida atenção nos centros de debates e decisões políticas.

2.4. Recursos Hídricos Subterrâneos

2.4.1. Definições do Meio Aqüífero

A infiltração no solo da água das chuvas ao longo de milhares de anos resultou na formação de reservas hídricas subterrâneas de grande valor para o abastecimento d'água urbano e rural, principalmente pelo volume d'água disponível e pela qualidade dessas águas. As águas subterrâneas armazenadas em formações aluvionares de pequena profundidade formam os lençóis freáticos e exercem papel fundamental na regularização das vazões dos cursos d'água nos períodos de estiagem. As águas subterrâneas localizadas em formações de grande extensão e com características hidrogeológicas adequadas ao armazenamento e percolação são especialmente utilizadas para o abastecimento de água devido, principalmente, à ausência de contaminantes orgânicos e disponibilidade local (Riguetto, 1998).

Portanto, os recursos hídricos subterrâneos constituem depósitos de água estocados no subsolo, principalmente em formações geológicas arenosas granulares, em cujos poros acumulam-se principalmente a partir, das infiltrações decorrentes das precipitações. Estes depósitos representam cerca de 97% do volume total de água

doce existente no mundo, sendo os 3% restantes compostos pelas águas dos rios e lagos (França, 2001).

Segundo Manoel Filho (1997) abaixo da superfície do terreno, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical basicamente em duas zonas horizontais, zona não saturada (subdividida em três partes) e zona saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água (observe o Quadro 01).

QUADRO 01- Distribuição vertical da água no subsolo

Zonas Horizontais	**Descrição**
1. Zona não saturada, Zona de Aeração ou Zona Vadosa	Situa-se entre a superfície freática[3] e a superfície do terreno e nela os poros estão parcialmente preenchidos por gases e por água.
1.1. Zona de água do solo ou Zona de evaporação	Situa-se entre os extremos radiculares da vegetação e a superfície do terreno.
1.2. Zona intermediária	Compreendida entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes das plantas.
1.3. Zona capilar	Estende-se da superfície freática até o limite de ascensão capilar da água. Adota-se o conceito de franja capilar como um limite abaixo do qual o solo é considerado praticamente saturado (cerca de 75%).
2. Zona saturada ou Zona de saturação	Situa-se abaixo da superfície freática e nela todos os vazios existentes estão preenchidos por água.

Fonte: Manoel Filho (1997).

Segundo o mesmo autor, embora toda a água situada abaixo da superfície da Terra seja evidentemente subterrânea, na hidrogeologia a denominação de água subterrânea é atribuída apenas à água que

[3] Superfície Freática é definida como o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica. É uma superfície real na qual a pressão de referência é p=0 (Manoel Filho, 1997).

circula na zona saturada, isto é, na zona situada abaixo da superfície freática.

Assim, aqüífero foi definido por Guerra (1980) como sendo a rocha cuja permeabilidade permite retenção de água, dando origem às águas interiores ou freáticas.

Nas palavras de Batalha (1986) aqüífero é a formação porosa (camada ou estrato) de rocha permeável, areias ou cascalhos, capaz de armazenar e fornecer quantidade significativa de água.

Rebouças (1999) expõem que os aqüíferos são corpos rochosos com características relativamente favoráveis a circulação e armazenamento de água subterrânea, podem variar em extensões de alguns Km^2 até milhões de Km^2; ter espessuras variadas (...), ocorrem na superfície ou encontram-se em profundidades, podem estar encerrados em camadas relativamente pouco permeáveis, ter porosidade, permeabilidade, intergranular ou de fraturas, podem fornecer água de excelente qualidade para o consumo ou ter águas relativamente salinizadas.

Os aqüíferos podem receber várias denominações, (livres, confinados, contínuos, fraturados, artesianos, etc.) dependendo da linguagem regional, do profissional que o emprega, e outros fatores que contribuem para correto ou incorreto emprego dos termos que definem e diferenciam os tipos de aqüíferos. Segundo Zimbres (2004) os aqüíferos podem ser classificados de duas formas, quanto a pressão exercida pela água em relação à pressão atmosférica e quanto a geologia do material saturado (tipo de rocha armazenadora), descrito conforme segue.

2.4.1.1.Classificação dos aqüíferos segundo a pressão da água

a) Aqüíferos Livres ou Freáticos

Ocorre quando a pressão da água na superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. São os aqüíferos mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação.

b) Aqüíferos Confinados ou Artesianos

Nestes aqüíferos a camada saturada está confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, de forma que a pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água suba no poço para além da zona aqüífera.

c) Aqüíferos Semiconfinados ou Suspensos

Corresponde a um caso especial de aqüífero não confinado que ocorre quando o volume de água subterrânea está separado da água subterrânea principal por um estrato relativamente impermeável. A água que infiltra no terreno encontra um obstáculo, superfície impermeável, que impede sua descida até o lençol freático (Paiva *et al.*, 2001).

2.4.1.2. Classificação segundo a geologia do material saturado

a) Aqüíferos Porosos ou Contínuos

Ocorrem em rochas sedimentares consolidadas ou sedimentos inconsolidados compostos por materiais argilosos, grãos de areia ou cascalhos. Constituem os mais importantes aqüíferos, pelo grande

volume de água que armazenam (podem fornecer até 500 metros cúbicos por hora de água de boa qualidade), e por sua extensão de ocorrência. São encontrados nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. Uma particularidade deste tipo de aqüífero é sua porosidade, também chamada de porosidade primária, pois é constituído pelos espaços vazios entre os grãos quase sempre homogeneamente distribuídos, que permitem o armazenamento de água ou ainda que ela flua para qualquer direção, em função dos diferenciais de pressão hidrostática, ou seja, isotropia.

b) Aqüíferos Fraturados, Fissurais, Fissurados ou Descontínuos

Ocorrem em rochas ígneas e metamórficas ou sedimentares silicificadas (como em alguns locais da Formação Botucatu). A capacidade destas rochas em acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, aberturas e intercomunicações, assim diz-se que apresentam porosidade secundária, pois nestes aqüíferos a água só pode fluir onde houver fraturas, que quase sempre, tendem a ter orientações preferenciais, e por isto diz-se que são meios aqüíferos anisotrópicos, ou que possuem anisotropia. Poços perfurados nestas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora, pois depende da quantidade de água armazenada na fratura.

c) Aqüíferos cársticos

São os aqüíferos formados em rochas carbonáticas. Constituem um tipo peculiar de aqüífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, nestes casos, cavernas e canais subterrâneos devido

à contínua ação de dissolução da água, portanto também representam rochas com sistema de porosidade secundária.

Além dos aqüíferos, outros corpos rochosos também desempenham importantes funções na dinâmica da água subterrânea, como por exemplo, os aqüicludes (aqui = água, cludere = aprisionar) e aqüitardes (aqui = água, tarde = tardio, lento).

Aqüiclude é definido por Batalha (1986), como a formação que embora porosa e capaz de absorver água, não a transmite em velocidade suficiente a proporcionar o escoamento apreciável a um poço ou fonte.

Para Rebouças (2002) Aqüiclude corresponde às camadas ou corpos rochosos essencialmente argilosos ou que foram submetidos a intensos processos de compactação/cimentação ou diagenéticos, principalmente. Nos depósitos de argila o coeficiente de porosidade total poderá ser muito elevado, enquanto nas rochas compactadas, este poderá ser, praticamente, nulo. Todavia, em ambos os casos a condutividade hidráulica é muito baixa; logo, o volume de água que flui nos aqüicludes sob a ação do gradiente hidráulico natural é praticamente nulo.

Em relação ao termo aqüitarde, Batalha (1986), define-o como sendo à formação geológica de natureza relativamente impermeável e semiconfinante que transmite água com velocidade muito reduzida, em comparação a um aqüífero.

Aqüitardes para Rebouças (2002), são corpos rochosos formados por seqüências alternadas de siltes/siltitos ou por misturas em proporções variadas de argilas, silte/siltitos e arenitos finos. Neste caso, os espaços vazios entre as partículas sólidas são parcialmente

ocupados por outras menores, resultando numa sensível redução do seu coeficiente de porosidade específica e da condutividade hidráulica; logo, os volumes de água subterrânea que flui através dos aqüitardes, são, comparativamente, lentos ou tardios.

2.4.2. Fontes de captação de água subterrânea

Toda perfuração através da qual obtemos água de um aqüífero é, genericamente, chamada de poço. Dentre as formas de classificá-los, pode-se considerar sua profundidade, que além de ser um fator relacionado as condições de poluição das águas subterrâneas, determina de forma geral, o método construtivo do poço.

Assim, Zimbres (2004), enquadra os vários tipos de poços entre *Poços Rasos* e *Poços Profundos*, conforme descrito a seguir.

2.4.2.1. Poços Rasos

a) Poço Nascente

Corresponde a uma cavidade, ou pequena abertura feita na terra para obtenção de água subterrânea através de fontes naturais ou de mananciais através dos quais a água brota espontaneamente. Geralmente compreendem as áreas de descarga dos lençóis d’água por isso não são permanentes, podendo secar nos períodos de estiagem.

b) Poço Escavado

Consistem em poços cilíndricos de grandes diâmetros e profundidades inferiores a 25 metros, são abertos manualmente com o uso de picareta e pá, às vezes são usados fogachos (pólvora) para

romper blocos de rocha mais resistentes. Geralmente a água é extraída com baldes, bombas de pequena potência e cata-ventos.

O poço escavado é o tipo mais utilizado pela população rural brasileira e, recebe nomes distintos, dependendo da região: cisterna, cacimba, cacimbão, poço amazonas, poço caipira, ou simplesmente poço. Só podem ser escavados em material pouco resistentes, geralmente solo e depósitos sedimentares pouco consolidados. Certos arenitos friáveis podem ser escavados manualmente.

Após atingir o nível d'água, a escavação continua, até que não se consiga mais esvaziar a água que está afluindo ao poço. Ao término da construção, o poço deve ser bem fechado, erguendo-se uma proteção de tijolo acima do nível do terreno e cimentando o solo ao redor do mesmo. Isto evita a entrada de água contaminada da superfície e a queda de objetos e animais em geral.

c) Poço Radial

São poços escavados de diâmetro maior do que o normal (3 a 4 metros) nos quais foram cravadas ponteiras ou aberto drenos horizontais em sua parte inferior, num arranjo radial. Isto permite aumentar a área de captação de água, elevando a produtividade do poço bem mais do que se fosse meramente escavado. Uma das vantagens deste método é que permite que se faça o desenvolvimento do poço, isto é, usar processos que aumentam a permeabilidade do aqüífero ao redor das ponteiras ou drenos, porém este tipo de atitude pode contribuir significativamente para a contaminação local das águas subterrâneas, diminuindo sua potabilidade.

d) Poço de Ponteiras Cravadas

Ponteira é uma haste perfurada, revestida por tela, com terminação cônica e que é cravada no terreno, através da qual pode-se retirar água com bomba de sucção, denominada extração passiva. Funciona somente em aqüíferos muito rasos e a profundidade máxima de extração alcançada é dada pela pressão atmosférica. No nível do mar esta profundidade é de cerca de 6 (seis) metros, diminuindo com a altitude. Em geral estes poços possuem de 4 a 5cm de diâmetro.

Este tipo de poço é indicado para terrenos arenosos homogêneos. Qualquer seixo ou bloco de pedra um pouco maior encontrado, quando se estiver cravando, impedirá que a ponteira desça. Da mesma forma solos argilosos oferecem muita resistência à penetração.

2.4.2.2. Poços Profundos

São poços perfurados com máquinas, atingindo profundidades variadas, raramente são inferiores a 40 metros, mas podem atingir mais de 2000 metros. Em geral possuem diâmetro de 10 a 30 centímetros. Neste sentido destacam-se:

a) Poço Tubular

Poços deste tipo apresentam diâmetros e profundidades que variam de dezenas a centenas de metros, muitas vezes revestidos com tubos intercalados com filtros. A água subterrânea é geralmente extraída com o auxílio de bombas elétricas e/ou compressores. Quando exploram aqüíferos confinados (artesianos), também podem ser denominados por poços artesianos

b) Poço Artesiano Surgente ou Jorrante

Para que um poço seja chamado de artesiano, é necessário que seja perfurado em aqüífero artesiano, é incorreto denominar qualquer poço profundo de artesiano. Ocorre normalmente quando a pressão de água no aqüífero artesiano é suficientemente alta, neste caso a água poderá jorrar espontaneamente pela boca do poço.

c) Poço Artesiano Não -surgente ou Semi-artesiano

É um tipo de poço tubular profundo de aqüífero semiconfinado que necessita de um conjunto Moto Bomba submersa para obter-se a extração da água subterrânea.

2.4.3. Situação dos Recursos Hídricos Subterrâneos

A exploração da água subterrânea inclui os célebres conatos[4] do Irã (400.000km de galerias cavadas ao longo dos séculos, o equivalente à distância da Terra à Lua), as 600 mil perfurações que irrigam a planície do Ho Pei na China, os 5 mil poços perfurados na grande bacia artesiana da Austrália (6 bilhões de m³ em 1980), os 150 bilhões de m³ anuais bombeados na Índia (recorde mundial), os 500 bilhões de m³ extraídos entre 1940 e 1980 do aqüífero Agallala para irrigar os altiplanos do Centro-Oeste dos EUA, onde existem 170 mil perfurações em atividade, os milhares de poços modernos que abastecem as aldeias do Sahel e os 2 bilhões de m³ anuais que serão

[4] São reservas de águas subterrâneas retidas nos sedimentos, desde o momento das formações dos referidos depósitos, ou foram recarregados durante períodos climáticos favoráveis, cuja última fase de recarga natural parece ter ocorrido durante o último Período Glacial. Atualmente são comumente designadas como reservas de “águas fósseis” (Johnston,1997).

extraídos das reservas de águas fósseis do deserto da Líbia para abastecer um grande rio artificial (Margat, 1993).

No Brasil, o desenvolvimento da explotação de águas subterrâneas, tem-se acentuado a partir da década de 70, e estima-se, hoje, a existência de 200.000 poços tubulares profundos ativos (além de milhões de poços rasos e escavados), que fornecem água para diversos fins, sobretudo para o abastecimento agrícola e industrial (São Paulo, 1990).

Dessa forma, as águas subterrâneas representam um recurso natural de enorme valor econômico, e apresentam grandes vantagens em relação às águas superficiais. No entanto, os aqüíferos, em diferentes áreas do território nacional, estão sujeitos aos impactos da extração descontrolada e da ocupação indisciplinada do solo, que põem em risco a qualidade das águas subterrâneas e/ou superficiais (Cavalcante, 2001).

O reconhecimento de que as águas subterrâneas constituem uma reserva estratégica e vital para o abastecimento público, recomenda-se uma especial preocupação com a proteção dos aqüíferos porque envolve: o aumento e a diversificação de produtos químicos, potencialmente poluidores de água subterrânea; o lançamento *in natura* de esgotos e efluentes industriais, em larga escala; o grande aumento de aplicações de fertilizantes e pesticidas da agricultura; os efeitos potencialmente nocivos à saúde, causados por concentrações baixas de certos poluidores persistentes de toxicologia pouco conhecida; a dificuldade e a impraticabilidade de se promover a remoção de poluentes em um grande número de fontes pontuais de captação (poços); o fato de que a reabilitação de um aqüífero poluído

requer custo muito elevado, a ponto de, muitas vezes, implicar o simples abandono da área de captação (Foster e Hirata, 1987).

O impacto ambiental, que decorre na contaminação das águas subterrâneas, vem preocupando os governos, não só pelo problema de degradação qualitativa dos recursos hídricos, como também pela série de impactos associados à saúde humana e meio ambiente. Dependendo do modo como é ocupado e utilizado o meio físico, bem como da prática correta de todas as obras utilizadas para a captação de água subterrânea, os impactos ambientais para este meio podem ser reduzidos (Cavalcante, 2001).

Observa-se, portanto, que a melhor forma de manter a boa qualidade da água subterrânea é a prevenção, em função do risco a saúde humana e do baixo custo. Atualmente existem instrumentos que visam a proteger diretamente, tanto os aqüíferos, como também os poços de abastecimento. Um está relacionado com controle do uso da terra por atividades do homem; e o outro, pode ser efetivado através da delimitação de perímetros de proteção de poços (Hassuda, 1999).

É fato que os aqüíferos contaminados, não podem ser recuperados, e frente esta situação, prevenir a contaminação é melhor que exterminá-la. Assim para os recursos hídricos, a preservação consiste em estabelecer programas claros e eficientes de proteção dos aqüíferos, controlando as atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo (Hirata *et al.*, 1997).

A água é reconhecidamente um recurso vulnerável, finito e já escasso em quantidade e qualidade, por isso, trata-se de um bem econômico. É, portanto fundamental que se disponha de instrumentos legais, essenciais ao equilíbrio da oferta e demanda para garantir o desenvolvimento sustentável.

Implantar um sistema de proteção das águas subterrâneas contra qualquer evento poluidor é uma tarefa difícil, que envolve conceitos complexos e ainda não totalmente conhecidos. Além de que, o custo de estudos hidrogeológicos e hidroquímicos é relativamente alto; então, para se determinar o risco de poluição de águas subterrâneas, é preciso adotar inicialmente procedimentos simples e econômicos, mas consistentes, para estabelecer prioridades nas posteriores investigações de campo (Hirata, 1993).

Para Hirata *et al.* (1997) os fatores que interferem na implantação de políticas de proteção das águas subterrâneas, circurdam: dúvidas sobre as características do recurso hídrico subterrâneo, devido à falta de exatidão nas estimativas tanto de recarga como de armazenamento do aqüífero; incertezas sobre a escala de risco de contaminação das águas subterrâneas e problemas ocasionados pelo transporte de contaminantes; elevado número de sistemas de abastecimento urbano e rural que, normalmente, são muito vulneráveis; e, problemas legais relacionados com a exploração das águas subterrâneas ou com as fontes de poluição existentes, anteriores a introdução de uma nova Política de Proteção de Aqüíferos.

Torna-se necessário buscar uma diretriz, ampla flexível e universalmente aplicável para a proteção das águas subterrâneas, como promover o controle das atividades agrícolas, industriais e urbanas em face da vulnerabilidade dos aqüíferos à poluição, considerando a importância local do recurso hídrico subterrâneo no fornecimento de água potável.

Portanto, torna-se visível que medidas legais e institucionais estão sendo realizadas para normatizar a gestão dos recursos hídricos. Mas, a mudança deste cenário não depende unicamente do poder

legislativo, judiciário ou executivo, merecendo destaque à ciência e tecnologia no desenvolvimento de métodos e procedimentos adotados para análise e avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, tanto em seus aspectos qualitativos como quantitativos.

2.4.4. Vulnerabilidade Natural de Aqüíferos

Segundo Foster e Hirata (1993) a condição essencial para o desenvolvimento de estratégias, visando a preservação dos recursos hídricos subterrâneos, é o estabelecimento de áreas ou atividades com maior risco de degradação dos aqüíferos, a fim de priorizar a aplicação de recursos técnicos e financeiros em locais de maior interesse sócio-econômico e ambiental.

Os sistemas naturais e sociais podem ser afetados por um conjunto de fatores condicionantes, designando-se por vulnerabilidade a medida do grau em que os sistemas são afetados. A vulnerabilidade envolve questões de desenvolvimento, equidade e sustentabilidade que ocupam atualmente o centro da arena política (Cunha, 2002).

Em hidrologia o termo vulnerabilidade começou a ser utilizado intuitivamente a partir da década de 70 na França (Albinet e Margat, 1970) e ampliou-se nos anos 80 (Haertle, 1983; Aller *et al.*, 1987; Foster e Hirata, 1988). Inicialmente o termo foi usado sem definição formal alguma, apenas fazia referência à suscetibilidade do aqüífero a ser afetado pela contaminação antrópica.

A expressão em si tem diferentes significados para diferentes pessoas. Uma definição útil e consistente seria considerar a vulnerabilidade a contaminação dos aqüíferos: como aquelas características intrínsecas dos estratos que separam a zona saturada do

aqüífero da superfície do terreno, o qual determina a suscetibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante aplicada na superfície (Foster, 1987). Assim, a vulnerabilidade a contaminação do aqüífero seria função: da inacessibilidade hidráulica, da zona saturada do aqüífero à penetração de contaminantes; e, da capacidade de atenuação dos estratos acima da zona saturada do aqüífero, resultante da retenção física e reações químicas com os contaminantes.

Neste sentido, o perigo de contaminação da água subterrânea se definiria logo como a probabilidade de que a água subterrânea na parte superior do aqüífero seja contaminada em um nível inaceitável por atividades que se desenvolvem na superfície do terreno (Foster e Hirata, 1988; Adams e Foster, 1992)

Posteriormente os importantes grupos de profissionais revisaram e se pronunciaram sobre a aplicabilidade do conceito de vulnerabilidade ressaltando a sua utilidade (NRC, 1993; Vrba e Zaporozec, 1994). Tanto que o Conselho Nacional de Pesquisas Norte-Americano (NRC, 1993), definiu que a vulnerabilidade natural deveria ser entendida como a tendência ou probabilidade do contaminante ser encontrado em uma posição específica no sistema de água subterrânea após sua introdução em algum local acima do aqüífero superior.

Contudo era necessário desenvolver um conceito mais claro sobre o termo, por exemplo, associá-lo especificamente com as características intrínsecas dos estratos (zona saturada ou camadas confinantes) que separam a zona saturada do aqüífero à superfície do terreno (Foster e Skinner, 1995) e o mais importante, relacioná-lo diretamente com o impacto potencial das decisões de uso do território acima de um aqüífero.

Por outro lado, alguns profissionais consideraram que no conceito de vulnerabilidade devia incluir-se um fator que represente a mobilidade natural e a persistência dos contaminantes na zona saturada. No entanto, isto não parece que contribua, para uma perspectiva útil, no desenvolvimento do mapa de vulnerabilidade como ferramenta na planificação e controle de atividades na superfície do terreno.

A determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas deve servir pelo menos para identificar quais os aqüíferos, ou parte deles, são mais vulneráveis (frágeis) à contaminação imposta pelas atividades desenvolvidas pelo homem, bem como quais dessas atividades são responsáveis pelos maiores riscos de contaminação numa dada área.

Foster e Hirata (1993), salientam que se pode obter uma alta vulnerabilidade, sem risco de contaminação, pela ausência de carga contaminante significativa, e vice-versa.

Como podemos observar, atualmente, atenções estão voltadas ao monitoramento de recursos ambientais, sempre buscando o entendimento de fenômenos causados por eventos naturais ou provenientes da ação antrópica (Ribeiro *et al*., 1996).

Os estudos que envolvem esta temática devem servir pelo menos para identificar quais dos aqüíferos, ou parte deles, são mais vulneráveis (frágeis à contaminação), bem como quais as atividades são responsáveis pelos maiores riscos de contaminação na área estudada.

Neste sentido, várias propostas metodológicas para pesquisas visando a proteção das águas subterrâneas têm sido sugeridas no meio científico.

2.4.4.1. Metodologias para o estudo da vulnerabilidade natural

Um dos modelos (ou métodos) mais difundidos atualmente, utilizado para avaliar o risco de poluição das águas subterrâneas usando variáveis hidrogeológicas, é conhecido como "DRASTIC" (Aller *et al.*, 1987) que se designa por um acrônimo, cujo significado consta no Quadro 02.

QUADRO 02 - Variáveis hidrogeológicas arroladas no método "DRASTIC"

Variáveis hidrogeológicas	**Descrição**
D (*Depth*)	Profundidade do nível freático sob a superfície do terreno (numérico). Influi no tempo de trânsito.
R (*Recharge*)	Recarga que recebe o aqüífero (numérico). Influi no tempo de trânsito.
A (*Aquifer*)	Litotipo e estrutura do meio aqüífero (por categoria). Influi na renovação da água no aqüífero.
S (*Soil*)	Tipo de solo (por categoria). Influi no transporte de massa de contaminantes não conservativos.
T (*Topography*)	Inclinação do terreno (numérico p/categoria). Influi na evacuação da água com contaminante por escoamento superficial e subsuperficial.
I (*Impact*)	Natureza da zona não saturada (por categorias). Influi no transporte de contaminantes relativos.
C (*Condutivity*)	Condutividade hidráulica (permeabilidade). Influi na renovação da água no aqüífero.

Fonte: Aller *et al.* (1987).

A cada parâmetro mencionado no Quadro 02, assinala-se um valor entre 1 e 10, segundo tabelas e gráficos. O peso dado a cada parâmetro está fixado por consenso entre um grupo de especialistas (método Delphi) e tem-se feito para a poluição em geral e para a poluição agrícola, com o objetivo de criar uma homogeneização para

poder comparar resultados de um mapa para outro. Os limites de valores do índice “DRASTIC” estão entre 23 e 226, embora em geral varie entre 50 e 200. O método inclui, além disso, um modo padronizado de analisar o risco (*Impact*), (Costa, 1997).

Esta metodologia foi desenvolvida pela National Ground Association e empregada pela Agência Nacional de Proteção Ambiental Norte-Americana (US-EPA), e constitui-se num sistema padronizado de avaliação da vulnerabilidade natural do aqüífero, a partir de dados decodificados em planos de informações (mapas temáticos), onde a correlação das variáveis define apenas a vulnerabilidade natural do meio, sem relacionar com as atividades de superfície (Aller *et al.*, 1987)

Quando os dados são escassos, cobrem mal o território ou são incertos, a aplicação do “DRASTIC” torna-se arriscada. Por isso, tem se proposto métodos mais singelos, como o “GOD” (Foster e Hirata 1987; 1988; Foster, 1991 e Foster et. al., 2003), destinado para áreas com poucos dados. Neste método consideram-se três parâmetros, dispostos conforme o Quadro 03.

O método “GOD” consiste no instrumento básico necessário para a implantação de qualquer programa de proteção e controle da contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. Deve-se considerar que, onde queira que exista água subterrânea, ela está de algum modo sob risco de ser afetada por ações humanas. Tão pouco exista solos ou rochas completamente impermeáveis, e, portanto não se pode evitar completamente a contaminação (Costa, 1997).

QUADRO 03 – Parâmetros considerados no método “GOD”

Parâmetro	Descrição
G (*Groundwater*)	Forma que se apresenta a água subterrânea (surgente, confinado, semiconfinado, não confinado, ausência de aqüífero)
O (*Overal*)	Caracterização global do aqüífero quanto ao grau de consolidação e natureza litológica.
D (*Depth*)	Profundidade até o nível freático.

Fonte: Foster e Hirata, 1987.

Este método é freqüentemente utilizado no Brasil, em pesquisas que visam definir áreas de risco, determinando pontos específicos a serem aplicados em posteriores trabalhos de detalhe e monitoramento.

Os aqüíferos menos vulneráveis não são facilmente contaminados, porém uma vez que o estão são muito mais difíceis de serem restaurados.

Neste contexto, cabe destacar que a inserção da sociedade sem um adequado dimensionamento dos níveis de intervenção torna o ambiente irreversivelmente comprometido, sendo um dos grandes desafios para o desenvolvimento sustentável, em que o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais acompanham o conhecimento das fragilidades potenciais dos ambientes, em que tais recursos ocorram. Desse modo, o planejamento ambiental envolve as relações entre a sociedade e a natureza precisando, para tanto conhecer a história desta sociedade, sua cultura específica, suas relações econômicas e a base de sua sustentabilidade (PCBAP, 1997).

2.4.5. Fontes de poluição das águas subterrâneas

Segundo Hirata (1993) a proteção das águas subterrâneas pode ser delineada basicamente em função de dois problemas. O primeiro está associado a superexploração, ou seja, a extração de água sem controle, superior a recarga em um certo aqüífero. O segundo, relaciona-se com a contaminação do recurso hídrico subterrâneo.

A poluição das águas subterrâneas ocorre quando os poluentes chegam ao solo, que pode absorvê-los como se fosse uma esponja; porém, muitas vezes, estes poluentes chegam até a água subterrânea. Então, a poluição pode se dar por duas vias distintas: uma, pelo transporte dos poluentes pelas águas da chuva, que rapidamente se infiltram até alcançar os níveis da água subterrânea; ou quando os poluentes já atingiram o aqüífero, e se locomovem lateralmente. Os poluentes são produto da ação do homem principalmente nas atividades domésticas, industriais, agrícolas e de extração mineral (Silva, 2003).

Foster *et al.* (2003) expõem que existem várias causas potenciais de deterioração dos aqüíferos ou fontes de água subterrânea, sendo mais comuns os processo de contaminação pela inadequada disposição de resíduos sólidos, infiltração da água dos rios contaminados, drenagens e instalações industriais, fugas de tanques de armazenamentos, sistemas de saneamentos, fugas de redes gerais de esgoto, intensificação da agricultura, drenagens de granjas, etc.

Nota-se que a variedade de contaminantes em que o meio aqüífero está submetido é intensa, mas para que um poluente chegue às águas subterrâneas, tem primeiro que infiltrar e atravessar o solo e a zona não saturada. Muitas vezes é um processo muito lento e quanto

mais tempo melhor. Nesse período ocorrerá o processo chamado atenuação. Na zona não saturada, graças à presença de vapor d'água, ar e microorganismos, ocorrem reações que podem modificar os poluentes, tornando-os inofensivos ou menos perigosos. Existem poluentes que ficam retidos nesta zona, já que o solo atua como um filtro natural. Além disso, os solos retardam a chegada dos poluentes até as águas subterrâneas (Silva, 2003).

Os solos apresentam características e espessuras variáveis de um lugar para outro e, portanto, nem sempre terão a mesma eficiência. Dessa forma, quando um determinado poluente não pode ser degradado pela zona não saturada (seja em virtude das características do solo e/ou do poluente, seja pela pequena espessura do solo) acaba chegando às águas subterrâneas. Aí também pode ocorrer uma atenuação do poluente, porém a zona saturada é menos eficiente que a zona não saturada. Na zona saturada, o poluente vai se espalhando aos poucos e, dependendo das condições de diluição, diminui a concentração (*op. cit.*).

Segundo Foster e Hirata (1993), em muitas fontes pontuais de contaminação, a carga de contaminantes no subsolo é aplicada sobre o solo, através de poços, drenos e lagoas, reduzindo rigorosamente ou, às vezes, anulando as capacidades de atenuação do meio.

Neste contexto, é importante classificar a carga contaminante do subsolo conforme as fontes de contaminação. Segundo Foster *et al.* (2003) as fontes de contaminação das águas subterrâneas podem ser classificadas em fontes dispersas ou difusas e fontes pontuais.

2.4.5.1. Fontes de Contaminação Dispersa ou Difusa

a) Áreas Urbano-Residenciais

Na maioria das cidades, devido ao célere crescimento da população urbana, o principal problema de contaminação dos aqüíferos está associado aos sistemas de saneamento sem rede de esgoto. Portanto, a carga contaminante associada à urbanização, diminuirá muito se a área possuir um bom sistema de rede de esgoto bem desenhado e cuidadosamente operado.

Pode ocorrer alguma contaminação como resultado de rupturas e vazamentos de tanques de inspeção, o que é sempre difícil de determinar. Em estudos de escala regional, não será possível uma avaliação precisa da carga contaminante gerada pela ocupação urbana; entretanto, poder-se-á definir um perigo potencial com base na extensão da cobertura da rede de esgoto e na densidade populacional (Foster e Hirata, 1993).

Salienta-se que, associado às áreas urbano-residenciais normalmente verifica-se a presença de algumas fontes pontuais de contaminação, tais como: depósitos de resíduos sólidos, postos de combustíveis, terrenos contaminados, poços abandonados, cemitérios e algumas atividades ligadas ao setor de prestação de serviços.

b) Áreas com Uso do Solo Agrícola

As práticas agrícolas apresentam-se como potencialmente poluidoras devido às formas mecanizadas de manejo do solo, à aplicação intensiva e prolongada, em extensas áreas, de fertilizantes inorgânicos, assim como ao uso de agrotóxicos. Soma-se a isto a irrigação excessiva do solo, que contribui com o arraste e infiltração

de nutrientes (especialmente nitratos), sais e traços de compostos orgânicos (Silva, 2003).

Segundo Foster e Hirata (1993), algumas práticas agrícolas são capazes de causar uma séria contaminação difusa nas águas subterrâneas, especialmente em áreas com solos de pouca espessura, muito poroso ou com textura arenosa, e um aumento na salinidade das águas subterrâneas.

2.4.5.2. Fontes de Contaminação Pontual

a) Atividades Industriais

Muitas indústrias podem contribuir para a poluição das águas subterrâneas com metais pesados e compostos químicos orgânicos, entre outros, que, mesmo em pequenas quantidades, podem ser altamente tóxicos, causadores de câncer e de mutações genéticas (Silva, 2003).

As altas concentrações de contaminantes e algumas práticas de disposição de resíduos e efluentes fazem com que as atividades industriais sejam de grande preocupação ambiental na avaliação da carga contaminante (Foster e Hirata, 1993).

É muito difícil estabelecer qual a proporção total do efluente que está se infiltrando no subsolo, pois as lagoas, poços de infiltração ou rios são também o destino final preferido para os despejos industriais que muitas vezes são lançados sem nenhum tipo de tratamento prévio, o qual poderia diminuir seus efeitos nocivos.

b) Lagoas de Efluentes

O uso de lagoas para o armazenamento, manejo, evaporação, sedimentação e oxidação de efluentes e de sistemas de esgoto municipal ou atividades industriais, agroindustriais ou minerais é muito difundido. Grande parcela das lagoas tem uma base construída de materiais naturais, impermeabilizados a um certo grau como resultado da compactação do solo e da sedimentação. Não obstante, tais condições normalmente permitem infiltração equivalente a 10 ou 20mm/dia (Foster e Hirata, 1993).

Nenhum material usado na impermeabilização inferior de lagoas, que tenha custo razoável e esteja disponível na atualidade, permanece impermeável por grandes períodos, especialmente se os efluentes contêm produtos químicos erosivos ou se essas lagoas são limpas intermitentemente. Assim, é esperada fuga em lagoas revestidas, ainda que as taxas sejam menores que nas lagoas não revestidas (*op cit*.).

c) Águas Superficiais Contaminadas

Os cursos de águas superficiais, como os rios, ribeirões, riachos e canais, são freqüentemente usados para a disposição final de águas residuais e resíduos sólidos de diversas origens. Em muitos casos, recebem altas cargas de efluentes não-tratados que excedem a capacidade de depuração natural por muitos quilômetros a jusante. Tais drenagens são convertidas em fontes de contaminação das águas subterrâneas, sob certas condições hidrogeológicas.

Os cursos d’água podem ser classificados conforme a sua relação com as águas subterrâneas em efluentes (são cursos d’água que recebem a descarga das águas subterrâneas) e influentes (são cursos d’água que dispõe níveis de água mais altos que os níveis das águas

subterrâneas; por isso possuem potencial para recarregar os aqüíferos); esta relação pode variar naturalmente como resultado da sazonalidade do rio ou do bombeamento das águas subterrâneas (Foster e Hirata, 1993).

Assim, para avaliar a contaminação das águas subterrâneas por cursos d'água superficiais é necessário estimar a quantidade e qualidade da água infiltrada através dos leitos dos rios. Neste caso, a quantidade será controlada pela permeabilidade do leito do rio e pelos níveis relativos da água nos cursos d'água e nos aqüíferos. Enquanto a qualidade da água infiltrante se dá a partir da qualidade da água superficial, dos processos de atenuação e eliminação que ocorrem durante a infiltração através do leito do rio (*op. cit.*).

d) Atividades de Mineração

As atividades minerais podem causar impactos na qualidade da água subterrânea como resultado de: modificações hidráulicas nos sistemas de fluxo das águas subterrâneas, direta ou indiretamente, como resultado da construção e operação de escavações subsuperficiais e em minas a céu aberto; aumento da vulnerabilidade à contaminação dos aqüíferos como resultado da remoção física de partes da zona não saturada ou das camadas confinantes que provia a proteção natural; disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos em escavações de minas abandonadas; infiltração de lixiviados provenientes da decomposição dos rejeitos das minas; operação de minas subsuperficiais ou poços de petróleo, quando se localizam imediatamente abaixo de importantes aqüíferos utilizados como fontes de água potável, etc (Foster *et al.*, 2003).

e) Disposição de Resíduos Sólidos

Um resíduo sólido pode ser definido como qualquer substância indesejável que não tenha consistência suficiente para fluir por si mesma, não sendo útil em sua forma original ou para processo em que foi gerada (Foster e Hirata, 1993).

A inadequada disposição dos resíduos sólidos é responsável por um grande número de casos de contaminação das águas subterrâneas. Sendo mais comum em regiões de clima úmido, onde a geração de volumes de lixiviados (chorume) é maior (Foster *et al.*, 2003).

A maior dificuldade na determinação da carga contaminante gerada por uma inadequada disposição de resíduos sólidos é oriunda da falta de informação confiável sobre a composição dos resíduos, bem como, em muitos casos, o desconhecimento de sua origem. Este problema é mais agudo em locais onde uma disposição clandestina foi ou está sendo praticada. Em outros empreendimentos aprovados por órgão ambiental, as recomendações sanitárias muitas vezes não foram ou não estão sendo cumpridas (Foster e Hirata, 1993).

Ainda cabe destacar que a composição do lixiviado dependerá do tipo de material do resíduo, ou da sua associação, em casos onde ocorram reações químicas dentro do mesmo. Se a origem do material do resíduo é conhecida, é possível fazer uma estimativa aproximada da composição do lixiviado

f) Poços de Água Subterrânea

Segundo Silva (2003) os próprios poços podem constituir focos potenciais de contaminações, se no momento de sua construção, operação e/ou manutenção, não forem tomadas as devidas precauções.

Foster e Hirata (1993) comentam que em áreas urbanas existem inúmeros poços de abastecimento de água que estão abandonados, assim como nas áreas rurais. Caso estes poços não forem selados adequadamente, podem gerar altos riscos de contaminação das águas subterrâneas se forem utilizados ilegalmente como local de deposição de resíduos ou desrespeitado seu perímetro de proteção.

g) Postos de Combustíveis

Nos efluentes de áreas residenciais, onde estão instalados postos de combustíveis há possível presença de compostos tóxicos sintéticos, provenientes do armazenamento de combustíveis em tanques subterrâneos, o que tem sido uma das causas pontuais mais freqüentes de contaminação dos aqüíferos em áreas urbanas (Foster e Hirata, 1993).

Tais instalações estão amplamente distribuídas e manipulam grandes volumes de hidrocarbonetos potencialmente contaminantes, armazenados em tanques enterrados que não permitem uma inspeção visual das fugas. A principal fonte de contaminação dos solos e das águas subterrâneas se deve em função da corrosão dos tanques, e existe uma forte correlação entre a incidência e o tamanho das fugas com o tempo de instalação dos tanques. Há uma alta probabilidade de que tanques instalados há mais de vinte anos estejam seriamente corroídos e sujeitos a fugas de substâncias, a menos que venham sendo monitorados periodicamente. Além disso, as tubulações entre os tanques e os sistemas de distribuição podem se romper devido ao tráfego de veículos pesados e em função da má qualidade de instalação inicial das estruturas (Foster *et al.*, 2003).

h) Terrenos Contaminados

Todas as grandes áreas urbanas e minerais têm experimentado mudanças históricas no uso do território, em uma série de estabelecimentos industriais e mineiros isso é muito comum. As áreas abandonadas por tais empreendimentos podem ter altos níveis de contaminação e gerar uma significativa parcela de carga contaminante através da lixiviação produzida pelo excesso de precipitações. As mudanças ocorridas nas propriedades e/ou no uso do território podem dificultar a obtenção de informações detalhadas sobre as atividades anteriores e tipos/níveis de contaminação provavelmente produzida. Neste sentido, os mapas antigos, fotografias aéreas e as informações provenientes dos arquivos dos órgãos governamentais são fontes de informação alternativas que revelam o uso histórico do local (Foster *et al.*, 2003).

i) Cemitérios

A sepultura de restos humanos (e em alguns casos de animais) é uma prática bastante comum em muitas culturas do mundo. Geralmente este tipo de atividade gera cargas contaminantes microbiológicas em uma restrita área atingindo muitas vezes uma pequena parcela do solo, sendo mais reduzida ainda, caso sejam utilizados nas tumbas impermeabilizantes especiais e/ou cofres resistentes à corrosão. O mesmo não pode ser dito quando um grande número de animais é, sem qualquer precaução ou avaliação a respeito das condições hidrodinâmicas do local, dispostos em valas, rapidamente escavadas, para evitar a expansão de uma epidemia (Foster *et al.*, 2003).

j) Rotas de Transportes

Os acidentes que envolvem o transporte de substâncias perigosas ocorrem com alguma freqüência, o manejo e disposição de tais substâncias que seguem estes acidentes são capazes de causar uma significativa carga contaminante do subsolo e diminuir a qualidade das águas subterrâneas em alguns aqüíferos. Uma situação similar ocorre em terminais de transportes onde se manejam regularmente estas substâncias e às vezes se descarregam acidentalmente (Foster *et al.*, 2003).

Para avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas são reconhecidos distintos níveis de detalhamentos, associados a objetivos específicos. Assim, os limites da área de avaliação podem ser definidos a partir de critérios físicos, políticos ou econômicos (WHO, 1982). Cada qual tem seus méritos; em termos científicos, seria preferível definir a área em bases físicas, de maneira que se tenha uma relação com todo um aqüífero ou sub-bacia, que cobrisse parte desse aqüífero.

No entanto, as estratificações de ambientes têm sido executadas com diversas finalidades como introdução de material genético, monitoramento, levantamento e avaliação de impactos ambientais, definição de regiões agrícolas, reflorestamento, zoneamento da produtividade e planejamento, em geral do uso de recursos naturais (Andrade, 1996; Fox, 1991; Reis *et al*., 1993).

Assim, a seleção da área para o estudo da vulnerabilidade natural dos aqüíferos, depende também de certos fatores tais como: problemas conhecidos, regiões suspeitas de contaminação, áreas de grande potencial ou uso das águas subterrâneas, entre outros. A seleção da área dependerá do nível e da escala de estudo trabalhada. O uso de

escalas maiores que 1:100.000 poderá abranger um aqüífero inteiro ou uma sub-bacia subterrânea, enquanto aqueles que se utilizam escalas menores que 1:250.000, em nível de reconhecimento, incluirão vários aqüíferos (Foster e Hirata, 1993).

2.5. Estudos Regionais

A unidade de planejamento e execução das ações de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais evoluem com o passar do tempo. Da lavoura, passou-se para a propriedade, comunidade e atualmente a microbacia hidrográfica. A ampliação do espaço de planejamento foi fruto da observação, de que as causas da degradação dos recursos naturais ultrapassam os limites das unidades produtivas e administrativas (Frasson, 1993).

Para Tucci (1993), a ação do homem no planejamento da ocupação do espaço, visando o seu desenvolvimento, requer cada vez mais uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais, para compatibilizar racionalmente as necessidades crescentes com os recursos limitados que se dispõe normalmente.

Desde as épocas mais remotas o homem costuma dividir o espaço de acordo com as características que apresentam em suas várias porções, levando em conta, sobretudo, as características da influência das condições naturais e de aproveitamento do espaço (....). Sobretudo nesse mosaico de paisagens, as diversificações ditadas pelas condições naturais e pela atuação do homem, organizando espontaneamente o espaço, se superpuseram através dos tempos

devido às contingências históricas e políticas, às divisões administrativas, às fronteiras separando os países, Estados, províncias, departamentos, municípios, etc (Andrade, 1997).

Neste sentido, o espaço de análise pode variar conforme a abordagem científica e epistemológica o qual está ligado, mas comumente esta área de estudo pode ser considerada como um determinado lugar do espaço geográfico, ou seja, uma região.

É importante destacar, conforme Hartshorne (1978) *apud* Bezzi (2004) que:

> *"Em seu desenvolvimento histórico, o conceito geográfico de região surgiu da necessidade de dividir-se em partes uma área maior, devendo cada uma dessas partes ser estudada em termos de integração máxima. Nessa divisão, conforme observou Hettner, já em 1903, seria necessário considerar não só todas as similaridades significantes do caráter dos lugares, como também as relações de localização e conexão recíprocas entre os lugares. Uma vez que estes dois conjuntos de condições são, em larga medida, independentes um do outro, ou efetivamente capazes de relacionar-se em configurações contrastantes (...)"*

A noção de região segundo Gomes *apud* Castro *et al.* (1995) está associada a vários domínios:

> *"(a) Na linguagem cotidiana do senso comum, a noção de região parece existir relacionada a dois princípios fundamentais: o de localização e o de extensão (...) está associada à localização e extensão de certo fato ou fenômeno (...) ou a limites (...) atribuídos à diversidade espacial (...). (b) A região (...) como unidade administrativa e neste caso, a divisão regional é o meio pelo qual se exerce a hierarquia e o controle na administração dos Estados (...). (c) Nas ciências em geral, como na biologia, geologia, etc., a noção de região possui emprego também associado à localização de um*

certo domínio (...). Na Geografia, o uso desta noção de região é um pouco mais complexa, pois ao tentarmos fazer dela um conceito científico, herdamos as indefinições e a força de seu uso na linguagem comum e a isto se somam as discussões epistemológicas que o emprego mesmo deste conceito nos impõe (...)”.

O conceito de região está associado ao trabalho do Geógrafo. Deixá-lo de lado é abandonar um signo que identifica a Geografia perante as demais ciências (Becker e Egler, 1994).

A análise dos conceitos de região e regionalização permeia a abordagem geográfica e envolve uma complexidade teórico-conceitual, trazendo no seu âmago, o caráter distinto da Geografia no âmbito das ciências e indicando a via geográfica para a compreensão das relações do homem com a natureza (Bezzi, 2004).

Como objeto de estudo da Geografia Tradicional, a região era considerada um espaço absoluto, localizava relação homem x natureza baseada na observação, descrição e comparação dos fatos e fenômenos, e embasava-se na corrente filosófica Determinista ou na corrente filosófica Possibilista. Neste período ocorreram várias divisões regionais do Brasil, que consideravam os aspectos físico-naturais como variável fundamental para efetivar as divisões do território.

A partir da aplicação de modelos matemáticos sobre a categoria do espaço, uma nova idéia de região passou a ser adotada na Nova Geografia, a região era alvo das organizações espaciais e planejamentos oriundos da dinâmica socioeconômica e populacional que interagiam sobre o espaço em um determinado tempo. Assim, a Nova Geografia tem como filosofia o Neopositivismo, o Positivismo

Lógico ou o Empirismo Lógico, que adota a linguagem dada pela Matemática ou Estatística (Bezzi, 2004).

A atual divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas foi adotada pelo IBGE a partir de 1990 e está centrada na produção, distribuição, troca e consumo, considerando as atividades urbanas e rurais. Para a identificação das mesorregiões, os parâmetros adotados discerniam o processo social, o quadro natural e a rede de comunicação como elementos articuladores do espaço. Enquanto para identificar as microrregiões usou-se as estruturas de produção primária e industrial, a interação dos centros sub-regionais e centros de zona (*op. cit.*).

Tratar o conceito de região segundo a Geografia Crítica, a Geografia Humanística e a Geografia Cultural torna-se bastante complexo, uma vez que as atuais concepções ainda estão em fase de aceitação e aprimoramento por parte da academia científica. Corre-se então o risco de não se poderem estabelecer posições consolidadas sobre a questão, tendo em vista que o objeto de estudo, a região, de acordo com o enfoque, significado, critério e interpretação dos autores assume distintas formas de conceituação. Desse modo a Geografia Crítica se estabelece e se manifesta alimentada no respaldo da Nova Geografia, pelas discordâncias feitas às novas concepções teórico-metodológicas daquela escola geográfica, como também condena muitos aspectos da Geografia Tradicional. Desvincula assim, o conceito de região da lógica formal e da linha empiricista (*op. cit.*).

Propunha-se então uma Geografia mais “aberta”. Ou seja, uma Geografia que ultrapassasse os “muros universitários” e atingisse a sociedade. Uma Geografia que procurasse “mostrar” e “resolver” os problemas sociais ligados ao meio ambiente, ao êxodo rural, à

urbanização acelerada, às favelas, entre outros. Uma Geografia preocupada em ser crítica e atuante. Dessa forma, a Geografia Crítica interessa-se pela análise dos modos de produção e das formações socioeconômicas como base para a explicação ou estruturação das distintas formações socioeconômicas espaciais que devem ser analisadas e compreendidas para melhor entendimento das regiões (*op. cit.*).

Santos (1994) nos leva a compreender a região dentro de uma visão sistêmica do mundo. Ou seja, as regiões têm uma dinâmica interna e externa, as quais não podem ser vistas como contraditórias, assim o local e o global não são contradição, ambos se completam e se explicam mutuamente. O lugar é um ponto do mundo onde se realizam algumas das possibilidades deste último. O lugar, a região não mais como o fruto de uma solidariedade orgânica, mas de uma solidariedade regulada e organizacional.

2.6. Sistemas de Informações Geo-Referenciadas

Planejar o espaço geográfico torna-se tarefa indispensável frente aos atuais processos de interação entre o homem e o meio, onde os usos desse espaço geográfico confrontam-se com as ações endógenas e exógenas do meio natural. Mas, salienta-se que todo planejamento, parte de levantamentos, investigações ou diagnósticos preliminares que informem situações claras e precisas definindo as ações que devem ser efetivadas para minimizar o impacto ambiental.

Assim, a Nova Geografia contribuiu para a operacionalização de estudos com muitas variáveis, através de técnicas de sensoriamento remoto e uso de aplicativos computacionais. Houve a

instrumentalização das novas abordagens regionais dentro da visão pragmática. Isso possibilitou previsibilidade, controle de mudanças, demonstrabilidade e objetividade, o que significou uma ação regional mais ágil e efetiva, pelo menos em termos de planificação (Bezzi, 2004).

Com a implementação da tecnologia de sensoriamento remoto, é possível obter diversos elementos como a cobertura do terreno, pedologia, rede de drenagem, fatores topográficos, entre outros, com maior rapidez, precisão e relativo baixo custo, permitindo também uma atualização permanente dessas informações.

De acordo com Novo (1989) e Richards (1986), Sensoriamento Remoto pode ser conceituado como sendo a utilização conjunta de sensores e equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e de análises das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes da superfície terrestre.

Segundo Ribeiro *et. al.* (1996), o uso de dados obtidos por Sensoriamento Remoto aliado as técnicas de Geoprocessamento e o Sistema de Informações Geográficas (SIGs) têm auxiliado pesquisadores em investigações nas mais diversas áreas da ciência.

O termo Geoprocessamento demarca uma área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a produção e o tratamento de informações geográficas. Também é definido por Moreira (2002) e Xavier-da-Silva (2001) como um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltadas para um objetivo específico, que integra outros métodos interdisciplinares provenientes das diversas áreas técnicas do conhecimento científico.

Segundo Goodrich e Woolhiser (1991), o geoprocessamento é uma das ferramentas que possibilitou a evolução do conhecimento dos processos hidrológicos em diferentes locais e nas diversas escalas. Conseqüentemente, a comunidade hidrológica passou a discutir questões como o tratamento da viabilidade espacial e a automação, construções de novos modelos, bem como a avaliação e comparação entre modelos já existentes e conhecidos.

O Sistema de Informações Geográficas, principal instrumento computacional do geoprocessamento, permite a realização de análises complexas ao integrar dados de diferentes fontes e criar um banco de dados georreferenciados baseado numa tecnologia de armazenamento, análise, tratamento de dados espaciais e temporais e na geração de informações correlatas (Câmara e Medeiros, 1998). Um SIG pode ser definido também como uma coleção organizada de equipamentos, código computacional, dados geográficos e pessoal envolvido no trabalho, projetada para capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as informações referenciadas geograficamente (Calijuri e Röhm, 1994). Além de permitir uma dinâmica mais acentuada no tratamento das informações e visualização dos fenômenos, o SIG constitui uma ferramenta importantíssima para a análise e tomada de decisões.

Existem numerosos SIGs em operação, mais de 10 dezenas estão sendo comercializados atualmente. Todos eles têm em comum a capacidade de desempenhar eficazmente operações de superposição. São essas operações, em essência, que regem a funcionalidade dos SIGs (Silva, 2003).

Segundo Simpson (1992) os países desenvolvidos usam de forma rotineira os dados orbitais juntamente com um Sistema de

Informações Geográficas. A integração entre SIG e o sensoriamento remoto dá-se a partir do momento em que se transferem os resultados obtidos do tratamento de imagens de sensoriamento remoto para o SIG. Esses resultados integrados com dados cartográficos passam a gerar informações temáticas derivadas. A integração entre o SIG e o sensoriamento remoto tem a vantagem de adequar as imagens orbitais para a elaboração de mapas, além da visualização do terreno (*op cit.*).

Assim o SIG é uma ferramenta que, usando informações disponíveis, simula as atividades inteligentes do homem no estudo do território na procura de melhorias para soluções de problemas (Marmoto, 1999).

Em um Sistema de Informações Geográficas, a realidade é representada como uma série de características geográficas definidas segundo a associação entre dados geográficos (referência espacial), e atributos (dados estatísticos ou não locacionais). Em termos conceituais e metodológicos, um SIG pode ser visto de três maneiras: como processamento de mapas, base de dados e análise espacial (Ferreira, 1997).

Os dados do quadro físico-natural, com características qualitativas e distribuição espacial, são armazenados nos SIGs em formatos especiais, que podem ser classificadas em dois tipos fundamentais: o formato celular ou *raster* e o formato vetorial. Tais dados são obtidos, originalmente, a partir da fotointerpretação, do sensoriamento remoto e do trabalho de campo; os mapas analógicos produzidos são armazenados na forma de Planos de Informação (PI's) ou *layers* (Figura 03).

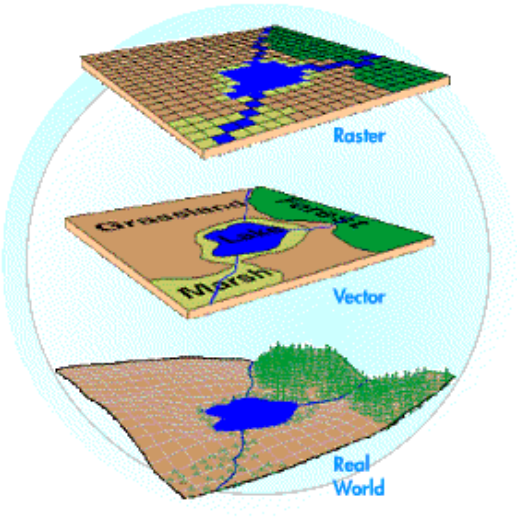


FIGURA 03 - Representação dos planos de informações (ou *layers*) e dos formatos de dados (*raster* e vetorial).

Fonte: Carmona e Monsalve (1998).

Segundo Carmona e Monsalve (1998) o formato *raster* ocorre quando se "digitaliza" um mapa ou uma fotografia ou quando se obtém imagens digitais, capturadas por satélites. Em ambos os casos se obtêm um arquivo digital dessa informação. A obtenção das informações neste formato ocorre mediante os seguintes meios: *scanners*, imagens de satélite, fotografia aérea, câmaras de vídeo, ...

No formato vetorial, a informação gráfica é representada internamente por meio de segmentos orientados de retas ou vetores. Deste modo, um mapa reduz-se a uma série de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar pontos, linhas e superfícies. A obtenção das informações no formato vetorial advém por meio de: mesas digitalizadoras, conversores de formato *raster* ao formato vetorial, sistemas de posicionamento global (GPS), entrada de dados alfanumérica, entre outros (*op. cit.*).

Os dados do quadro sócio-econômico com características qualitativas e quantitativas são armazenados no formato *raster* e banco de dados, respectivamente. Na primeira etapa, os dados são produtos de fotointerpretação ou interpretação digital de imagens, produzindo mapas analógicos; e na segunda, os dados são resultantes de levantamentos sistemáticos, desenvolvidos em intervalos regulares de tempo, dispostos na forma de tabelas – armazenados em banco de dados e espacializados na forma de cartogramas.

A utilização das funções de SIG requer uma metodologia adequada para permitir a otimização dos procedimentos. Sem dúvida, o ponto de partida para executar as funções de SIG é a organização de um banco de dados robusto e bem planejado, que é uma tarefa desafiadora e consome, muitas vezes, mais de 70% dos esforços físicos (Silva, 2003).

São funções típicas de SIG a representação de mapas contendo informações particularizadas. Em termos de álgebra cumulativa, as funções de SIG podem produzir novos mapas através da combinação de operações matemáticas.

Os principais modelamentos matemáticos para modificar os dados não espaciais compreendem operações lógicas, aritméticas, trigonométricas, estatísticas e multivariadas. As **operações lógicas** são baseadas na definição de hipóteses falsas (0) e verdadeiras (1) e podem resultar em uniões, interseções, negações e exclusões. As **operações aritméticas** correspondem aos resultados obtidos com adição, subtração, multiplicação, exponenciação, logarítmica (natural ou na base 10), truncamentos, radiciação. As **operações trigonométricas** podem estar relacionadas com seno, co-seno, tangente ou seus inversos. As **operações estatísticas** compreendem

media, moda, mediana, desvio padrão, variância, mínimo, máximo, entre outras. As **operações multivariadas** podem ser modelos de regressão, análise fatorial, componentes principais, análise de correspondência, probabilidade, entre outros (Silva, 2003).

São também funções essenciais de um SIG a manutenção do banco de dados que compreende listar arquivos, cuidar da entrada/saída de dados, copiar e renomear arquivos, importar/exportar arquivos, identificar resolução, orientar, reamostrar arquivos mudando o tamanho do *pixel* e mudar o padrão de cores. As funções de SIG podem ser divididas, basicamente, em consulta, reclassificação, análise de proximidade e contigüidade, modelos digitais de elevação, operações algébricas não cumulativas e operações algébricas cumulativas. A implementação dessas funções exige certos procedimentos metodológicos que determinam o controle dos resultados (*op cit.*).

Com o uso dos SIGs, é possível gerar uma gama de mapas, que podem ser classificados conforme as operações executadas. Neste contexto, Silva (2003) expõem que os dados existentes sobre uma determinada área em formato digital, como imagens de satélite, mapas geológicos, imagens geofísicas, mapas geoquímicos, pedológicos, geomorfológicos, fotografias e todo o material que descreve o mundo real com um mínimo de interpretação são considerados, individualmente, como **mapas observacionais**.

Todo o conjunto de mapas observacionais pode ser manipulado na sua forma digital originando imagens falsa cor, modelos de elevação digital, mapas de declividade e aspecto, ou seja, modelamentos numéricos via processamento digital de imagens geram os chamados **mapas analíticos**.

Em uma próxima etapa, os mapas podem ser cruzados e integrados através de modelos lógicos como simultaneidade *booleana*, possibilidade *fuzzy* e probabilidade *bayesiana*. Os produtos derivados destas operações são denominados **mapas integrados.**

Mapas derivados de operações algébricas cumulativas, como adição, multiplicação e subtração, são denominados **mapas fundidos** e representam o resultado de operações algébricas sofisticadas, nos quais o controle do erro e das ambigüidades deve estar muito bem definido.

Para a implementação de um projeto de SIG, é indispensável que as relações topológicas[5] entre os dados espaciais sejam satisfatórias, pois através das relações topológicas (Quadro 04) de **disjunção**, **adjacência**, **contingência**, **adjacência** e **contingência**, **igualdade**, **intersecção** e **cruzamento**, os dados espaciais podem ser analisados e manipulados (Silva, 2003).

Dentre as análises e manipulação de dados nos SIGs, destaca-se segundo Silva (2003) a **análise de proximidade** e a **análise de contigüidade**.

A **análise de proximidade**, também conhecida como **operação de *buffer*** ou **análise de corredores**, consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa ***x*** e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame. A análise de proximidade pode ser efetuada de duas formas: **simples**, quando uma única faixa é definida, e **múltipla**, quando várias faixas são definidas.

---

[5] Topologia é aquela parte da matemática que estuda as propriedades geométricas que permanecem invariáveis sob deformação, ou seja, todo o processo matemático para explicitar o relacionamento espacial (Silva, 2003).

QUADRO 04 - Principais relações topológicas entre os objetos.

Relações Topológicas	Descrição	Exemplo
Disjunção	Relações matemáticas entre os objetos que não possuem limites comuns.	
Adjacência	Quando há presença de cadeias que separam os elementos.	Tipos de vegetação.
Contingência	Compreende as relações existentes entre elementos contidos em outros elementos.	Sedimentos que situam-se sobre diversas litologias.
Adjacência e contingência		
Igualdade	Quando os elementos possuem as mesmas relações geométricas, ou possuem limites comuns.	Declividade e uso e ocupação do solo.
Intersecção	É o cruzamento linear com um dos contornos de determinado polígono.	Limites municipais e rios de uma região.
Cruzamento	É um caso particular de intersecção, no qual os elementos lineares cruzam pelo menos dois lados de um polígono.	Redes viárias e limites municipais.

Fonte: Silva (2003).

A **análise da contigüidade** refere-se aos procedimentos matemáticos envolvendo o atributo de um determinado pixel e os atributos dos *pixel* imediatamente vizinhos. Como ressaltamos, o mundo real é descrito geometricamente, na maioria das vezes, como superfícies contínuas. Entretanto, durante os procedimentos de coleta de dados, muitas vezes eles são obtidos como entidades pontuais, os quais estão contidos na superfície contínua.

A geração de superfícies contínuas é muito útil no entendimento da distribuição dos dados espaciais na representação do mundo real. Para alcançar resultados que reflitam a descrição do mundo real, é indispensável que seja medida a autocorrelação espacial do conjunto de dados, que é definida como a medida de semelhança dos dados espaciais dentro de uma área. Somente dados aucorrelacionáveis estarão sujeitos a passar por procedimentos matemáticos de geração de superfícies contínuas (*op cit.*).

Para produzir superfícies contínuas a partir de dados pontuais, determinados tratamentos matemáticos são necessários para a exportação de suas características não espaciais, para além de sua áreas de abrangência. Para implementar tais procedimentos, é importante selecionar métodos adequados de **interpolação**[6]. A escolha de um determinado método de interpolação é uma decorrência da disposição geográfica dos pontos e da utilização de critérios estatísticos. Entre os principais métodos de interpolação temos conforme demonstra o Quadro 5, **inverso do quadrado da distância**, ***krigagem***, **curvatura mínima**, **métodos multiquadráticos** e **triangulação de Delaunay**.

QUADRO 05 - Principais métodos de interpolação e sua descrição

Métodos de interpolação	**Descrição**
Inverso do quadrado da distância	Quando a influência de um determinado dado pontual em relação a outro, diminui com a distância.
Krigagem	Estima o valor de uma posição pontual conhecida, baseando-se nos dados pontuais vizinhos disponíveis.
Curvatura mínima	Este processo gera uma superfície cuja curvatura é o mais suave possível, nem sempre seus dados são tomados como verdadeira grandeza.
Métodos multiquadráticos	Produzem superfícies bastante suavizadas. São interpoladores exatos.
Triangulação de Delaunay	É um método muito eficiente e exato para expressar superfícies com relevos acentuados, baseia-se em um algoritmo que cria triângulos ligando os pontos.

Fonte: Silva (2003).

As implicações na escolha do método de interpolação mais conveniente têm repercussões significativas quando os dados são

[6] Interpolações correspondem a processos em que se determina o valor de uma função matemática num ponto interno de um intervalo, a partir dos valores da função nas fronteiras de determinando intervalo (Silva, 2003).

exportados para um ambiente de SIG, pois eles serão cruzados com inúmeros outros, a partir de regras apropriadas, e a posição geográfica das áreas é fator decisivo. Percebe-se que cada método de interpolação define limiar específico. Isto têm reflexos importantes nos dados espaciais, pois essas diferenças interferem significativamente no posicionamento geográfico dos intervalos que estão sendo considerados (Berry, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Procedimento Metodológico (Método)

Para a obtenção do risco de contaminação das águas subterrâneas, o presente trabalho segue a método “GOD”, estabelecido por Foster e Hirata (1987) e Foster *et al.* (2003) que procede a partir da avaliação da vulnerabilidade natural do aqüífero e identificação da carga poluidora (ou também chamada de carga contaminante) cuja interação entre ambos, resulta na caracterização preliminar das áreas de risco.

3.1.1. Critérios para determinação do risco de contaminação

3.1.1.1. Vulnerabilidade natural dos aqüíferos

Considerando que a vulnerabilidade natural é entendida como a maior suscetibilidade dos aqüíferos a serem adversamente afetados por uma carga contaminante imposta (Foster e Hirata, 1993), sua determinação ocorre a partir da verificação dos seguintes parâmetros:

- ***G***rau de confinamento hidráulico, ou seja, condição do aqüífero ou ocorrência da água subterrânea.

- ***O***corrência do substrato subjacente, ou seja, características litológicas ou grau de consolidação da zona não saturada ou capas confinantes.

- ***D***istância do nível da água subterrânea (em aqüíferos não confinados) ou teto do aqüífero (em aqüíferos confinados), do nível freático.

Conseqüentemente, a estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD” (Foster e Hirata, 1987) envolve uma série de etapas concretas (Figura 04):

1º) identificar o grau de confinamento hidráulico do aqüífero e assinalar-lhe um valor entre a escala de 0 a 1,0;

2º) especificar as características do substrato acima da zona saturada do aqüífero em termos de: (a) grau de consolidação, levando em conta a provável presença ou ausência de permeabilidade por fissuras e (b) tipo de litologia, considerando indiretamente a porosidade efetiva, permeabilidade da matriz rochosa e conteúdo de umidade na zona não saturada ou retenção específica; e assinalar-lhe um valor entre uma escala de 0,4 a 1,0;

3º) estimar a distância ou profundidade do nível da água (em aqüíferos não confinados) ou profundidade do teto do primeiro aqüífero confinado, atribuindo um valor entre a escala de 0,6 a 1,0.

O índice final de vulnerabilidade é o produto entre os resultados obtidos para cada um destes parâmetros (1º x 2º x 3º), ou seja, multiplicam-se os valores do ***G***rau de confinamento hidráulico, com a ***O***corrência do substrato litológico e a ***D***istância do nível da água subterrânea.

Os resultados obtidos correspondem às classes de vulnerabilidade natural (Desprezível ou Insignificante, Baixa, Média, Alta e Extrema) que o meio aqüífero apresenta a ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

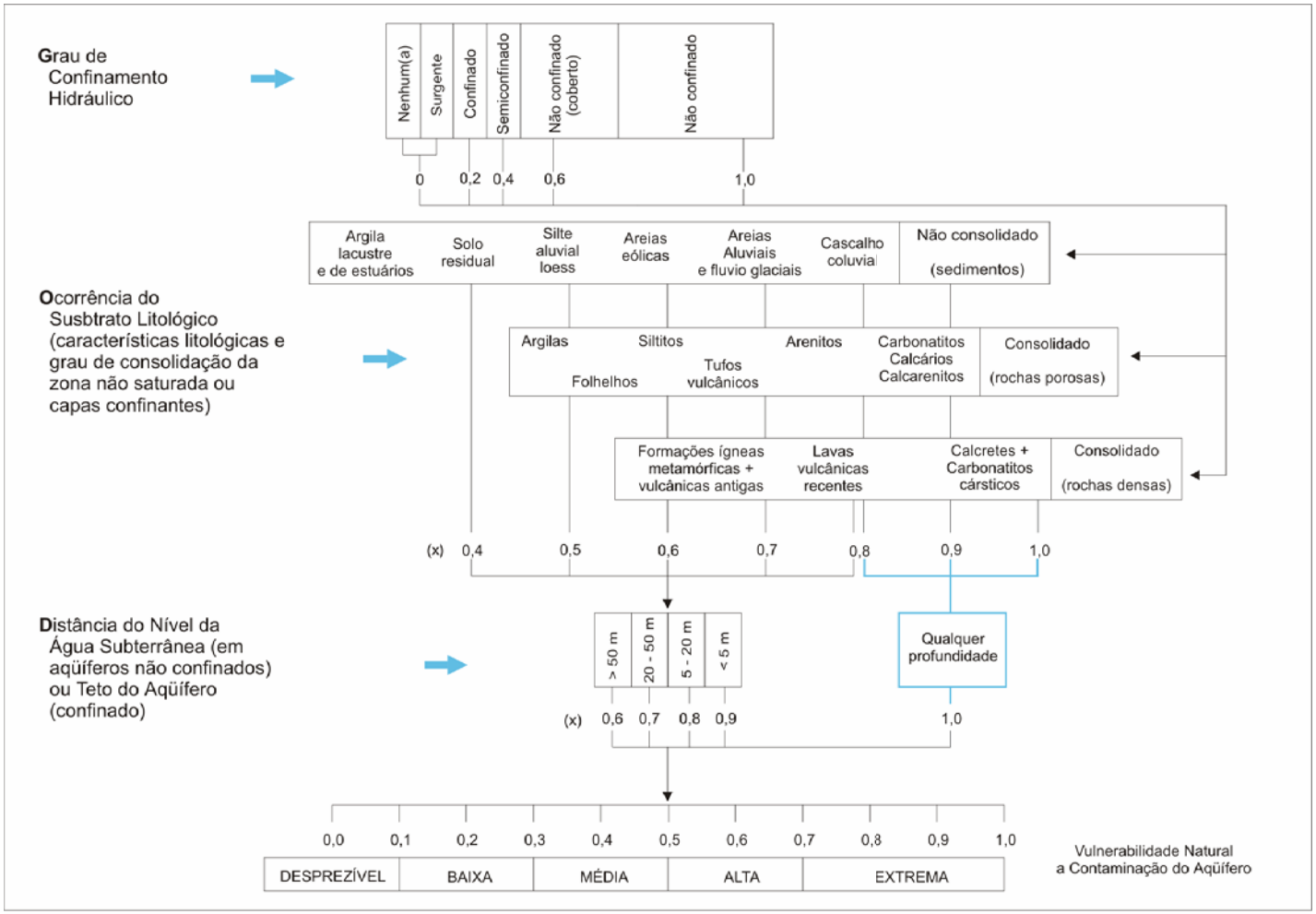


FIGURA 04 - Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural dos aqüíferos
Fonte: Foster *et al.* (2003)

É importante considerar que a Figura 04 contém ligeiras modificações a respeito da versão original (Foster e Hirata, 1987) que consideram as experiências obtidas por sua aplicação durante os anos 90 (Foster *et al.*, 2003). Exemplificando-se este processo e a geração do mapa de vulnerabilidade dos aqüíferos observe o modelo da Figura 05.

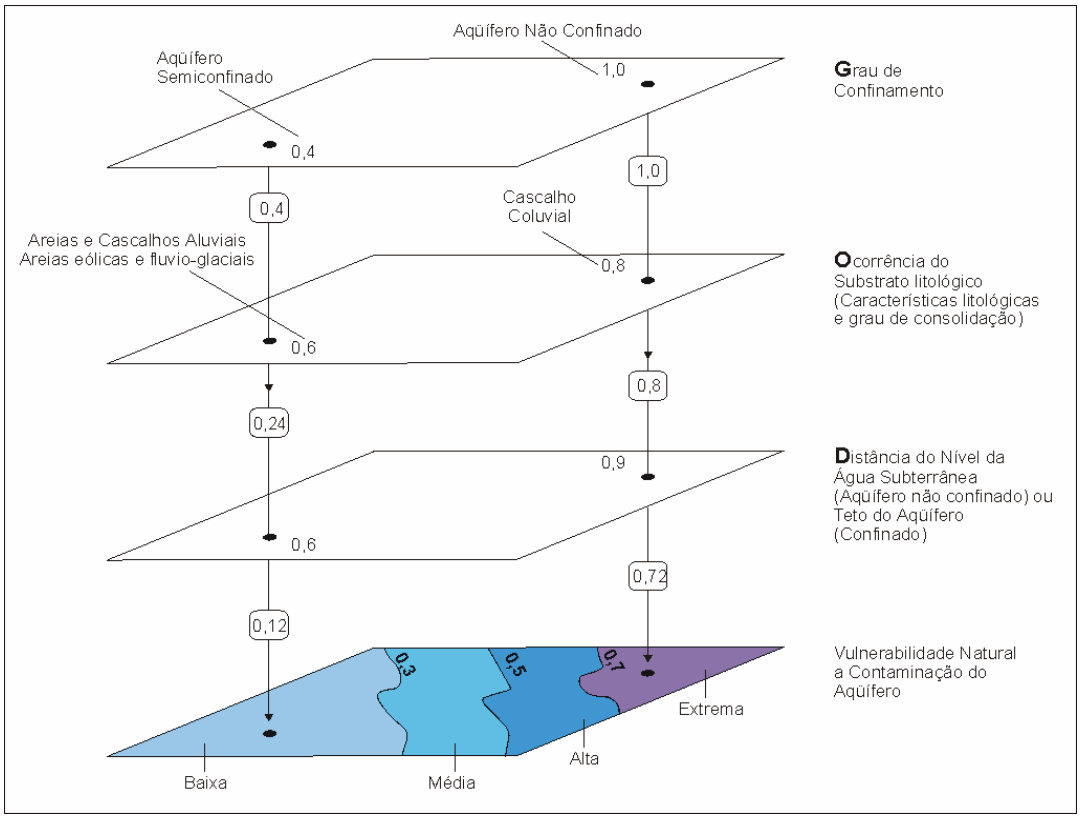


FIGURA 05 - Procedimento para geração do mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos. Fonte: Foster *et al.* (2003)

No primeiro plano está representada a nota atribuída ao ***G***rau de confinamento do Aqüífero: 0,4 para aqüífero semiconfinado e 1,0 para aqüífero não confinado. No segundo plano as notas atribuídas a

Ocorrência do Substrato Litológico: 0,6 para areias e cascalhos aluviais, areias eólicas e flúvio-glaciais; e 0,8 cascalhos coluviais. No terceiro plano estão as notas atribuídas a ***D***istância do nível da água subterrânea: 0,6 para profundidade maior que 50m e 0,9 para profundidade menor que 5m (nota que também pode ser atribuída conforme o nível estático dos poços subterrâneos).

O quarto plano representa o índice de vulnerabilidade obtido a partir da multiplicação dos valores atribuídos aos planos anteriores.

3.1.1.2. Atividades geradoras de poluição

Segundo Foster e Hirata (1993), a carga contaminante pode ser controlada ou modificada, não ocorrendo o mesmo com a vulnerabilidade natural do aqüífero.

A atividade humana em superfície pode alterar e induzir novos mecanismos de recarga do aqüífero, modificando a taxa, a freqüência e a qualidade da recarga de águas subterrâneas. O entendimento desses mecanismos e a correta avaliação de tais modificações são fundamentais para a determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas.

Em muitos casos, o fluxo de águas subterrâneas e o transporte de contaminantes da superfície até o nível freático tendem a ser um processo lento em muitos aqüíferos, despendendo anos ou décadas, antes que um evento contaminador com produtos persistentes e móveis atinja um poço em exploração.

A preocupação da contaminação das águas subterrâneas está relacionada aos aqüíferos não confinados, especialmente onde o nível freático é pouco profundo. Um risco significativo de contaminação

pode também estar associado a aqüíferos semi-confinados, quando as camadas confinantes são delgadas e permeáveis.

Para identificar as atividades possivelmente contaminantes exercidas na MRG 018, efetivou-se consultas à Base de Informações Municipais, disponível em meio digital (CD-ROM/4, 2002) pelo IBGE. Foi necessário a utilização do programa ESTATCART versão 2.0. para efetivar esta consulta.

As atividades sócio-econômicas constatadas nessa base de dados referem-se à produção agrícola (lavouras permanentes e temporárias) em hectares plantados, e à produção pecuária, que constam no Anexo 2 e no Anexo 3, respectivamente. Essas atividades desenvolvidas nos municípios contribuem direta ou indiretamente para a contaminação dos aqüíferos.

Em complementação a essas informações, elaborou-se o mapa de uso e ocupação do solo da MRG 018, representando as áreas ocupadas pelas matas, lavouras temporárias, lavouras permanentes e pelos núcleos urbanos.

3.2. Procedimentos Técnicos (Materiais) e Cartográficos

3.2.1. Delimitação da área de estudo

Para delimitar a área de estudo considerou-se a Divisão Municipal do Estado do Rio Grande do Sul estabelecida no ano de 1997 e as cartas topográficas de Santiago (Folha SH.21-X-D; MIR 533), São Gabriel (Folha SH.21-Z-B; MIR 539), Santa Maria (Folha SH.22-V-C, MIR 534) e Cachoeira do Sul (Folha SH.22-Y-A, MIR

540), em escala 1:250.000, elaboradas pela Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro em 1981.

Conforme a articulação demonstrada na Figura 06, após a transferência das cartas topográficas do meio analógico para o meio digital, e com o uso do Programa Corel Draw 10, obteve-se a delimitação da MRG 018 em formato digital.

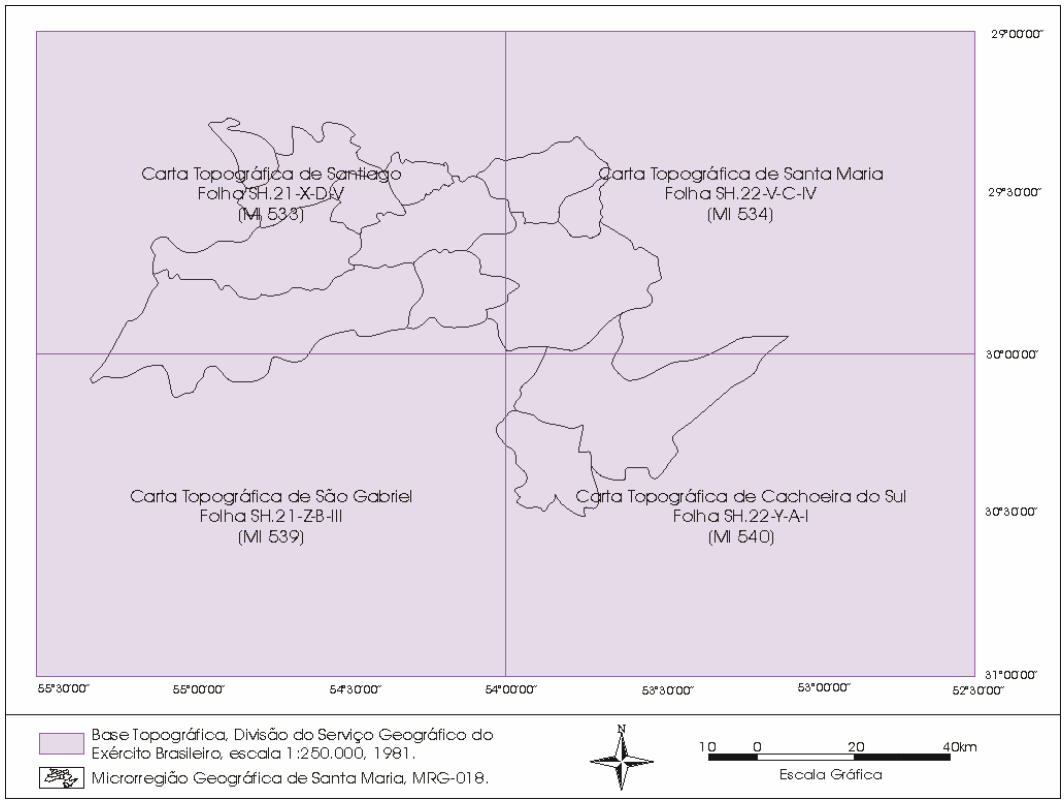


FIGURA 06 - Articulação das cartas topográficas

3.2.2. Coleta de informações sobre os aspectos físico-naturais

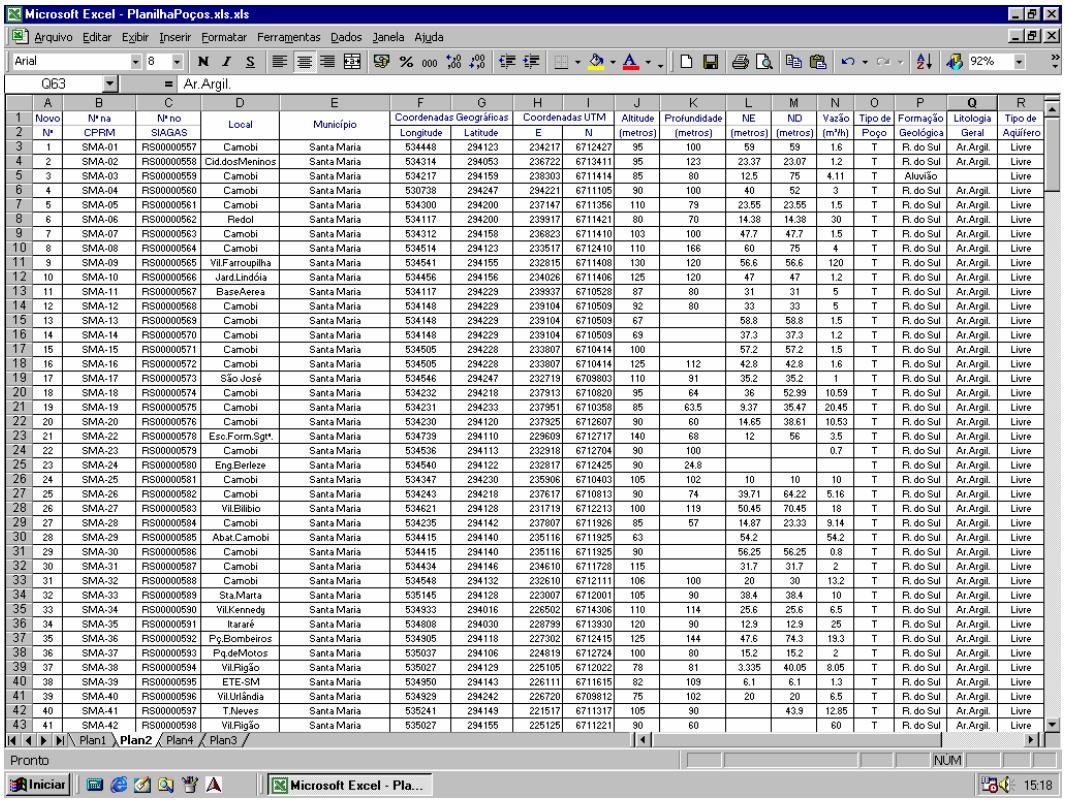
As características ambientais necessárias à aplicação do método, que indicam a realidade subterrânea da área, foram obtidas através das

informações disponíveis dos poços de água subterrânea, disponibilizadas por município, através de consultas ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, que consiste em um cadastro de usuários de poços da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM, disponível *on line* na página virtual http:\\www.cprm.gov.br/bases/siagas; e do Projeto Hidrogeológico da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul por Presotto *et al.* (1973).

Nestes cadastros de usuários constam basicamente as seguintes informações referentes aos poços: código e número do poço, município e localidade a que pertence, latitude e longitude (no Sistema de Coordenadas Geográficas), fonte de informação, proprietário, tipo de poço, forma de captação, penetração, altitude do local da perfuração, profundidade, situação, produção, vazão, nível estático, nível dinâmico, destino ou uso da água subterrânea, tipo de aqüífero, entre outras.

Efetivou-se uma revisão dos dados e identificou-se que 345 poços detinham as informações necessárias à aplicação do método “GOD”. Dessa forma, elaborou-se um novo banco de dados, disposto no Anexo 01, com o uso do programa Excel 2000, constando as seguintes informações: novo número do poço, código do poço original, local e município, latitude e longitude (no Sistema de Coordenadas Geográficas e Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM), altitude do local, profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão, tipo de poço (T= tubular, E= escavado, N= nascente), formação geológica, litologia e tipo de aqüífero, cuja disposição pode ser observado na Figura 07.

A partir deste novo banco de dados foi possível elaborar mapas temáticos envolvendo a interpolação das informações.



Novo Nº	Nº na CPRM	Nº no SIAGAS	Local	Município	Coordenadas Geográficas Longitude	Coordenadas Geográficas Latitude	Coordenadas UTM E	Coordenadas UTM N	Altitude (metros)	Profundidade (metros)	NE (metros)	ND (metros)	Vazão (m³/h)	Tipo de Poço	Formação Geológica	Litologia Geral	Tipo de Aqüífero
1	SMA-01	RS00000557	Camobi	Santa Maria	534448	294123	234217	6712427	95	100	59	59	1.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
2	SMA-02	RS00000558	Cid.dosMeninos	Santa Maria	534314	294053	236722	6713411	95	123	23.37	23.07	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
3	SMA-03	RS00000559	Camobi	Santa Maria	534217	294159	238303	6711414	85	80	12.5	75	4.11	T	Aluvião		Livre
4	SMA-04	RS00000560	Camobi	Santa Maria	530738	294247	294221	6711105	90	100	40	52	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
5	SMA-05	RS00000561	Camobi	Santa Maria	534300	294200	237147	6711356	110	79	23.55	23.55	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
6	SMA-06	RS00000562	Redol	Santa Maria	534117	294200	239917	6711421	80	70	14.38	14.38	30	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
7	SMA-07	RS00000563	Camobi	Santa Maria	534312	294158	236823	6711410	103	100	47.7	47.7	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
8	SMA-08	RS00000564	Camobi	Santa Maria	534514	294123	233517	6712410	110	166	60	75	4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
9	SMA-09	RS00000565	Vil.Farroupilha	Santa Maria	534541	294155	232815	6711408	130	120	56.6	56.6	120	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
10	SMA-10	RS00000566	Jard.Lindóia	Santa Maria	534456	294156	234026	6711406	125	120	47	47	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
11	SMA-11	RS00000567	BaseAerea	Santa Maria	534117	294229	239937	6710528	87	80	31	31	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
12	SMA-12	RS00000568	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	92	80	33	33	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
13	SMA-13	RS00000569	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	67		58.8	58.8	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
14	SMA-14	RS00000570	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	69		37.3	37.3	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
15	SMA-15	RS00000571	Camobi	Santa Maria	534505	294228	233807	6710414	100		57.2	57.2	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
16	SMA-16	RS00000572	Camobi	Santa Maria	534505	294228	233807	6710414	125	112	42.8	42.8	1.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
17	SMA-17	RS00000573	São José	Santa Maria	534546	294247	232719	6709803	110	91	35.2	35.2	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
18	SMA-18	RS00000574	Camobi	Santa Maria	534232	294218	237913	6710820	95	64	36	52.99	10.59	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
19	SMA-19	RS00000575	Camobi	Santa Maria	534231	294233	237951	6710358	85	63.5	9.37	35.47	20.45	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
20	SMA-20	RS00000576	Camobi	Santa Maria	534230	294120	237925	6712607	90	60	14.65	38.61	10.53	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
21	SMA-22	RS00000578	Esc.Form.Sgt*	Santa Maria	534739	294110	229609	6712717	140	68	12	56	3.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
22	SMA-23	RS00000579	Camobi	Santa Maria	534536	294113	232918	6712704	90	100			0.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
23	SMA-24	RS00000580	Eng.Berleze	Santa Maria	534540	294122	232817	6712425	90	24.8				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
24	SMA-25	RS00000581	Camobi	Santa Maria	534347	294230	235906	6710403	105	102	10	10	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
25	SMA-26	RS00000582	Camobi	Santa Maria	534243	294218	237617	6710813	90	74	39.71	64.22	5.16	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
26	SMA-27	RS00000583	Vil.Bilíbio	Santa Maria	534621	294128	231719	6712213	100	119	50.45	70.45	18	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
27	SMA-28	RS00000584	Camobi	Santa Maria	534235	294142	237807	6711926	85	57	14.87	23.33	9.14	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
28	SMA-29	RS00000585	Abat.Camobi	Santa Maria	534415	294140	235116	6711925	63		54.2		54.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
29	SMA-30	RS00000586	Camobi	Santa Maria	534415	294140	235116	6711925	90		56.25	56.25	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
30	SMA-31	RS00000587	Camobi	Santa Maria	534434	294146	234610	6711728	115		31.7	31.7	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
31	SMA-32	RS00000588	Camobi	Santa Maria	534548	294132	232610	6712111	106	100	20	30	13.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
32	SMA-33	RS00000589	Sta.Marta	Santa Maria	535145	294128	223007	6712001	105	90	38.4	38.4	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
33	SMA-34	RS00000590	Vil.Kennedy	Santa Maria	534933	294016	226502	6714306	110	114	25.6	25.6	6.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
34	SMA-35	RS00000591	Itararé	Santa Maria	534808	294030	228799	6713930	120	90	12.9	12.9	25	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
35	SMA-36	RS00000592	Pç.Bombeiros	Santa Maria	534905	294118	227302	6712415	125	144	47.6	74.3	19.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
36	SMA-37	RS00000593	Pq.deMotos	Santa Maria	535037	294106	224819	6712724	100	80	15.2	15.2	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
37	SMA-38	RS00000594	Vil.Rigão	Santa Maria	535027	294129	225105	6712022	78	81	3.335	40.05	8.05	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
38	SMA-39	RS00000595	ETE-SM	Santa Maria	534950	294143	226111	6711615	82	109	6.1	6.1	1.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
39	SMA-40	RS00000596	Vil.Urlândia	Santa Maria	534929	294242	226720	6709812	75	102	20	20	6.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
40	SMA-41	RS00000597	T.Neves	Santa Maria	535241	294149	221517	6711317	105	90		43.9	12.85	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
41	SMA-42	RS00000598	Vil.Rigão	Santa Maria	535027	294155	225125	6711221	90	60			60	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

FIGURA 07 - Disposição das informações no banco de dados

3.2.3. Transformação de coordenadas

A área ocupada pela MRG 018 compreende dois fusos cartográficos correspondente ao Meridiano Central de 57°WGr (Fuso 21) e pelo Meridiano Central de 51°WGr (Fuso 22).

Como as coordenadas dos poços, ora estão sob o Sistema de Coordenadas Geográficas e ora sob o Sistema de Coordenadas UTM, para melhor manipular os dados nos programas utilizados, mantendo-se o maior grau de confiabilidade possível, optou-se por passar todos os dados para o Fuso 21, levando-se em consideração que a maior parte da microrregião estende-se por este Fuso.

Deste modo, para transformar as coordenas do Sistema Geográfico para o Sistema Universal Transversa de Mercator utilizou-se o aplicativo Geolindes, considerando como origem da quilometragem UTM a Linha do Equador e o Meridiano Central de 57ºWGr, além do Datum vertical Imbituba-SC e o Datum horizontal SAD 69 MG.

3.2.4. Representações cartográficas

3.2.4.1. Mapa de distribuição espacial dos poços

Nesta representação cartográfica, foram utilizados todos os tipos de poços (tubular, escavado e nascente) identificados na consulta ao banco de dados do SIAGAS/CPRM, independente do tipo de aqüífero o qual captam água ou de sua profundidade.

Utilizou-se o programa Surfer 6.0 e o modelo geoestatístico *krigagem*, na elaboração deste plano de informação, obedecendo as seguintes etapas:

- tabular as coordenadas dos poços (UTM-E, UTM-N) e as demais informações que se queira representar, em uma planilha fornecida pelo próprio aplicativo;

- salvar as informações (planilha) com a extensão .dat;

- abrir novo "*plot*", ir ao menu *Grid* escolher a opção *Data*, selecionar o arquivo (.dat) com os dados, indicar o método de interpolação, e "*ok*";

- no menu *Map*, escolher a opção *Post*, selecionar o arquivo (.txt) e automaticamente o programa gera um plano com os poços que permite a interação do usuário.

O plano gerado, com os poços, foi exportado como arquivo .cgm (Computer Graphics Metafile), e editado no programa Corel Draw 10, sobrepondo-se ao limite da MRG 018.

3.2.4.2. Mapa geológico

Para representar o substrato litológico da Microrregião Geográfica de Santa Maria, serviu-se dos Mapas Geológicos correspondentes as Folhas de Unistalda (MI 2945), São Francisco de Assis (MI 2962), Cacequi (MI 2963), São Pedro do Sul (MI 2964), Santa Maria (MI 2965), Agudo (MI 2966), Vila São Leandro (MI 2979), Rosário do Sul (MI 2980), São Gabriel (MI 2981), São Sepé (MI 2982) e Barro Vermelho (MI 2983), elaborados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná, 1986, em escala 1:100.000.

Para completar a cobertura geológica da área de abrangência deste estudo também foi utilizado o Mapa Geológico do Projeto RADAM Brasil, editado pelo IBGE (1974), em escala 1:1.000.000. A articulação dos mapas geológicos utilizados pode ser visualizado na Figura 08.

Através da utilização de um *Scanner* os mapas foram transferidos do meio analógico para o meio digital, onde a base geológica foi digitalizada originando o Mapa Geológico da Microrregião Geográfica de Santa Maria.

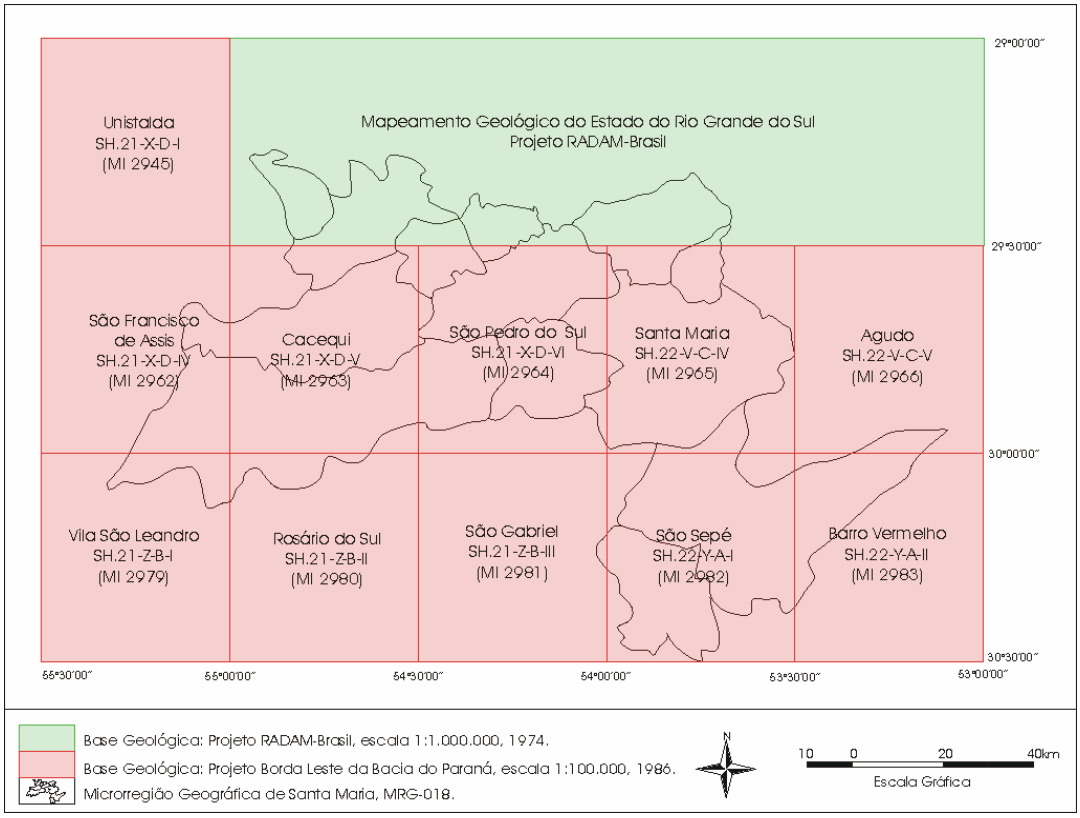


FIGURA 08 - Articulação dos mapas geológicos

3.2.4.3. Mapa de variação da profundidade dos poços

Este mapa também foi gerado utilizando-se o programa Surfer 6.0 e o modelo geoestatístico *krigagem*, porém o procedimento adotado difere um pouco, daquele procedimento seguido na geração do mapa de distribuição espacial dos poços.

Dessa forma as etapas seguidas consistem em:

- utilizar a planilha (arquivo .txt) gerada com as coordenadas dos poços (UTM-E, UTM-N) e os valores de profundidade dos mesmos;

- abrir novo "*plot*", ir ao menu *Grid* escolher a opção *Data*, selecionar o arquivo (.dat) com os dados, indicar o método de

interpolação e “*ok*”. Automaticamente o programa muda o arquivo .dat para um arquivo com a extensão .grd;

- no menu *Map*, escolher a opção *Contour*, selecionar o arquivo (.grd) gerado, escolher o intervalo de classes proposto, cores, legenda e “*ok*”, automaticamente o programa gera um plano contendo as isolinhas de profundidade dos poços que também permite a interação do usuário.

O plano gerado, com a variação da profundidade dos poços, também foi exportado como arquivo .cgm (Computer Graphics Metafile), e editado no programa Corel Draw 10, sobrepondo-se ao limite da MRG 018.

3.2.4.4. Mapa de variação do nível estático dos poços

O mapa de variação do nível estático dos poços segue o mesmo procedimento para a geração do mapa de variação da profundidade dos poços. Difere no momento em que os dados são selecionados para geração do mapa. No menu *Grid* quando opta-se pelo item *Data*, abre-se uma janela onde, ao invés de selecionar a coluna em que estão dispostos os valores da profundidade dos poços, seleciona-se a coluna em que estão dispostos os valores de nível estático, e também aquelas onde estão as coordenadas.

Posteriormente o procedimento é o mesmo, bem como sua edição final no programa Corel Draw 10.

3.2.4.5. Mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos

Durante a aplicação do método “GOD”, os parâmetros analisados receberam valores, conforme detalhado anteriormente, e que podem ser visualizados no Quadro 06.

QUADRO 06 - Valores indicativos da vulnerabilidade dos aqüíferos

Grau de Confinamento Hidráulico	***G***	**Substrato Litológico**	***O***	**Distância do nível da água**	***D***	**Índice de Vulnerabilidade**	**Classe de Vulnerabilidade**
Livre	**1,00**	Aluviões	**0,80**	< 5m	**0,90**	0,72	**Extrema**
Fenda Livre	**0,80**	Serra Geral	**0,65**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,39	**Média**
Livre	**1,00**	Botucatu	**0,80**	< 5m 5-20m	**0,85**	0,68	**Alta**
Livre	**1,00**	Rosário do Sul	**0,75**	5-20m	**0,80**	0,60	**Alta**
Semi Confinado	**0,40**	Estrada Nova	**0,75**	< 5m 5-20m	**0,85**	0,25	**Baixa**
Nenhum	**0,00**	Irati	**0,55**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Semi Confinado	**0,40**	Palermo	**0,55**	20-50m	**0,70**	0,15	**Baixa**
Semi Confinado	**0,40**	Rio Bonito	**0,75**	20-50m	**0,70**	0,21	**Baixa**
Nenhum	**0,00**	Crespos – Membro Hilário	**0,65**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Crespos – Membro Acampamento Velho	**0,65**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Maricá	**0,55**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Vacacaí	**0,55**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Cerro Mantiqueira	**0,55**	20-50m	**0,70**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Grupo Cambaí	**0,55**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**
Nenhum	**0,00**	Granito Caçapava do Sul	**0,55**	5-20m 20-50m	**0,75**	0,00	**Desprezível**

Os valores atribuídos aos diferentes ***G***raus de confinamento hidráulico variaram conforme a resposta aqüífera de cada formação geológica, enquanto os valores de ***O***corrência litológica se deram em conformidade à sua composição litológica. Os valores de ***D***istância do nível da água ocorreram segundo a profundidade do nível estático dos poços, sendo que em determinadas formações geológicas os poços apresentaram nível estático diferentes, conforme a variação de classes modelada no programa *Surfer*6.0.

Na Formação Botucatu, por exemplo, apareceram poços com nível estático inferior a 5m e também poços com nível estático entre 5 e 20m; dessa forma invés de atribuir peso de 0,8 ou 0,9 optou-se por atribuir-lhe um valor intermediário de 0,85; equivalente a uma média de nível estático para os poços da Formação Botucatu. O mesmo ocorreu na Formação Estrada Nova.

Nas Formações Irati, Crespos, Maricá, Vacacaí, Grupo Cambaí e Granitos Caçapava do Sul, a profundidade do nível estático dos poços variou de 5 a 20m e de 20 a 50m, portanto adotou-se o mesmo procedimento e atribuiu-se 0,75 que é um valor intermediário entre 0,7 e 0,8 proposto no método para os intervalos da profundidades de nível estático citados.

As informações entre o tipo de aqüífero, profundidade do nível da água e características litológicas, foram cruzadas considerando por base o mapa geológico e editados no programa Corel Draw 10, resultando no Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aqüíferos da Microrregião Geográfica de Santa Maria, que tem por finalidade diferenciar as áreas de vulnerabilidade de acordo com sua fragilidade natural.

3.2.4.6. Mapa de uso e ocupação do solo

Inicialmente o mapa de uso e ocupação foi gerado utilizando-se classificação supervisionada no programa Spring 4.0, utilizando a imagem falsa cor do satélite Landsat 5 TM, bandas 345 RGB, faixas WRS 223081 e 222081 de 09/1999. No entanto, as informações referentes às matas, lavouras temporárias e lavouras permanentes, ficaram muito homogêneas na representação, dessa forma optou-se por re-elaborar o mapa, digitalizando sobre as imagens os limites das variáveis (matas, lavouras temporárias, lavouras permanentes, estradas e rodovias, núcleos urbanos e rede de drenagem) consideradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Vulnerabilidade natural dos aqüíferos

4.1.1. Análise dos aspectos físico-naturais

Com objetivo de estabelecer a vulnerabilidade natural dos aqüíferos, houve a necessidade de investigar algumas informações referentes aos aspectos físico-naturais que influenciam diretamente na condição natural de vulnerabilidade (fragilidade) do meio, indicam a realidade subterrânea da área e compreendem dados pré-existentes necessários à aplicação do método “GOD”. Essas informações foram obtidas através dos dados disponíveis sobre os poços, organizados por município (conforme detalhado na metodologia) e através dos mapas geológicos.

Dessa forma, constatou-se 345 poços cadastrados na MRG 018 (Anexo 01), variando entre o tipo tubular, escavado e nascente, cuja captação de água também está associada a sistemas aqüíferos diferentes. Sete poços estão localizados fora da área de estudo, porém, levando em consideração sua proximidade dos limites municipais foram utilizados.

Os poços do tipo tubular totalizam 223 poços, predominando na MRG 018, enquanto os poços do tipo escavado e nascente compreendem respectivamente 60 e 22 poços para captação de água subterrânea. Dos 345 poços identificados, 40 não detinham informações quanto ao seu tipo.

Normalmente os poços tubulares são responsável pela maior produção de água do que poços escavados e nascentes, pois captam

água diretamente de um aqüífero, enquanto os poços escavados e nascentes captam água de aqüíferos rasos abastecidos comumente pelas precipitações, do contato entre camadas rochosas com permeabilidade diferentes, ou simplesmente retiram a umidade armazenada na zona não saturada do solo, cuja qualidade nem sempre é apropriada para o consumo ou utilização em determinadas atividades.

Essa quantidade de poços tubulares perfurados na área indicam que os consumidores de água subterrânea estão optando por construir poços tubulares, com auxílio de profissionais responsáveis, embora o custo seja maior que a construção de poços nascentes ou escavados, podem desfrutar da melhor qualidade e de um abastecimento contínuo (até certo ponto), ressalvados casos onde as águas subterrâneas possuem qualidades inferiores aos padrões de potabilidade ou aqüíferos em que o tempo de recarga não suporta a vazão extraída.

Observando-se a Figura 09, verifica-se que o maior número de poços está nos municípios de Santa Maria e Cacequi (totalizando 189 e 46 poços respectivamente). O município de São Pedro do Sul apresenta 22 poços cadastrados. No município de São Vicente do Sul houve ocorrência de 15 poços; em Dilermando de Aguiar e Itaara constatou-se 14 poços. Identificaram-se 8 poços em Jaguari, 6 em Mata, 5 em São Sepé, 2 em Vila Nova do Sul e Toropi e nenhum poço foi verificado em Nova Esperança do Sul.

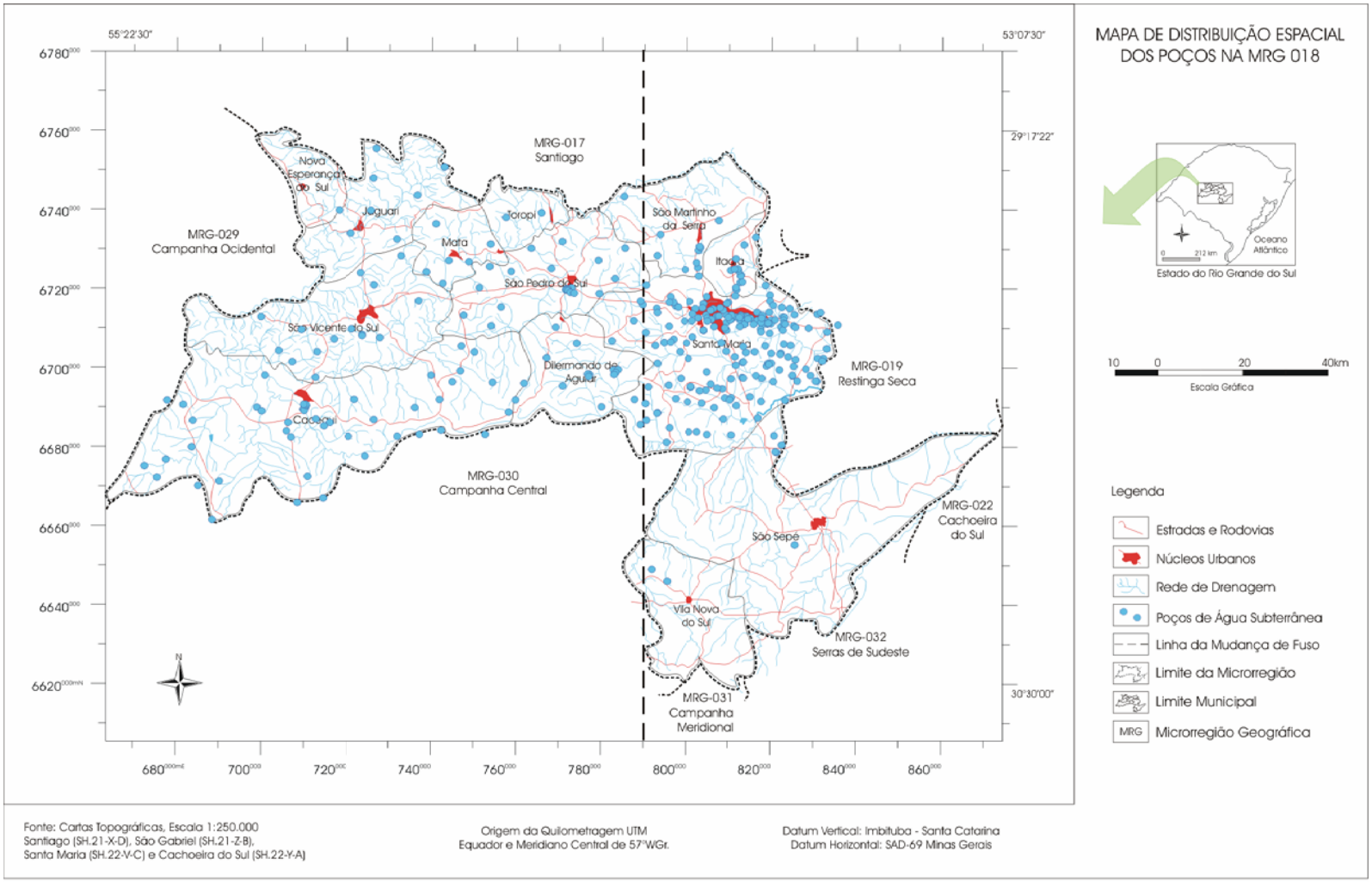


FIGURA 09 - Mapa de distribuição espacial dos poços na MRG 018.

É relevante destacar que, existem inúmeros poços atuantes nos municípios que não estão cadastrados no SIAGAS/CPRM. Observado-se o Quadro 07, que representa as formas de abastecimento urbano de água nos domicílios particulares permanentes dos municípios, segundo dados do Censo Demográfico (IBGE, 2000), percebe-se a disparidade de informações entre as fontes consultadas, pois do total de 17.876 poços ou nascentes utilizados para o abastecimento de água em 104.588 domicílios particulares permanentes na MRG 018, identificados pelo IBGE, apenas 345 poços disponibilizam informações sobre suas condições hidrodinâmicas, e estão registrados no SIAGAS/CPRM.

QUADRO 07 - Formas de abastecimento de água nos domicílios particulares permanentes dos municípios da MRG 018

Municípios	**Rede geral**	**Poço ou nascente**	**Outra**	**Total**
Cacequi	3.594	656	115	4.365
Dilermando de Aguiar	287	689	13	989
Itaara	617	677	57	1.351
Jaguari	1.968	1.611	152	3.731
Mata	784	872	52	1.708
Nova Esperança do Sul	796	354	7	1.157
Santa Maria	64.420	6.755	1.340	72.515
São Martinho da Serra	27	751	230	1.008
São Pedro do Sul	3.566	1.690	116	5.372
São Sepé	5.509	1.983	155	7.647
São Vicente do Sul	1.745	605	107	2.457
Toropi	136	670	169	975
Vila Nova do Sul	718	563	32	1.313
Total	84.167	17.876	2.545	104.588

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

Além disso, esses números já devem ter sido superados, pois a perfuração de poços é uma realidade constante em todos os lugares, seja para suprir as necessidades de água frente à escassez eminente, seja por sua qualidade em relação às águas superficiais (em alguns casos) ou complemento ao abastecimento das populações e desenvolvimento das atividades exercidas nos diferentes setores econômicos dos municípios.

Esta situação denota a urgência de ser colocado em prática um dos principais instrumentos de gestão dos recursos hídricos: o "Sistema de Informações dos Recursos Hídricos", estabelecido na Lei nº 9.433/97, que permite o acesso de dados e informações atualizadas referentes aos usos dos recursos hídricos a todos os usuários.

4.1.2. Graus de confinamento hidráulico (*G*)

Os poços identificados captam água de aqüíferos que apresentam diferentes "***G***raus de Confinamento Hidráulico", como é o caso dos poços perfurados em aqüíferos livres, aqüíferos confinados e aqueles que extraem águas das fendas existentes entre as rochas de origem ígnea (vulcânica e plutônica) e metamórfica.

Conforme os dados disponibilizados pelo SIAGAS/CPRM, existem 295 poços perfurados em aqüíferos livres, 32 poços em aqüífero fissural (através das Fendas ou Fendas Livre), 2 poços captam água de aqüífero confinado e 16 poços não apresentaram informações quanto ao tipo de aqüífero.

Como a preocupação da contaminação das águas subterrâneas está relacionada diretamente com aqüíferos não-confinados e

aqüíferos semi-confinados, nota-se previamente certa fragilidade do meio aqüífero da área estudada, além de que os próprios poços podem ser fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas, dependendo da sua proximidade de atividades possivelmente contaminantes desenvolvidas na superfície e do tempo de execução das mesmas; especialmente onde o nível freático é pouco profundo ou quando as camadas confinantes são delgadas e permeáveis.

Em termos de circulação de água subterrânea, foi possível dividir a MRG 018 em duas unidades hidroestratigráficas diferenciadas: “Sistema Aqüífero Sedimentar” e “Sistema Aqüífero Fissural”, conforme as características geológicas restritas a cada formação.

O “Sistema Aqüífero Sedimentar” compõe-se de diferentes formações geológicas de caráter granular, onde a permeabilidade e o armazenamento hídrico subterrâneo ocorre por porosidade. Destaca-se neste caso, os Aluviões, a Formação Botucatu e a Formação Rosário do Sul.

Embora estas formações geológicas façam parte do mesmo sistema aqüífero (sedimentar) apresentam litologias diferenciadas, responsáveis por comportamentos hidrodinâmicos diferentes, variando entre aqüífero livre e/ou semi-confinado.

O “Sistema Aqüífero Fissural”, na área de estudo, é composto por rochas vulcânicas (ígneas) características dos derrames da Formação Serra Geral e da Formação Crespos (Membro Hilário e Acampamento Velho), além de rochas plutônicas (Formação Cerro Mantiqueira, Grupo Cambaí e Granitos tipo Caçapava do Sul) e metamórficas (Formação Vacacaí). Nesse Sistema Aqüífero a permeabilidade se dá por descontinuidades rúpteis e o armazenamento

da água subterrânea restringe-se aos fraturamentos das formações e aos contatos interderrames.

A Formação Estrada Nova, Formação Irati, Formação Palermo, Formação Rio Bonito e a Formação Maricá ficam a parte dos sistemas aqüíferos sedimentar ou fissural, pois funcionam como aqüicludes ou aqüitardes, apresentam pouco valor aqüífero, não armazenando nem transmitindo água, a maioria das litologias que as compõem representam estruturas impermeáveis. A retenção de água pode ocorrer apenas em subsuperfície sem grande importância aqüífera, e quando permitem o armazenamento da mesma proporcionam poços de baixa vazão (CPRM, 1994).

4.1.3. Ocorrência do substrato litológico (*O*)

A Microrregião Geográfica de Santa Maria é caracterizada por uma diversificada composição geológica, pois abrange a Depressão Periférica Sul Riograndense, estendendo-se do Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná (bacia sedimentar) até o Planalto Sul-Rio-Grandense (núcleo cristalino arqueado). Fato que a caracteriza como uma zona de afloramento e recarga de aqüíferos; portanto, verifica-se a presença de formações de caráter granular e fissural equivalente as rochas sedimentar, ígneas (vulcânicas e plutônicas) e metamórficas respectivamente.

Observando-se a Figura 10, nota-se que ao Norte aparece a Formação Serra Geral, abrangendo total ou parcialmente os municípios de Santa Maria, Itaara, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, Toropi, Mata, Jaguari e Nova Esperança do Sul.

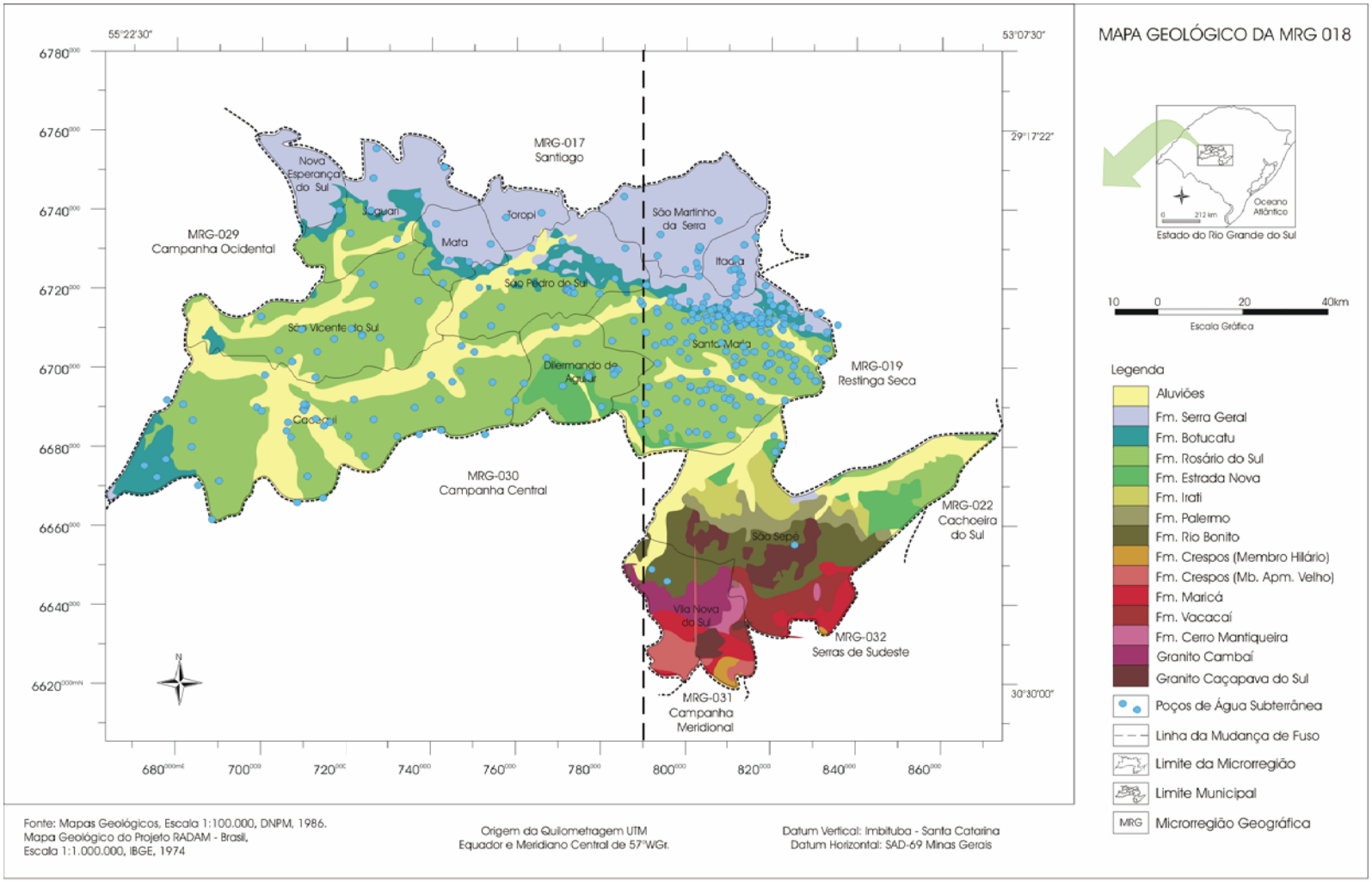


FIGURA 10 - Mapa geológico da MRG 018.

A Formação Serra Geral, atinge também uma pequena área a Oeste de Cacequi e um afloramento em São Sepé, que corresponde a um dique de diabásio.

Contudo, a maior extensão da área é ocupada pelas rochas sedimentares, sendo que a Formação Botucatu aparece aflorante em uma estreita faixa subjacente a Formação Serra Geral, que sobreposta pela Formação Rosário do Sul, correspondem à área de afloramento e recarga do Sistema Aqüífero Guarani.

Também merecem destaque os Aluviões, que se restringem às margens dos rios e arroios. No Município de Dilermando de Aguiar, ao Sul de Santa Maria e pequenas extensões em São Sepé, aparece a Formação Estrada Nova, litologicamente composta por lamitos intemperizados, argilitos, siltitos e arenitos finos com concreções calcíferas.

No município de São Sepé ainda aparecem as Formações Irati, Palermo, Rio Bonito, Maricá, Vacacaí e pequenos afloramentos da Formação Cerro Mantiqueira. Em Vila Nova do Sul aparece em menor escala os Aluviões, e a Formação Rio Bonito, predominam as rochas da Formação Crespos, Maricá, Cerro Mantiqueira, Grupo Cambaí e Granitos Caçapava do Sul.

A composição litológica das formações geológicas está diretamente relacionada com o comportamento hidroestratigráfico presente na área. O Quadro 08 apresenta uma síntese desse comportamento hidroestratigráfico bem como as litologias de cada formação que predominam na MRG 018.

De acordo com o exposto e as informações dispostas nesse Quadro, atribuiu-se a nota recomendada no método “GOD” para as variáveis de “**G**” e “**O**” simultaneamente.

QUADRO 08 - Comportamento Hidroestratigráfico na Microrregião de Santa Maria

Formação		Litologias	Características de Sistemas Aqüíferos	Tipo/Sistema Aqüífero
Aluviões		Areias, argilas e cascalhos fluviais.	Aqüífero contínuo de grande extensão, livre. Permeabilidade alta, com água de boa qualidade. Aproveitamento por meio de poços escavados.	Sedimentar Granular-poroso
Serra Geral		Riolitos e riodacitos com disjunção tabular. Basaltos e andesitos toleíticos. Intertraps de arenitos. Lavas basálticas, diques e sills de diabásio associados.	Aqüíferos locais restritos às zonas fraturadas e contatos interderrames. Nas áreas de relevo acidentado as obras de captação devem restringir-se ao aproveitamento de nascentes; nas áreas de planalto devem ser perfurados poços tubulares profundos. Águas quimicamente de boa qualidade.	Ígneo Fissural-fraturado
Botucatu		Arenitos médios a finos, com estratificação cruzada de grande porte.	Arenitos com boa permeabilidade e porosidade, porém apresentam uma disposição topoestrutural que dificulta a alimentação e o armazenamento de águas subterrâneas. Aqüífero restrito a regiões baixas de topografia, livre. Água de boa qualidade. Captação por poços tubulares.	Sedimentar Granular-poroso
Rosário do Sul		Arenitos médios a finos, estratificação cruzada acanalada e planar, intercalados com siltitos argilosos argilosos maciços, “lamitos”, concreções calcárias.	Aqüífero de grande extensão, livre e/ou confinado. Permeabilidade alta a média, com água de boa qualidade. Em áreas planas os poços tubulares de grande diâmetro produzem excelentes vazões. Quando constituídos por lamitos impermeáveis funcionam como aqüiclude, não armazenando nem transmitindo água. As litologias arenosas de granulometria muito fina, argilosas resultam em permeabilidade baixa, respondendo como um aqüitarde proporcionando baixas vazões nos poços.	Sedimentar Granular-poroso
Estrada Nova		Quando lamitos intemperizados apresentam fratura conchoidal, argilitos, siltitos e arenitos finos com concreções calcíferas	Esta formação apresenta pouco valor aqüífero, não armazenando nem transmitindo água, pois a maioria das litologias que a compõem representam estruturas impermeáveis e os arenitos finos conservam-se microgranulação cruzada, laminação lenticular e fendas de ressecamentos.	Sedimentar Granular-poroso
Irati		Folhelhos pirobetuminosos, separados entre si por lamitos cascalhos com fratura conchoidal e com níveis de calcários.	Sem armazenamento de água na forma de lençol subterrâneo, e a retenção de água pode ocorrer apenas em subsuperfície sem grande importância aqüífera.	Sedimentar Granular-poroso
Palermo		Siltitos argilosos, na porção basal ocorrem arenitos finos a médios com pequena persistência lateral.	Também funcionam como aqüiclude, não armazenando nem transmitindo água, no entanto seus arenitos basais podem reter água de outra fonte de recarga.	Sedimentar Granular-poroso
Rio Bonito		Arenitos finos a grosseiros eventualmente conglomeráticos, localmente micáceos, ortoquartzíticos, siltitos arenosos	Embora o armazenamento de água seja restrito, também proporcionam poços de baixa vazão. Água de boa qualidade, quando os ortoquartzíticos não provocam uma elevação de sua acidez.	Sedimentar Granular-poroso
Crespos	Membro Hilário	Andesitos e piroclásticos, conglomerados piroclásticos, grauvacas e siltitos cor marrom-avermelhado. Mineralizações cupríferas.	-	Ígneo Fissural-fraturado
	Membro Acamp. Velho	Lavas e tufos riolíticos e dacitos. Diques associados. Mineralizações cupríferas	-	Ígneo Fissural-fraturado
Maricá		Conglomerados com seixos de quartzo, quartzitos, granito e gnaisses. Arenitos arcosianos conglomeráticos, ardósias e folhelhos sílticos com acamadamento gradacional	-	Sedimentar Granular-poroso
Vacacaí		Metamorfitos não migmatizados: clorita-sericita-xistos, quartzitos, clorita-xistos, sericita-xistos, leptinitos e mármores.	-	Metamórfico Fissural-fraturado
Cerro Mantiqueira		Serpentinitos, dunitos, peridotitos, listvanitos, talco-clorita-xistos, cloritos e clorita-xistos.	-	Ígneo (plutônico-metamórfico) Fissural-fraturado
Grupo Cambaí		Migmatitos e granitos associados. Ectinitos.	-	Ígneo (plutônico-metamórfico) Fissural-fraturado
Granito tipo Caçapava do Sul				Ígneo (plutônico-metamórfico) Fissural-fraturado

Fonte: Adaptação de Presotto *et al.* (1973), RADAMBRASIL (1986) e CPRM (1994).

4.1.4. Distância do nível da água subterrânea (*D*)

Após a caracterização hidrogeológica da área, foi necessário analisar as condições hidrodinâmicas dos poços, a fim de identificar a "***D***istância do Nível da Água Subterrânea".

A profundidade atingida pelos poços na Microrregião Geográfica de Santa Maria apresentou uma significativa variação, pois depende de vários fatores, tais como: do tipo de poço perfurado, do número de entradas de água em função da vazão pretendida, do tipo de equipamento utilizado no poço, entre outras. Em poços tubulares a profundidade atingiu no máximo 293m.

A Figura 11 representa a variação espacial da profundidade dos poços na MRG 018, indicando que a maior diferença ocorre no município de Santa Maria, onde se encontram poços com profundidades inferiores a 20m e poços que atingem mais de 141m; em São Martinho da Serra também ocorre uma significativa variação da profundidade dos poços, sendo possível encontrar poços que atingem 20m de profundidade e poços com mais de 141m.

Nos municípios de Itaara e São Sepé, embora localizados geograficamente em direções opostas, os poços atingem profundidades semelhantes, superiores a 61m e inferiores a 140m. Em Vila Nova do Sul os poços atingem profundidades inferiores à 100m; enquanto nos municípios de Toropi, Mata, Jaguari e Nova Esperança do Sul a profundidade deles é menor que 20m.

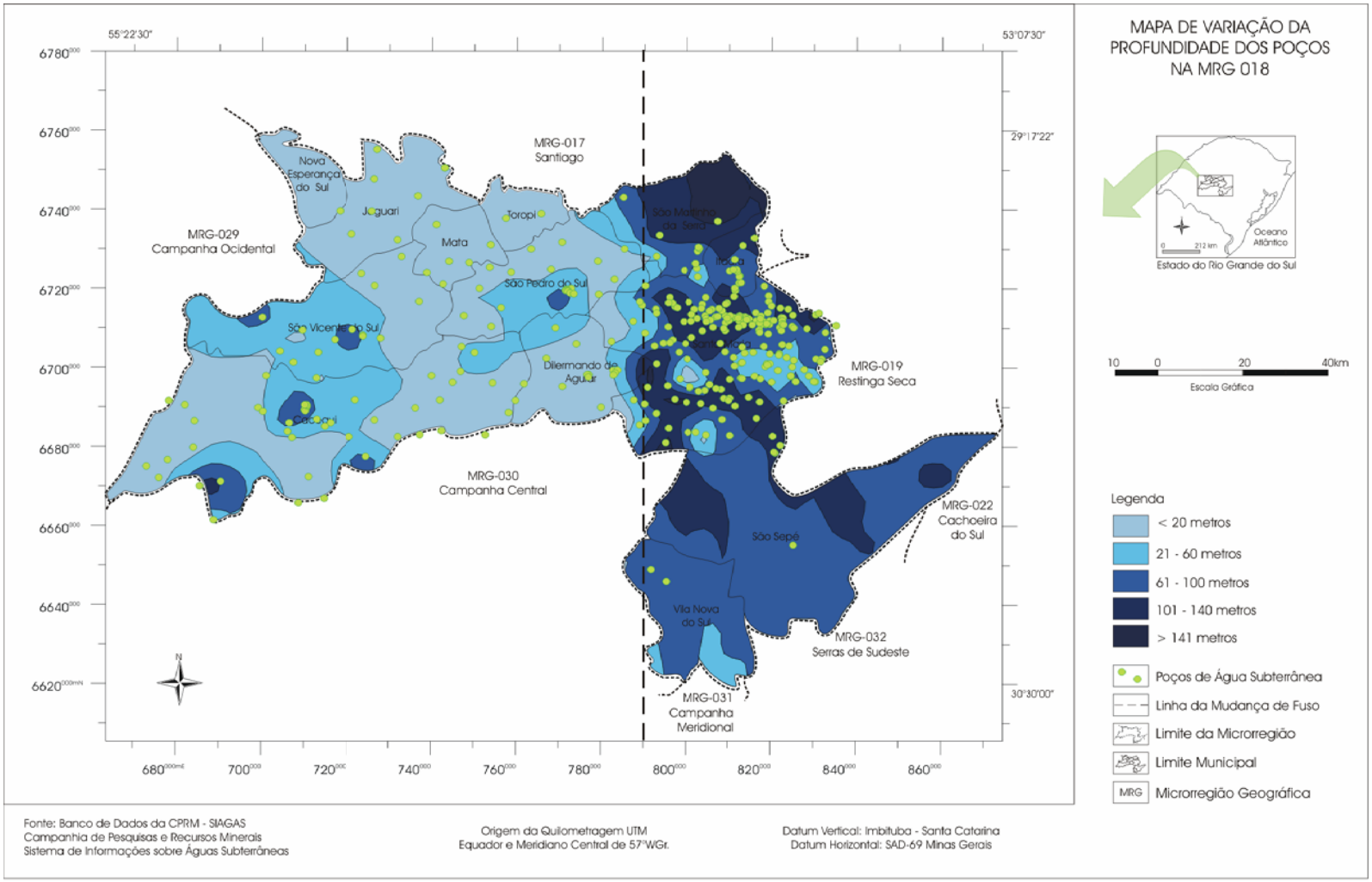


FIGURA 11 - Mapa de variação da profundidade dos poços na MRG 018

Nos municípios de Dilermando de Aguiar, São Pedro do Sul, Cacequi e São Vicente do Sul também predominam poços com profundidades inferiores a 20 metros, mas alguns poços atingem até 100 metros de profundidades.

No entanto, a variável indicativa da distância do nível da água subterrânea é dada pelo nível estático dos poços, que na MRG 018 varia de no mínimo 0 e no máximo 65 metros de profundidade. A Figura 12 revela seis classes de variação do nível estático. As classes onde o nível estático dos poços é pouco profundo (inferior a 2 metros) predomina nos municípios de Nova Esperança do Sul, Mata e Toropi.

Em Jaguari o nível estático dos poços atingem duas classes de variação inferior a 2 metros e entre 3 e 14 metros. Os valores que permanecem entre 3 e 14 metros prevalecem em Cacequi, São Vicente do Sul, Dilermando de Aguiar, Itaara, São Martinho da Serra e Vila Nova do Sul, embora apresentem pequenas extensões com a classe superior (15-26m) ou inferior (<2) em alguns municípios.

Nos municípios de Santa Maria, Cacequi e São Pedro do Sul aparecem poços com nível estáticos superiores a 39 metros de profundidade. Em São Sepé a maior incidência de poços se dá com nível estático entre 15 e 26 metros de profundidade.

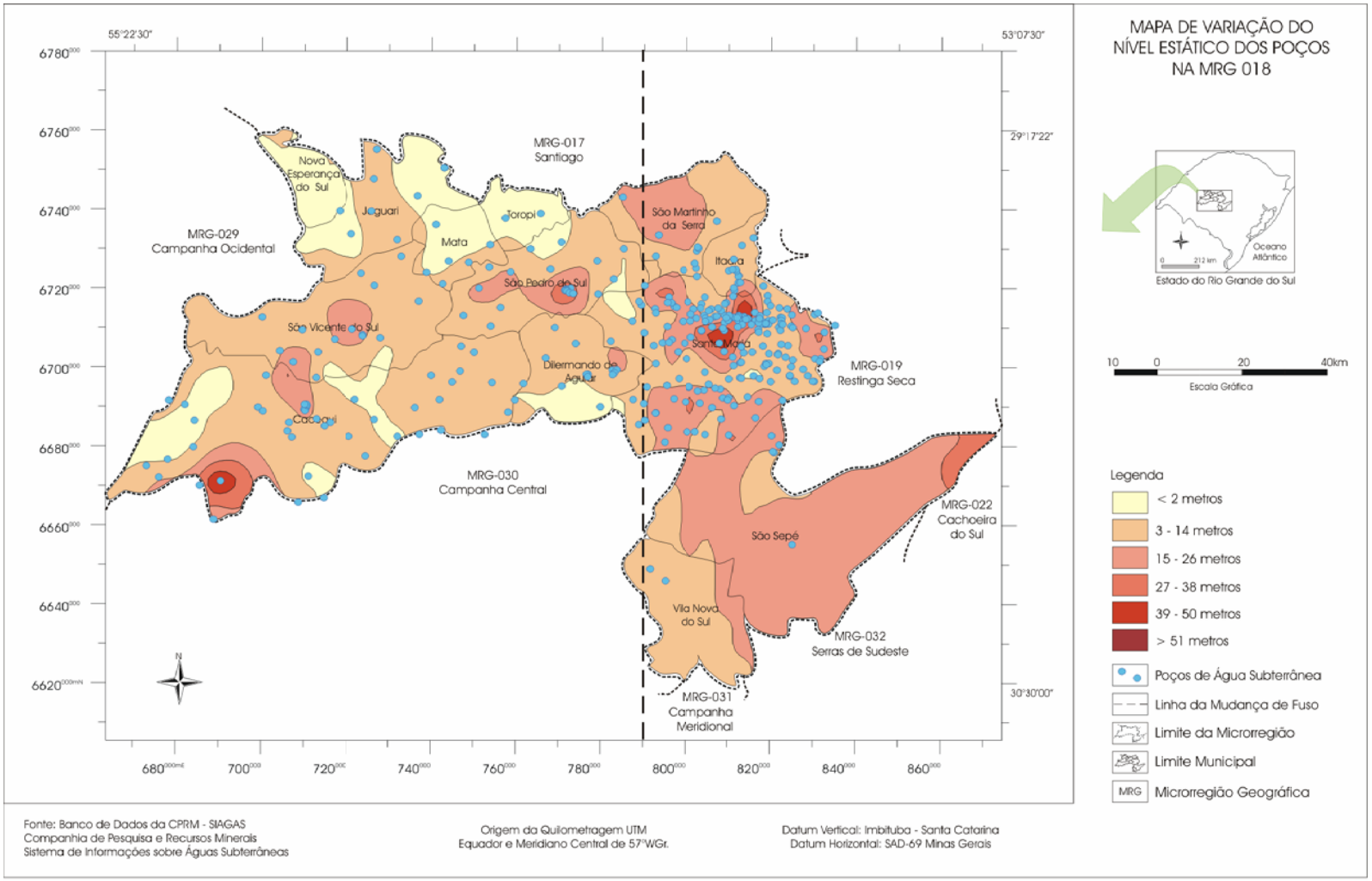


FIGURA 12 - Mapa de variação do nível estático dos poços na MRG 018.

Após analisar a condição de ocorrência das águas subterrâneas; do substrato litológico e da profundidade do nível freático, atribuindo-se valores às variáveis "***G.O.D***." conforme o método adotado, a partir dos poços existentes na área, foi possível estabelecer o índice de vulnerabilidade natural dos aqüíferos.

Todas as classes de vulnerabilidade (Desprezível, Baixa, Média, Alta e Extrema) estão presentes na Microrregião Geográfica de Santa Maria espacialmente distribuídas na Figura 13.

A classe de vulnerabilidade Desprezível aparece nos municípios de Vila Nova do Sul, São Sepé e parte de Dilermando de Aguiar, porque está relacionada às formações de baixa condição aqüífera, ou seja, baixo grau de confinamento hidráulico.

Nesses municípios ainda aparece a classe de vulnerabilidade Baixa, relacionada com a Formação Rio Bonito que, em função do seu restrito armazenamento de água, pode ser considerada aqüífero do tipo semi-confinado. Os poços situados sobre esta área possuem nível estático entre 20 e 50m de profundidade.

A classe de vulnerabilidade Média integra a Formação Serra Geral, que compreende um aqüífero do tipo fissural, em que o armazenamento da água limita-se aos fraturamentos da formação, permitindo que as águas sejam captadas de fendas com algum grau de confinamento ou simplesmente de fendas livres.

No entanto, é notável que na Microrregião Geográfica de Santa Maria predomina a classe de vulnerabilidade Alta, vinculada às Formações Botucatu e Rosário do Sul, que correspondem a aqüíferos livres, cujo nível de água não ultrapassa 20 metros de profundidade, compreendem o melhor aqüífero da região.

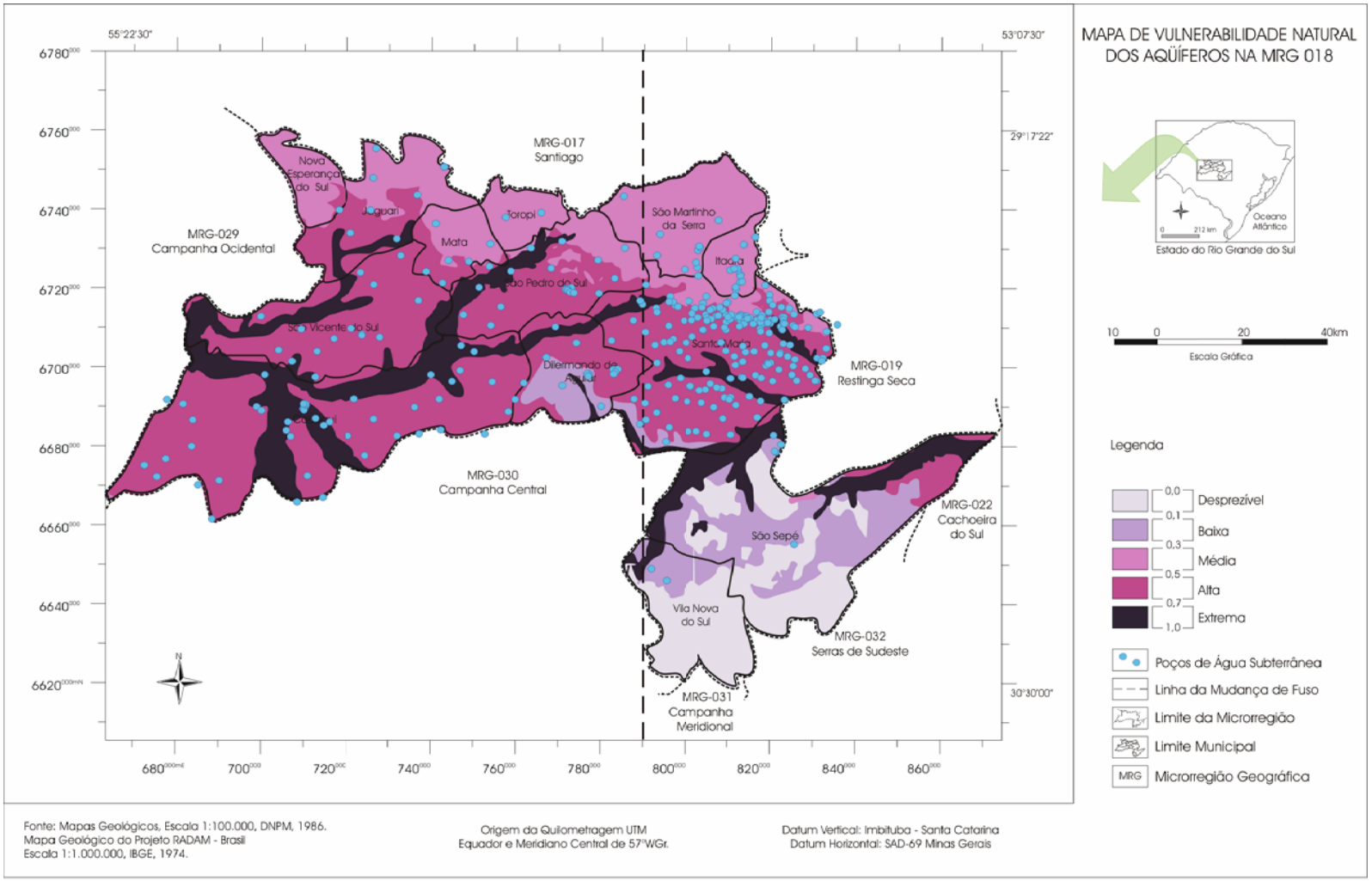


FIGURA 13 - Mapa de vulnerabilidade natural dos aqüíferos na MRG 018.

Os Aluviões compreendem aqüíferos livres, e o nível da água atinge profundidades menores que 5 metros, sendo captada geralmente por meio de poços rasos e escavados, na MRG 018, teve como equivalente a classe de vulnerabilidade Extrema.

A partir do exposto fica evidente que a área em estudo apresenta uma estrutura frágil, principalmente no que diz respeito ao comportamento litológico, que influencia diretamente no sistema de recarga aqüífera o que pode vir a comprometer a qualidade das águas. Contudo, o fator determinante da real situação de risco em que os recursos hídricos subterrâneos estão submetidos é a disposição do uso e ocupação do solo. Em muitos casos esta forma de ocupação pode modificar a qualidade dos recursos hídricos, pondo em risco sua conservação às futuras gerações.

4.2. Análise das atividades geradoras de poluição

Correlacionar o estudo da vulnerabilidade natural dos aqüíferos com as atividades exercidas na superfície da área estudada é de extrema importância; pois, embora o meio natural apresente uma estrutura natural frágil é o tipo, a intensidade, a forma e o tempo de disposição das atividades que determinam a real situação do risco que os recursos hídricos subterrâneos estão submetidos. Em muitos casos a forma de ocupação do solo pode modificar a qualidade dos recursos hídricos, pondo em risco sua conservação às atuais e às futuras gerações (Hassuda, 1999).

Segundo Foster e Hirata (1987) o impacto nos aqüíferos também dependerá da densidade populacional, que é proporcional a

concentração de contaminantes. A Figura 14 representa a variação da densidade demográfica da Microrregião Geográfica de Santa Maria, entre os anos de 1991, 1996 e 2000.

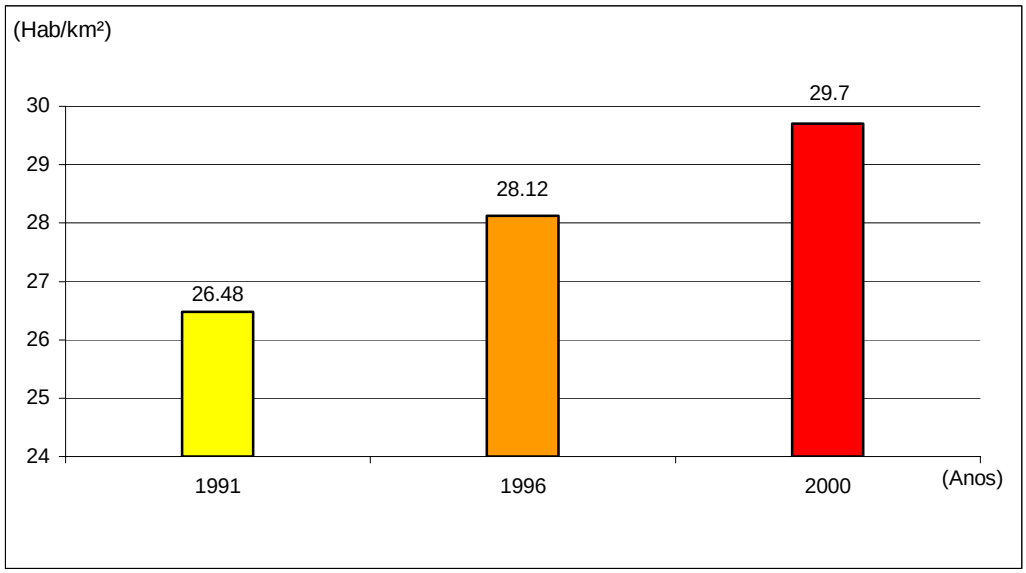


FIGURA 14 - Variação da densidade demográfica na MRG 018, entre os anos de 1991, 1996 e 2000

FONTE: IBGE, Censo Demográfico 2000.

Observa-se que em 1991 a Microrregião de Santa Maria detinha 26,48 hab/km², número que foi superado no ano de 1996, atingindo 28,12 hab/km², ou seja, acréscimo de 1,64 hab/km². Em 2000 esse número elevou-se para 29,70%, equivalendo a mais 1,58 hab/km². Portanto entre os anos de 1991 e 2000, a densidade demográfica na microrregião elevou-se a 3,22 hab/km².

Embora a Microrregião tenha apresentado acréscimo populacional em relação a sua área total, os municípios

individualmente não apresentaram a mesma evolução, nota-se, conforme a Figura 15, que alguns municípios apresentaram decréscimo de hab/km², entre os anos de 1991 e 2000, como Cacequi e Jaguari. Em outros, o número de hab/km² decaiu de 1991 para 1996 voltando aumentar em 2000, como em São Pedro do Sul e Toropi. No município de Mata o número de hab/km² aumentou entre 1991 e 1996 decaindo em 2000. Os demais municípios apresentaram somente acréscimos de hab/km².

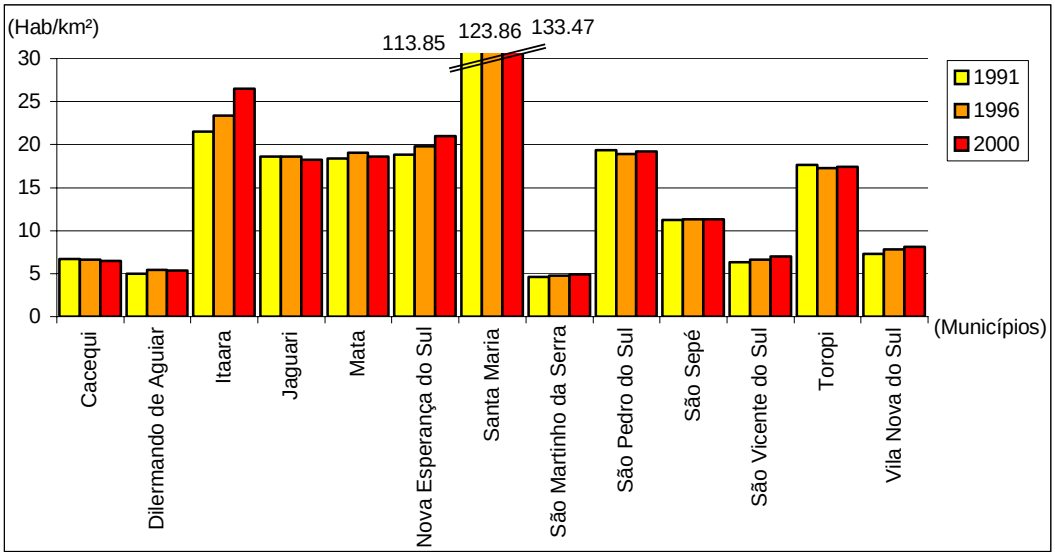


FIGURA 15 – Evolução da densidade demográfica dos municípios da MRG 018, entre os anos de 1991, 1996 e 2000.

FONTE: IBGE, Censo Demográfico 2000.

Esse desenvolvimento populacional implica também no aumento das demandas localizadas de água para seus múltiplos usos. Dos treze municípios inseridos na MRG 018, Cacequi, São Pedro do Sul, Dilermando de Aguiar, Itaara, Mata, São Martinho da Serra e Toropi

predomina a utilização de poços para o abastecimento de água, enquanto nos demais municípios o fornecimento de água ocorre a partir dos reservatórios de água superficial, mas não é dispensado o uso complementar de águas subterrâneas, extraídas por meio de poços.

No meio rural as águas subterrâneas são utilizadas principalmente nas atividades domésticas e complementares as atividades agropecuárias desenvolvidas nas propriedades, enquanto no setor urbano as águas podem ser utilizadas para abastecimento doméstico, industrial além das atividades paisagísticas e de lazer. A concentração populacional urbana e rural dos municípios da MRG 018 no ano de 2000 pode ser verificada na Figura 16.

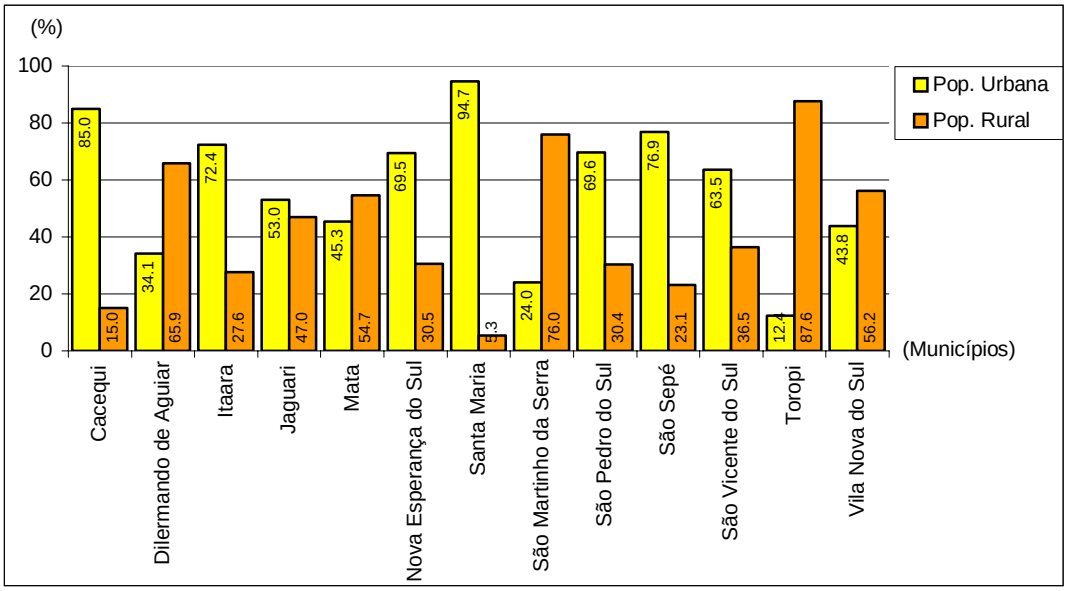


FIGURA 16 - Porcentagem da população urbana e rural nos municípios da MRG 018 no ano 2000.

FONTE: IBGE, Censo Demográfico 2000.

Conforme a Figura 16, os municípios de Santa Maria, Cacequi, São Sepé, Itaara, São Pedro do Sul, Nova Esperança do Sul, São Vicente do Sul e Jaguari apresentam mais de 50% dos habitantes residindo na zona urbana, enquanto os municípios de Dilermando de Aguiar, Mata, São Martinho da Serra, Toropi e Vila Nova do Sul possuem mais de 50% dos habitantes na zona rural.

Considerando o número de habitantes residentes na zona rural e urbana, cinco municípios podem ser apreciados como essencialmente rurais e oito essencialmente urbanos; portanto, as atividades desenvolvidas na MRG 018 tornam-se significativamente diversificadas e distribuem-se entre os setores primário, secundário e terciário, proporcionando conseqüentemente a geração de resíduos contaminantes provenientes de diversas fontes.

As atividades desenvolvidas no meio rural são responsáveis pelo vasto uso das águas subterrâneas tendo em vista a dificuldade de estabelecer redes de abastecimento geral. Os poços abastecem além das residências instaladas nas propriedades, praticamente todas as atividades vinculadas ao meio rural.

A produção agrícola predominante na Microrregião Geográfica de Santa Maria foi dividida em lavouras permanentes e temporárias por município conforme descrito no Anexo 02 e distribuídas espacialmente na Figura 17. Salienta-se que a produção de hortifrutigranjeiros também se desenvolve nas pequenas propriedades rurais.

Dentre as lavouras permanentes há cultivo de abacate, banana, caqui, erva-mate, figo, goiaba, laranja, limão, maçã, pêra, pêssego, tangerina e uva. Verificou-se o cultivo de mamão e noz apenas no município de São Sepé.

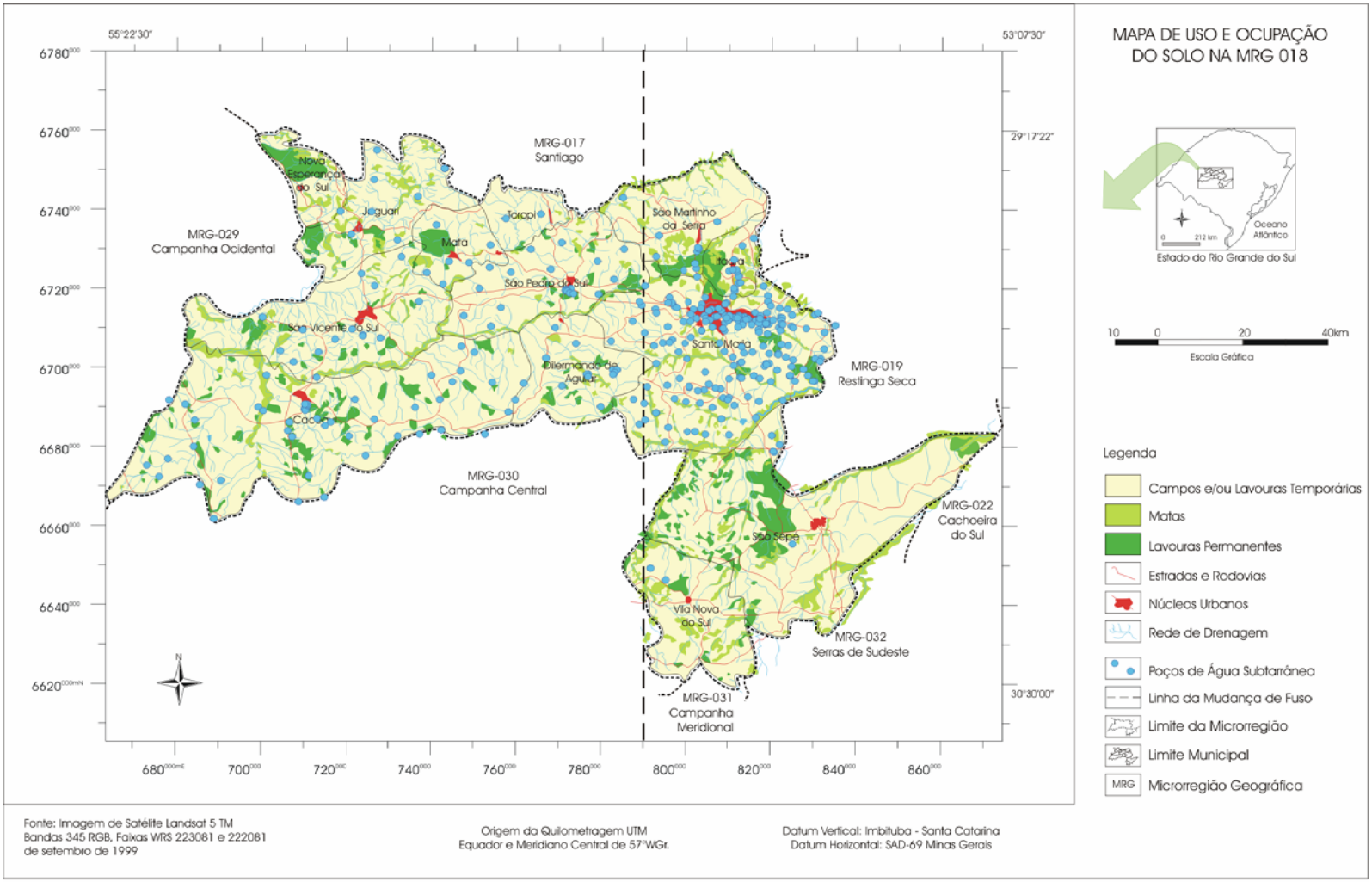


FIGURA 17 - Mapa de uso e ocupação do solo na MRG 018

Em relação às lavouras temporárias destaca-se o plantio de alho, amendoim, arroz, batata-doce, batata-inglesa, cana-de-açúcar, cebola, cevada, feijão, fumo, mandioca, melancia, melão, milho, soja, sorgo granífero, tomate e trigo. Apenas no município de Santa Maria ocorre o cultivo de ervilha.

Considerando-se o número de hectares plantados nos municípios da MRG 018, os cultivos que mais se destacam são: as lavouras temporárias de arroz (615,16ha), milho (303,9ha) e soja (301,5ha); além das lavouras permanentes de laranja (4,62ha), pêssego (1,08ha), tangerina (1,14ha) e uva (2,24ha), (IBGE, 2002).

Especial cuidado deve ser dado as áreas destinadas à cultura de arroz, pois se desenvolvem nas planícies aluviais junto às redes de drenagem com baixo escoamento superficial, o que aumenta a infiltração, sendo possível inferir que, significante parcela dos produtos químicos utilizados fica em superfície por longo período de tempo facilitando sua infiltração no solo juntamente com as águas utilizadas.

Zanella *et al*. (2001) expõem que as lavouras de arroz, além de utilizar águas dos mananciais, também podem encaminhar ao ambiente, substâncias que eventualmente são prejudiciais ao equilíbrio ecológico. As mais prováveis contaminações desta lavoura são os resíduos de herbicidas e fertilizantes.

Estes autores desenvolveram estudos sobre a dispersão de pesticidas e nutrientes nas águas, durante o período de cultivo de arroz, e concluíram que as maiores ocorrências de resíduos de herbicidas estavam presentes nos pontos de coleta, localizados próximos das lavouras e nos períodos de liberação das águas de irrigação para os córregos e arroios.

Ao que tange a produção pecuária (Anexo 03), há certa diversificação entre a produção de aves, bovinos, caprinos, ovinos e suínos, mas também existe forte predomínio de pastoreio em campo nativo com suplementação de gramíneas de inverno, incluindo-se a produção leiteira e de corte, além da produção de ovos e mel.

A suinocultura está situada nas propriedades menores, assim como aviários de pequeno porte, sendo na maioria das vezes desenvolvidas como atividades de subsistência e/ou suplementação protéica de origem animal para alimentação.

No que concerne a estrutura urbano-residencial, o principal problema está associado ao sistema de saneamento básico sem rede coletora e tratamento de esgoto, onde se destaca utilização de fossas negras, tanques sépticos ou latrinas, e áreas com rede coletora de esgoto incompleta ou inexistente. O Quadro 09 demonstra os tipos de esgoto sanitário dos domicílios particulares permanentes por município da MRG 018.

Analisando-se esse Quadro, pode-se inferir que 97,88% dos domicílios possuem banheiro ou sanitário, enquanto apenas 2,12% não possuem banheiro ou sanitário prevalecendo o uso de tanques sépticos ou latrinas onde o risco de contaminação das águas subterrâneas é maior, principalmente em locais com nível freático pouco profundo.

Considerando o total de domicílios com banheiro na MRG 018, 45,80% possuem esgotamento sanitário com rede geral de esgoto ou sistema pluvial, mas considerável parcela desses domicílios não apresenta sistema de coleta de esgoto, predominando o uso de fossas sépticas (19,60%), fossas rudimentares de infiltração (26,10%) ou ligações clandestinas de esgotos associadas a valas (4,03%), rios e lagos (1,30%) ou outros escoadouros (1,05%) nesse caso, os esgotos

domésticos, são destinados inteiramente aos açudes ou tanques de infiltração.

QUADRO 09 - Tipo de esgotamento sanitário dos domicílios particulares permanentes dos município da MRG 018.

Municípios	Rede geral de esgoto ou sistema pluvial	Fossa séptica	Fossa rudmentar	Vala	Rio ou lago	Outro escoadouro	Sem banheiro ou sanitário	Total
Cacequi	54	306	3.327	362	-	121	195	4.365
Dilermando de Aguiar	3	227	530	158	-	14	57	989
Itaara	10	516	759	31	1	6	28	1.351
Jaguari	180	510	2.723	133	12	44	129	3.731
Mata	6	15	1.469	58	6	2	152	1.708
Nova Esperança do Sul	63	47	943	49	11	4	40	1.157
Santa Maria	40.580	17.458	9.533	2.448	1.022	494	980	72.515
São Martinho da Serra	3	7	802	95	-	2	99	1.008
São Pedro do Sul	1.643	392	2.779	239	128	68	123	5.372
São Sepé	4.514	334	1.865	405	147	163	219	7.647
São Vicente do Sul	503	575	1.216	93	4	14	52	2.457
Toropi	-	50	812	29	11	7	66	975
Vila Nova do Sul	351	50	547	116	17	162	70	1.313
Total	47.910	20.487	27.305	4.216	1.359	1.101	2.210	104.588

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

É relevante destacar ainda que rede geral de esgoto e sistema pluvial encontram-se na mesma coluna do Quadro 09, demonstrando o trivial destino entre ambos, enquanto o correto seria sistema de esgoto separado do sistema pluvial, onde o primeiro receberia tratamento apropriado antes de ser redirecionado aos cursos de água natural; enquanto o segundo receberia um tratamento mais simplificado e com menores custos indo posteriormente desembocar nos cursos de água superficial.

Nas palavras de Foster *et al.* (1993) a maioria das áreas urbanas apresenta um panorama complexo das atividades humanas potencialmente contaminantes das águas subterrâneas.

Neste contexto, enquadram-se os produtos químicos sintéticos, utilizados como material de limpeza doméstica, que podem conter solventes de alto risco e persistência nas águas subterrâneas. Entre estes produtos estão os desengraxantes, removedores e detergentes, que normalmente são canalizados juntamente ao sistema de esgoto em uso, vindo prejudicar o meio natural (Hirata *et al.*, 1997).

Vinculado aos problemas da zona urbana, muitas vezes, encontram-se as fontes pontuais de poluição, sendo possível destacar principalmente os postos de combustíveis, os cemitérios, os depósitos de resíduos sólidos, as minerações, as atividades industriais, entre outras. Algumas estão fixadas distantes dos núcleos urbanos, mas em função da expansão das cidades e desenvolvimento das moradias são fontes de poluição que freqüentemente deixam de atingir apenas o meio ambiente e passam a atingir diretamente as populações através das doenças causadas por vetores ou indiretamente através de doenças de vinculação hídrica; ou às vezes, tornam-se áreas de risco que ocupadas com moradias sem as mínimas condições sanitárias põe em risco a saúde dos moradores e o meio ambiente local. Nestes casos, os poços são alternativas viáveis ao abastecimento local, que também podem tornar-se vítimas e fontes pontuais de contaminação.

Atividades voltadas à prestação de serviço como as oficinas mecânicas, postos de combustíveis, “lava-jato”, também merecem atenção, pois trabalham com produtos não biodegradáveis, que em função do tempo de execução e contato com o solo podem atingir os

recursos hídricos subterrâneos, dependendo da profundidade do lençol de água.

A inadequada disposição dos resíduos sólidos na superfície é uma significante fonte de contaminação das águas superficiais e/ou subterrâneas, e o Quadro 10, expõem de forma sucinta o destino dos lixos domésticos por município na MRG 018.

QUADRO 10 - Destino do lixo nos domicílios particulares permanentes dos municípios da MRG 018

Municípios	Coletado		Não coletado					Total
	Serviço de limpeza	Caçamba de limpeza	Queimado na propriedade	Enterrado na propriedade	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio ou lago	Outro destino	
Cacequi	2.687	351	864	410	32	2	19	4.365
Dilermando de Aguiar	96	168	475	182	60	5	3	989
Itaara	1.088	3	180	46	10	1	23	1.351
Jaguari	1.917	36	1.359	221	144	5	49	3.731
Mata	829	3	696	94	78	1	7	1.708
Nova Esperança do Sul	784	2	231	92	34	1	13	1.157
Santa Maria	67.445	1.363	2.400	529	386	182	210	72.515
São Martinho da Serra	176	3	696	100	12	3	18	1.008
São Pedro do Sul	3.737	15	985	480	115	14	26	5.372
São Sepé	5.414	45	1.624	314	165	22	63	7.647
São Vicente do Sul	1.459	17	677	219	50	3	32	2.457
Toropi	120	12	586	155	75	2	25	975
Vila Nova do Sul	626	-	518	87	39	8	35	1.313
Total	86.378	2.018	11.291	2.929	1.200	249	523	104.588

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

Esses dados indicam que 84,52% dos resíduos sólidos domiciliares coletados na microrregião em estudo, 82,59% são coletados por serviço de limpeza urbana sob responsabilidade das

prefeituras ou empresas de serviço terceirizadas, e 1,93% é coletado por caçambas de limpeza, sendo destinados para centros de reciclagem. Enquanto 15,48% dos resíduos não coletados recebem inadequada disposição, sendo 10,79% queimados, 2,80% enterrados nas propriedades, 1,15% jogados em terrenos baldios e/ou logradouros, 0,24 % lançados nos rios, lagos ou ainda 0,50% recebem outro destino.

A maior parcela dos resíduos sólidos gerados na MRG 018 é coletada, portanto a área de sua disposição também merece atenção, pois os chamados “lixões” contribuem para contaminação dos aqüíferos, através de seus processos naturais de precipitação e infiltração. Deve-se, assim evitar a sua instalação em áreas de recarga aqüífera ou de Alta e Extrema vulnerabilidade natural, avaliando-se especificamente como se dá o comportamento hidroestratigráfico e buscando-se prevenir a contaminação dos aqüíferos através de monitoramentos de qualidade da água.

As atividades de mineração também consistem em fontes poluentes e estão presentes na área de estudo destacando-se em maior escala a extração de areias, argilas e basaltos aplicados diretamente na construção civil. Em geral estas atividades apresentam baixo potencial de carga poluidora, pois estão relacionadas a substâncias não-perigosas e muitas vezes inertes. Entretanto, o risco maior para as águas subterrâneas, decorrentes dessa natureza, está na remoção do solo e da camada não-saturada (como é o caso da extração de areias e argilas que ocorrem com maior freqüência nas margens dos principais rios) expondo muitas vezes o nível freático, reduzindo assim a capacidade de degradação de poluentes no perfil geológico e aumentando a vulnerabilidade natural do aqüífero.

Os produtos químicos utilizados nos processos industriais e nas práticas de disposição e tratamento dos resíduos e efluentes originados fazem com que as atividades industriais sejam de grande preocupação ambiental na avaliação da carga contaminante do subsolo.

A Microrregião estudada, não apresenta distritos industriais altamente desenvolvidos, com empresas de grande porte, mas localmente existem indústrias extrativas (vegetais e minerais) associadas ao comércio de móveis, lenha e carvão, construção civil, e indústrias de transformação, tais como as alimentícias, de bebidas (com produção de vinho, aguardente, refrigerantes), couro - calçadista, metalúrgica, material de limpeza, reciclagem de baterias, entre outras.

De acordo com o exposto, pode-se concluir que as atividades econômicas desempenhadas na área em estudo são diversificadas, distribuindo-se entre atividades extrativistas, minerais, industriais, sociais, comerciais, agrícolas, e até mesmo culturais, representando fontes potenciais na geração de cargas contaminantes. Fato que justifica o processo degradativo da atualidade, fruto da ação antrópica na dinâmica natural.

5. CONCLUSÕES

Atualmente, é evidente o fato de que os recursos hídricos subterrâneos apresentam-se como alternativas viáveis ao suprimento das necessidades de abastecimento das populações em seus diferentes setores. Contudo para manter atendimento a uma determinada demanda contínua e seguramente além de garantir sua credibilidade é necessário uma investigação detalhada que coloque em prática a gestão adequada.

Portanto, a fim de determinar áreas susceptíveis à contaminação das águas subterrâneas na Microrregião Geográfica de Santa Maria - MRG 018, coletou-se dados sobre as características físico-naturais e sobre os aspectos sócio-econômicos da área para aplicação do método "GOD" e assim estabelecer a vulnerabilidade natural dos aqüíferos.

Constatou-se que em termos de vulnerabilidade a microrregião apresenta uma estrutura natural frágil, com a predominância das classes de vulnerabilidade Alta e Extrema.

Posteriormente com o intuito de identificar as atividades geradoras de poluição, efetivou-se consultas a bancos de dados pré-existentes, obtendo-se assim informações sobre os municípios inseridos na área e verificou-se que ainda não predominam atividades com altas cargas contaminantes, fator que indica existir tempo para serem desenvolvidas medidas preventivas na implantação de qualquer atividade levando-se em consideração as fragilidades naturais reconhecidas neste trabalho.

Contudo, deve-se considerar que os municípios de Santa Maria, Cacequi, São Sepé, Itaara, São Pedro do Sul, Nova Esperança do Sul, São Vicente e Jaguari devido ao fato de possuírem mais de 50% da

população residindo no meio urbano as águas subterrâneas estão mais susceptíveis a contaminação de atividades vinculadas com o setor urbano-residencial, especialmente ao sistema de saneamento básico em uso, além daqueles contaminantes oriundos de fontes pontuais que eventualmente verifica-se no meio urbano, tais como: depósito de resíduos sólidos (doméstico, hospitalar, industrial), postos de combustíveis, cemitérios, oficinas mecânicas, poços de água subterrânea abandonados ou mal protegidos, entre outros.

Enquanto nos municípios de Dilermando de Aguiar, Mata, São Martinho da Serra, Toropi e Vila Nova do Sul o risco de contaminação das águas subterrâneas está vinculado às atividades do setor rural, pois mais de 50% dos habitantes residem nesta zona. No entanto, não está descartada a idéia de sofrerem contaminação proveniente dos resíduos gerados pelas atividades desenvolvidas no meio urbano, assim como os demais municípios sofrerem contaminação oriunda de atividades exercidas no meio rural.

Não foram analisadas neste trabalho, as atividades vinculadas ao setor industrial, porque a microrregião em estudo apresenta um distrito industrial pouco expressivo, além de que há limitações quanto ao comportamento dos contaminantes em subsuperfície e das características da carga contaminante no subsolo oriundos dessa fonte, diminuindo assim a capacidade de interpretação do risco de contaminação de águas subterrâneas nestas áreas. O que não elimina o risco de contaminação relacionada a essas atividades.

Com o apoio dos SIGs e das técnicas de geoprocessamento os planos de informação gerados, deram suporte a representação das informações coletadas permitindo o seu cruzamento e constatação das diferentes classes de vulnerabilidade natural dos aqüíferos, que podem

ser contaminados se estiverem localizados sob áreas submetidas a atividades geradoras de poluição. Neste caso, é importante adotar medidas preventivas no desenvolvimento das atividades para prevenir qualquer risco que os aqüíferos venham a sofrer, em função de sua fragilidade natural.

Os planos de informação também servem de base para implantação de planejamentos adequados, incentivando a criação de programas e políticas de controle das fontes de contaminação, bem como melhor distribuição espacial das práticas de uso do solo, em suas diversas atividades (agropecuária, industrial, residencial, depósitos de lixo).

Salienta-se que o presente estudo consiste em uma avaliação prévia, baseada em dados existentes e na abordagem regional que visa dar suporte à implementação de estratégias e ações que contemplem o uso racional e sustentado dos recursos hídricos subterrâneos.

Esse enfoque tem a função de valorizar um recurso cada vez mais precioso e, conseqüentemente, reduzir seu desperdício. No entanto, preservar a qualidade das águas subterrâneas pressupõe a mudança de comportamento de inúmeros atores sociais; exige esforços dos consumidores da água e, talvez ainda mais, de todos os ocupantes do solo, públicos ou privados, que precisam tornar-se mais conscientes e precaver-se melhor das conseqüências de seus atos.

A partir deste trabalho, ações de manejo poderão ser aplicadas às atividades humanas, em escala municipal, resguardando as zonas de maior vulnerabilidade natural ou indicando novas tecnologias apropriadas à proteção das águas subterrâneas.

6. BIBLIOGRAFIA

ADAMS, B. e FOSTER, S. S. D. Land-surface zoning for groundwater protection. *Journal of Institute of water and environmental management. 6:* 312-320. 1992

ALBINET, M. e MARGAT, J. Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. *Bulletin BRGM*. 2nd series 3 (4): 13-22. Orleans, Francia, 1970.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J. H.; PETTY, R. J. y HACKETT, G. *Drastic: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential hydrogeologic setting*. Environmental Protection Agency. Report 600/2-87-035. Washington, D. C. 1987.

ANDRADE, M. C. de. *Geografia – ciência da sociedade*: uma introdução à análise do pensamento geográfico. São Paulo: Atlas, 1997, 143p.

ANDRADE, L. A.; ACOSTA, V. H. BRITES, R. S. *Diagnóstico Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba através do uso de sistemas de Informações Geográficas*. Forest'96. 1996. p. 387

___. *Espaço, polarização e desenvolvimento*: uma introdução à economia regional. 5ªed. São Paulo: Atlas, 1987, 120p.

ASSUNÇÃO, F. N. A. e BURSZTYN, M. A. A. *Conflito pelo uso dos recursos hídricos.* In. Conflito e uso dos recursos naturais. Theodoro, S. H. (org.). Rio de Janeiro: Garamond. 2002. p. 53 - 69

BALARINE, O. F. O. Projeto Rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas. *Ciência e Ambiente.* Santa Maria: Editora da UFSM. V. 21. Junho/Dezembro 2000. p. 161-174.

BATALHA, B.H. L. *Glossário De Engenharia Ambiental*. República Federativa do Brasil, Ministério de Minas e Energia, DNPM, 1986.

BECKER, B. K. e EGLER, C. A. G. *Brasil - uma nova potência regional na economia-mundo*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 268p. (Coleção Geografia)

BERRY, J. K. *Justifiable Interpolation*. GIS World, Feb, 1997, 34 p.

BEZZI, M. L. *Uma (re)visão historiográfica –da gênese aos novos paradigmas.* Santa Maria: Editora da UFSM. 2004. 292 p.

BRASIL. *Decreto nº 24.643* de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas em território brasileiro. Brasília, 1934.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988 / obra coletiva. 29. ed. atual. e ampli. São Paulo: Saraiva, 2002.

BRASIL. *Lei nº 9.433* de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília, 1997

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Levanto de recursos naturais, v. 33. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Ministério de Minas e Energia. Rio Grande do Sul: IBGE. 1974.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Levanto de recursos naturais, v. 33. Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul. Ministério de Minas e Energia. Rio Grande do Sul: IBGE. 1986.

CALIJURI, M. L. e RÖHM, S. A., *Sistemas de Informações Geográficas*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 1994.

CÂMARA, G. e MEDEIROS, J. S., *Princípios Básicos em Geoprocessamento*. In. Assad, E. D., Sano, E. E. (eds.), Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura, 2ed., atual. e ampli., 1998. capítulo 1, Brasília, DF, Brasil, EMBRAPA.

CARMONA, A. de J. e MONSALVE, J. J. R *Sistemas de Información Geográficos.* Disponibilizado por: jjmr13@hotmail.com <acesso em 02/07/98>

CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. *Geografia: conceitos e temas.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 353p.

CAVALCANTE, I. N. Atividades impactantes em áreas de explotação de águas subterrâneas. *Anais.* XII Encontro Nacional de Perfuradores

de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Olinda: Abas. 14-17/10, 2001. p. 67

CHRISTOFIDIS, D. *Conflitos e uso sustentável dos recursos hídricos.* In. Conflito e uso dos recursos naturais. Theodoro, S. H. (org.). Rio de Janeiro: Garamond. 2002. p. 13-27

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia.* 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Resolução nº. 15* de 11 janeiro de 2001. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1997. 03p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Resolução nº. 22* de 24 de maio de 2002. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1995.

CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Mapa Hidrogeológico da Folha SH.22-V-C-IV (Mi 2965), Escala 1:100.000. 1994.

CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. *Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas*. Disponível em <http:\\www.cprm.gov.br/bases/siagas>

CRUZ, F. C. da. *Código de águas anotado.* Belo Horizonte: Paupite. 1998. 159p.

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento. *Mapa de Saneamento do Município de Santa Maria*. 2001

COSTA, W. D. Uso e Gestão de Águas Subterrâneas. In.: Feitosa, F. A. C. e Manoel Filho, J. *Hidrologia, Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: Editora Gráfica LCR CPRM –Serviço Geológico do Brasil, 1997.

CUNHA, L. V. da Perspectivas da Gestão da água para o século XXI: desafios e Oportunidades. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 7(4): 65-73. Porto Alegre: ABRH, 2002.

DUTRA, D. de A. *Usos dos recursos hídricos na microbacia hidrográfica do Arroio Ferreira, Santa Maria/RS*. Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Geografia da UFSM. 2001

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Lei nº 10.3*50 de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Lei nº. 11.520* de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual de Meio Ambiente do

Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, 2000.

FEITOSA, A C.F. e MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia - conceitos e aplicações.* Fortaleza: Editora Gráfica LCR CPRM –Serviço Geológico do Brasil, 1997. 389 p.

FERREIRA, L. M. R. et. al. Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas por sistemas de saneamento in Situ: estudo de caso-Município de Campinas/SP. *Anais* X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1993. p. 443-452

FERREIRA, M. C. Mapeamento de unidades de paisagem em Sistemas de Informações Geográficas: alguns pressupostos fundamentais. *Geografia*, 22 (1): 23-35, Rio Claro, abril 1997.

FOSTER, S. S. D. *Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy.* Proceedings of International Conference: Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Noordwijk, Países Bajos. 1987.

FOSTER, S. S. D.; ADAMS, B.; MORALES, M. e TENJO, S. *Groundwater protection policy: a guide to requeriments*. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1991. 88p.

___. Groundwater protection strategies: a guide towards implementation. UK ODA, CPR, WHO/PAHO-HPE. *Technical manual*. Lima: Peru, 88p. 1993.

FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. *Contaminação de las águas subterrâneas*. Organização Mundial de la Salud, Organização Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingenieria Sanitária y Ciências del Ambiente. Lima: Peru. 1987

___ . Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS. *Technical manual*. Lima. Peru. 1988.

___ . *Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes*. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92 p.

FOSTER, S. S. D. e SKINNER, A. C. Groundwater protection: the science and practice of land surface zoning. *International Association of Hydrological Sciences Publication.* 225:471-482. 1995.

FOSTER, S. S. D; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. *Protección de la Calidad del Agua Subterránea*. Washington: Banco Mundial, 2003. 116 p.

FOX, T. R. The role of ecological classification systems in the silvicultural decision process. In: Symposium-ecological land classificacion: applications to identify the productive potential of southern Forests, Charlote, 1991. *Proceedings* Charlote, s. ed. 1991, p. 96-102.

FRANÇA, H. P. M. Monitoramento e gerenciamento de sistemas de produção de água subterrânea. In. IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, e XII Encontro Nacional de Perfuradores de poços. *Anais*. 14-17/10/2001. p. 43-52.

FRASSON, A. Situação dos recursos naturais em Santa Catarina. In: *Manejo Alternativo de Recursos Hídricos*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993. p. 87-98

GRASSI, L. A. T. e CÁNEPA, E. M. Os comitês de bacia hidrográfica no Rio grande do Sul: uma experiência histórica. *Ciência e Ambiente.* Santa Maria: Editora da UFSM. V. 21. Junho/Dezembro 2000. p. 121-134.

___. A Lei das águas no Rio Grande do Sul: no caminho do desenvolvimento sustentável? *Ciência e Ambiente.* Santa Maria: Editora da UFSM. V. 21. Junho/Dezembro 2000. p. 135-152.

GOODRICH, D. C. e WOOLHISER, D. A. Catchment Hydrology. *Review of Geophysics and Space Physics*, Washington, pp. 202-209, Apr. 1991. Supplement.

GUERRA, A. T. *Dicionário geológico e geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE. 1980. 446p.

HAERTLE, A. Method of working and employment of EDP during the preparation of groundwater vulnerability maps. *International*

Association of Hydrological Sciences Publication 142: 1073-1085. 1983.

HASSUDA, S. *Água subterrânea, um recurso a proteger*. In. Ciências da Terra e Meio Ambiente - Diálogos Para (Inter)Ações no Planeta. São Leopoldo: Unisinos. 1999.

HIRATA, R. Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. *Revista do Instituto Geológico de São Paulo.* 14 (1): 39-62. 1993.

HIRATA, R. *et al. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Geológico, CETESB, 1997. 128 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Base de Informações Municipais* [CD-ROM] 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malha Municipal Digital de 1997*. Disponível em < www.ibge.gov.br>.

IHP - International Hidrological Programme/Unesco. *World water resources at the Beiginning of the 21st century*. Cambridg: Cambridge University Press, 1998.

ISSAR, A. S. Era uma vez na Suméria ... *Correio da Unesco*, 21(7): 04-08. Rio de Janeiro: Brasileira. 1993.

JOHNSTON, R. J. Sources of water supplying pumpage from regional aquifer systems of United States. *Hydrogeology Journal*, 5(2): 54-63, 1997.

KÖPPEN, W. *Climatologia*. México, Fundo de Cultura Econômica, 1948.

LEITE, C. E. S., MÖBUS, G. Vulnerabilidade natural á contaminação dos aqüíferos da região de rochas sedimentares da Bacia do Rio Mundaú, Ceará. *Anais.* X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo. 1998.

LIBOS, M.; FILHO, O. C. R. e ZEILHOFER, P. Modelagem da poluição não pontual na bacia do rio Cuiabá: baseada em geoprocessamento. In: RBRH- *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 8(4). Porto Alegre: ABRH. 2003.

LUFT, C. P. Minidicionário Luft. 20ª ed. 5ª impressão. São Paulo, Ática, 2000. 688 p.

MACHADO, J. L. F. Resposta aqüífera das litologias Gondwânicas na região de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria. 1990.

MAGUIRE, D; GODCHILD, M. e RHIND, D. *Geographic information systems: principles and applications.* Longman Scientific & Technical, Londres. 1991.

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: *Hidrogeologia - conceitos e aplicações.* Fortaleza: Editora Gráfica LCR CPRM –Serviço Geológico do Brasil, 1997. 389 p.

MARGAT, J. As reservas secretas. *Correio da Unesco*, 21(7): 09-12. Rio de Janeiro: Brasileira. 1993.

MARMOTO, J. Sistemas de Informações Geográficas. *Dossiers Promocionais, Expresso*, nº 1387, p. 18-19, 1999.

Ministério de Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. *PCBAP – Plano De Conservação Da Bacia Do Alto Paraguai*. vol 1. Brasília: MMA, 1997.

Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. *Carta Topográfica de Cachoeira do Sul-RS*. Porto Alegre: DSG. Escala: 1:250.000. Folha SH-22-Y-A, MIR-540. 1981

Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. *Carta Topográfica de Santa Maria-RS*. Porto Alegre: DSG. Escala: 1:250.000. Folha SH-22-V-C, MIR-534. 1981

Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. *Carta Topográfica de Santiago-RS*. Porto Alegre: DSG. Escala: 1:250.000. Folha SH-21-X-D, MIR-533. 1981

Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. *Carta Topográfica de São Gabriel-RS*. Porto Alegre: DSG. Escala: 1:250.000. Folha SH-21-Z-B, MIR-539. 1981

MOREIRA, I. C., *Análise Geo-Ambiental por Geoprocessamento Dirigida a Instalação de Usinas Termelétricas e Estudos de Impactos Ambientais*, Dissertação de Mestrado, Geologia, UFRJ, CCMN, IGEO, PPG, SGEA. 2002.

NOVO, E. M. L. M., *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1989.

NRC - National Research Council. *Groundwater vulnerability assessment:* predicting relative contamination potential under conditions of uncertainty. Washington: National Academy Press. 1993

OSÓRIO, Q. da S.; DUTRA, D. de A.; SILVA, J. L da. S. Distribuição espacial dos poços subterrâneos do Aqüífero Guarani na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. *Anais* VI Semana Acadêmica de Geografia. 12-15 Dez, 2000. Santa Maria/RS.

OSÓRIO, Q. da S.; DUTRA, D. de A.; ALVES, E. M; CASSOL, R. Balanço Hídrico entre o período de 2000 e 2001 para a bacia

hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria/RS. *Anais.* V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Curitiba, PR, 2002.

OSÓRIO, Q. da S. *Vulnerabilidade natural de aqüíferos e potencial de poluição das águas subterrâneas, na bacia hidrográfica do Arroio Arenal, município de Santa Maria/RS.* Trabalho de Graduação, apresentado ao Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, CCNE/UFSM. 2002.

PAIVA, J. B. D. e PAIVA, E. M. D. C. (org)., Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PRESOTTO, C. A., DIAS, A.; KIRCHNER, A.; GARCIA, P. F. *Projeto Hidrogeología da Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul.* Relatório Final. Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Porto Alegre: CPRM, 1973. 263p.

REBOUÇAS, A da C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. *Águas Doces no Brasil.* Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados da USP. 1999.

REBOUÇAS, A da C. A Inserção da Água Subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento. In: RBRH- *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 7(4). Porto Alegre: ABRH. 2002.

REIS, M. G. F.; MARTINS, S. T.; TRISTÃO, R. A.; REIS, G. G.; ASPIAZU, C.; COSTA, L. M.; SOUZA, A. L.; EUCLIDES, R. F. Classifiação ecológica para reflorestamento: uma nova metodologia. In: *Anais.* 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro. Curitiba: SBS, 1993. p. 225-227.

RICHARDS, J. A., *Remote Sensing Digital Image Analysis*: an introduction, Berlin: Springer-Verlag. 1986.

RIBEIRO, M. C.; SOARES, S. M.; SALVATORI, E.; FREITAS, J. Processamento de imagem para monitoramento geoambiental: uso de técnicas multivariadas. *Forest'96*. 1996. 412 p.

RIGUETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Paulo: EESC/USP. 1998. 840p.

ROSS, J. L. S. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp/FDE.1996.

ROTH, B. W.; ISAIA, E. M. B. I.; ISAIA, T. Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. *Ciência e Ambiente.* 18(1): 25-40. Santa Maria: Editora da UFSM. 1999.

SADEQ, H. T. A demanda aumenta e a oferta diminui. *Correio da Unesco*, 27(4): 18-21. Rio de Janeiro: Brasileira. 1999.

SANTOS, M. *Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional.* São Paulo: Hucitec, 1994. 190p. (Geografia: Teoria e Realidade, 25)

SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de recursos hídricos. SãoPaulo: CRH/CORHI-GTO, 1990. 137p.

SARTORI, M. da G. B. Balanço sazonário da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura.* CCNE/UFSM. 2(1): 41-53. Santa Maria, 1980.

SILVA, A. de B. *Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2003. 240 p.

SILVA, R. B. G. da. *Águas subterrâneas: um valioso recurso que requer proteção.* São Paulo: DAEE, 2003. 28p.

SMITH, T. R.; MENON, S.; STARR, J. L.; ESTES, J. E. Requirements and principles for implementations and construction of large-scale geographic information systems. Int. *Journal of Geographical Information Systems*, 1:13-31, 1987.

SIMPSON, J. J. *Remote Sensing and Geographical Information System*: Their Past, Present and Future Use in Global Marine Fisheries. Fisheries and Oceanography. V. 3, 1992. pp. 238-280.

SKINNER, B. J. et al. *Environmental geology*. Canadá: Cover Photo. 1995.

TOOD, D. K. *Hidrologia de águas subterrâneas.* Trad. Araken, S, E Silveira, E. B. S. Agência Norte Americana para o desenvolvimento internacional-Usaid. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1959. 319 p.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia – Ciência e Aplicação.* Porto Alegre: Editora da UFRGS. ABRH, 1993. 943 p.

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. *Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses – MDT/UFSM*. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. 5. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, PRPGP, 2000.

VRBA, J. e ZAPOROZEC, A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. *International Association of Hidrogeologists-International Contributions to Hydrogeology 16.* 1994.

WHO - World Health Organization Offset Publication. *Rapid assessment of sources of air, water, and land pollution*. World Health Organization Offset Publication 62. 1982. 113p.

WREGE, M. *Termos hidrogeológicos.* Disponível em: <http;//www.abasorg/estudos/hidrogeologia/termos_hidrogeo.htm>. Acesso em: 30 abril. 2002.

WWC (a) – World Water Council. *Report of the World Commission on Water for 21st Century.* World Water Council, Marseille. 2000.

WWC (b) – World Water Council. *Final Report. Second World Water Forum.* The Hague, World Water Council, Marseille. 2000.

www.geocities.com/CollegePark/Bookstore/8237/tiposdeaquiferos/ tiposdeaquiferos.htm <acesso em 31/06/2004>

XAVIER-DA-SILVA, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*, Ed. do Autor, Rio de Janeiro, RJ. 2001.

ZANELLA, R. *et al.* Dispersão de pesticidas e nutrientes nas águas da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim durante o período de cultivo de arroz. *Anais.* II Congresso Brasileiro de arroz irrigado e XXIV Reunião da cultura do arroz irrigado. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz. 2001. p.816-817.

ZIMBRES, E. *Ocorrência e captação das águas subterrâneas*. www.meioambiente.pro.br/agua/guia.htm <acesso em 31/06/2004>

ANEXO 01 - Banco de dados sobre os poços presentes na MRG 018

Fonte: CPRM (2002) e Presotto *et al.* (1973)

Novo Nº	Nº na CPRM	Nº no SIAGAS	Local	Município	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Altitude (metros)	Profundidade (metros)	NE (metros)	ND (metros)	Vazão (m³/h)	Tipo de Poço	Formação Geológica	Litologia Geral	Tipo de Aqüífero
					Longitude	Latitude	E	N									
1	SMA-01	RS00000557	Camobi	Santa Maria	534448	294123	234217	6712427	95	100	59	59	1.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
2	SMA-02	RS00000558	Cid.dosMeninos	Santa Maria	534314	294053	236722	6713411	95	123	23.37	23.07	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
3	SMA-03	RS00000559	Camobi	Santa Maria	534217	294159	238303	6711414	85	80	12.5	75	4.11	T	Aluvião		Livre
4	SMA-04	RS00000560	Camobi	Santa Maria	530738	294247	294221	6711105	90	100	40	52	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
5	SMA-05	RS00000561	Camobi	Santa Maria	534300	294200	237147	6711356	110	79	23.55	23.55	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
6	SMA-06	RS00000562	Redol	Santa Maria	534117	294200	239917	6711421	80	70	14.38	14.38	30	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
7	SMA-07	RS00000563	Camobi	Santa Maria	534312	294158	236823	6711410	103	100	47.7	47.7	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
8	SMA-08	RS00000564	Camobi	Santa Maria	534514	294123	233517	6712410	110	166	60	75	4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
9	SMA-09	RS00000565	Vil.Farroupilha	Santa Maria	534541	294155	232815	6711408	130	120	56.6	56.6	120	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
10	SMA-10	RS00000566	Jard.Lindóia	Santa Maria	534456	294156	234026	6711406	125	120	47	47	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
11	SMA-11	RS00000567	BaseAerea	Santa Maria	534117	294229	239937	6710528	87	80	31	31	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
12	SMA-12	RS00000568	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	92	80	33	33	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
13	SMA-13	RS00000569	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	67		58.8	58.8	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
14	SMA-14	RS00000570	Camobi	Santa Maria	534148	294229	239104	6710509	69		37.3	37.3	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
15	SMA-15	RS00000571	Camobi	Santa Maria	534505	294228	233807	6710414	100		57.2	57.2	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
16	SMA-16	RS00000572	Camobi	Santa Maria	534505	294228	233807	6710414	125	112	42.8	42.8	1.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
17	SMA-17	RS00000573	São José	Santa Maria	534546	294247	232719	6709803	110	91	35.2	35.2	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
18	SMA-18	RS00000574	Camobi	Santa Maria	534232	294218	237913	6710820	95	64	36	52.99	10.59	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
19	SMA-19	RS00000575	Camobi	Santa Maria	534231	294233	237951	6710358	85	63.5	9.37	35.47	20.45	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
20	SMA-20	RS00000576	Camobi	Santa Maria	534230	294120	237925	6712607	90	60	14.65	38.61	10.53	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
21	SMA-22	RS00000578	Esc.Form.Sgtº.	Santa Maria	534739	294110	229609	6712717	140	68	12	56	3.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
22	SMA-23	RS00000579	Camobi	Santa Maria	534536	294113	232918	6712704	90	100			0.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
23	SMA-24	RS00000580	Eng.Berleze	Santa Maria	534540	294122	232817	6712425	90	24.8				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
24	SMA-25	RS00000581	Camobi	Santa Maria	534347	294230	235906	6710403	105	102	10	10	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
25	SMA-26	RS00000582	Camobi	Santa Maria	534243	294218	237617	6710813	90	74	39.71	64.22	5.16	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
26	SMA-27	RS00000583	Vil.Bilibio	Santa Maria	534621	294128	231719	6712213	100	119	50.45	70.45	18	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
27	SMA-28	RS00000584	Camobi	Santa Maria	534235	294142	237807	6711926	85	57	14.87	23.33	9.14	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
28	SMA-29	RS00000585	Abat.Camobi	Santa Maria	534415	294140	235116	6711925	63		54.2		54.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
29	SMA-30	RS00000586	Camobi	Santa Maria	534415	294140	235116	6711925	90		56.25	56.25	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
30	SMA-31	RS00000587	Camobi	Santa Maria	534434	294146	234610	6711728	115		31.7	31.7	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
31	SMA-32	RS00000588	Camobi	Santa Maria	534548	294132	232610	6712111	106	100	20	30	13.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

32	SMA-33	RS00000589	Sta.Marta	Santa Maria	535145	294128	223007	6712001	105	90	38.4	38.4	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
33	SMA-34	RS00000590	Vil.Kennedy	Santa Maria	534933	294016	226502	6714306	110	114	25.6	25.6	6.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
34	SMA-35	RS00000591	Itararé	Santa Maria	534808	294030	228799	6713930	120	90	12.9	12.9	25	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
35	SMA-36	RS00000592	Pç.Bombeiros	Santa Maria	534905	294118	227302	6712415	125	144	47.6	74.3	19.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
36	SMA-37	RS00000593	Pq.deMotos	Santa Maria	535037	294106	224819	6712724	100	80	15.2	15.2	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
37	SMA-38	RS00000594	Vil.Rigão	Santa Maria	535027	294129	225105	6712022	78	81	3.335	40.05	8.05	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
38	SMA-39	RS00000595	ETE-SM	Santa Maria	534950	294143	226111	6711615	82	109	6.1	6.1	1.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
39	SMA-40	RS00000596	Vil.Urlândia	Santa Maria	534929	294242	226720	6709812	75	102	20	20	6.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
40	SMA-41	RS00000597	T.Neves	Santa Maria	535241	294149	221517	6711317	105	90		43.9	12.85	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
41	SMA-42	RS00000598	Vil.Rigão	Santa Maria	535027	294155	225125	6711221	90	60			60	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
42	SMA-43	RS00000599	Pç.Saturnino	Santa Maria	534846	294115	227811	6712520	135	48	23.75	23.75	40	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
43	SMA-47	RS00000604	Vil.Tomazzetti	Santa Maria	534744	294313	229566	6708926	110	99	52	55	11	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
44	SMA-48	RS00000605	Ps.Tropas	Santa Maria	534751	294605	229506	6703624	83	71	25	36	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
45	SMA-50	RS00000606	Belverde	Santa Maria	534300	295300	237627	6691030	78	194	34	100	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
46	SMA-51	RS00000607	Cidade	Santa Maria	534539	294942	233213	6697027	50	96	0.1	0	1	T	Aluvião		Livre
47	SMA-52	RS00000608	Pains	Santa Maria	534131	294347	239617	6708117	95	40	5.3	5.3	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
48	SMA-54	RS00000610	BocadoMonte	Santa Maria	535545	293830	216414	6717322	174	124	34	40	4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
49	SMA-55	RS00000611	Experimental	Santa Maria	535503	293946	217603	6715009	135	88	13	35	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
50	SMA-56	RS00000612	Experimental	Santa Maria	535441	293956	218203	6714716	130	162	8	100	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
51	SMA-57	RS00000613	Experimental	Santa Maria	535524	293916	217015	6715919	130	81	20	20	3.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
52	SMA-58	RS00000614	Rc.dosBento	Santa Maria	535241	294402	221619	6707221	75	115			0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
53	SMA-59	RS00000615	Rc.dosBento	Santa Maria	535335	294450	220205	6705706	123	100	7	7	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
54	SMA-60	RS00000616	Col.Conceição	Santa Maria	535436	294600	218620	6703509	122	95	26.1	26.1	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
55	SMA-61	RS00000617	Ferreira	Santa Maria	535348	294151	219717	6711210	90	180	0.4		1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
56	SMA-62	RS00000618	Raimundo	Santa Maria	535529	294418	217116	6706614	140	60	23.8	23.8	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
57	SMA-63	RS00000619	CampInstrução	Santa Maria	535103	294312	224215	6708826	95	84	54	54	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
58	SMA-64	RS00000620	CampInstrução	Santa Maria	535103	294309	224213	6708918	90	140	39	39	1.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
59	SMA-65	RS00000621	Ps.Raimunso	Santa Maria	535810	294503	212824	6705118	95	80	8.6	8.6	0.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
60	SMA-66	RS00000622	Rc.doBarroso	Santa Maria	535929	294317	210616	6708328	152	35	6.4	6.4	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
61	SMA-67	RS00000623	Fz.StªMarta	Santa Maria	535209	294012	222303	6714326	105	158	27	79	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
62	SMA-68	RS00000624	Água Negra	São Martinho da Serra	535329	293452	219906	6724128	175	86			2	T	S. Geral	Basalto	Fenda
63	SMA-69	RS00000625	SuperTratores	Santa Maria	534740	294208	229625	6710930	110	95	42	46	11	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
64	SMA-70	RS00000626	Sem.Vic.Palloti	Santa Maria	534703	294147	230604	6711601	170	145	22	40	8.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

65				Santa Maria	534710	294150	230418	6711504	150	130	65	78	7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
66	SMA-72	RS00000628	Perp.Socorro	Santa Maria	534833	294010	228112	6714530	160	87	35.7	35.7	6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
67	SMA-73	RS00000629	Pátio RFFSA	Santa Maria	534658	294111	230712	6712713	115	92	29	44	20	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
68	SMA-74	RS00000630	CasadeRetiros	Santa Maria	534725	294130	230000	6712110	140	134	14	100	20	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
69	SMA-75	RS00000631	Dist.Industrial	Santa Maria	535236	294054	221609	6713014	125	105			0.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
70	SMA-76	RS00000632	Canabarro	Santa Maria	535948	293930	209924	6715306	150	60	4.5	4.5	1	T	Aluvião		Livre
71	SMA-77	RS00000633	Canabarro	Santa Maria	535750	294002	213124	6714402	175	120	49.8	49.8	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
72	SMA-78	RS00000634	BocadoMonte	Santa Maria	535558	293915	216100	6715927	130	52	26.9	26.9	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
73	SMA-79	RS00000635	Canabarro	Santa Maria	535744	294037	213313	6713329	165	0	0	0	3	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
74	SMA-80	RS00000636	Cl.PedroStock	Santa Maria	545504	293940	120708	6712331	190	77	7.5	7.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
75	SMA-49	RS00000637	Ps.dasTropas	Santa Maria	534638	294652	231502	6702224	140	90	53.4	53.4	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
76	SMA-81	RS00000638	Pc.dosBastos	Santa Maria	535607	294230	216010	6709915	130	90	18.7	18.7	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
77	SMA-82	RS00000639	Caturrita	Santa Maria	535057	293932	224210	6715605	135	88	17	17	1.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
78	SMA-83	RS00000640	Caturrita	Santa Maria	535105	294007	224021	6714522	105	120	5	5	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
79	SMA-84	RS00000641	Sta.Maria	Santa Maria	534955	294028	225920	6713922	95	80	8	8	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
80	SMA-85	RS00000642	Vil.Esmeralda	Santa Maria	535259	293913	220913	6716109	105	130	3.5	3.5	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
81	SMA-86	RS00000643	Caturrita	Santa Maria	535026	293837	225002	6717320	180	71	4	4	2.4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
82	SMA-89	RS00000646	Ps.doVerde	Santa Maria	534332	295513	236865	6686914	50	90	14.5	14.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
83	SMA-90	RS00000647	Ps.daAreia	Santa Maria	534436	295220	235021	6692201	70		14.5	14.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
84	SMA-91	RS00000648	VistaAlegre	Santa Maria	533320	294603	252907	6704229	114	86	22	22	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
85	SMA-92	RS00000649	BaseAerea	Santa Maria	533434	294119	250724	6712930	240	0	0	0	0	N	S. Geral	Basalto	Fenda
86	SMA-93	RS00000650	ArroiodoSó	Santa Maria	533352	294721	252101	6701808	60	166		115	2.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
87	SMA-94	RS00000651	ArroiodoSó	Santa Maria	533440	294720	250811	6701810	70	50	10.4	10.4	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
88	SMA-95	RS00000652	ArroiodoSó	Santa Maria	533400	294743	251901	6701126	70	102	13	20	4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
89	SMA-96	RS00000653	Campestre	Santa Maria	534721	293927	230016	6715901	135	75	0.5	0.5	1	T	Aluvião		Livre
90	SMA-97	RS00000654	Campestre	Santa Maria	534733	293936	229700	6715616	135	80	28	58	7.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
91	SMA-98	RS00000655	Sem.SãoJosé	Santa Maria	534757	294254	229202	6709503	120	130	41.7	50	9.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
92	SMA-99	RS00000656	BalançaDNER	Santa Maria	534632	294801	231715	6700103	55	180			1.5	T	Aluvião		Livre
93	SMA-100	RS00000657	Ps.daCapivara	Santa Maria	534500	294619	234111	6703304	125	48	10.9	10.9	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
94	SMA-101	RS00000658	Ps.daCapivara	Santa Maria	534521	294529	233510	6704830	110	50	9	9	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
95	SMA-102	RS00000659	Ps.daCapivara	Santa Maria	534345	294614	236122	6703505	80	8	4	4	0	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
96	SMA-103	RS00000660	SãoGeraldo	Santa Maria	534121	294630	240003	6703104	135	66	19	19	11.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
97	SMA-104	RS00000662	Pains	Santa Maria	534211	294527	238614	6705012	110	58	7.1	7.1	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

98	SMA-105	RS00000663	Pc.doArenal	Santa Maria	534339	294929	236426	6697504	55	120			1	T	Aluvião		Livre
99	SMA-106	RS00000664	Pc.doArenal	Santa Maria	534204	294813	238922	6699904	110	135	6	6	0.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
100	SMA-107	RS00000665	Pc.doArenal	Santa Maria	534149	294750	239308	6700622	78	0	0	0	0.12	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
101	SMA-108	RS00000666	Pc.doArenal	Santa Maria	534248	294952	237812	6696828	78	25	1.5	1.5	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
102	SMA-109	RS00000667	Pc.doArenal	Santa Maria	534123	294751	240007	6700608	100	100	16	16	0.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
103	SMA-110	RS00000668	Et.doMinuano	Santa Maria	534830	294456	228406	6705724	90	293	30	130	5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
104	SMA-111	RS00000669	Arenal	Santa Maria	533823	294938	244918	6697424	90	12	6	6	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
105	SMA-112	RS00000670	Tronqueiras	Santa Maria	533743	295021	246022	6696125	78	118	1.5	1.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
106	SMA-113	RS00000671	Tronqueiras	Santa Maria	533626	294845	248022	6699128	98	9	0.5	0.5	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
107	SMA-114	RS00000672	Tronqueiras	Santa Maria	533452	295025	250616	6696106	95	7	6	6	1	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
108	SMA-115	RS00000673	Tronqueiras	Santa Maria	533547	294938	249107	6697520	123	13	7	7	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
109	SMA-116	RS00000674	Água Boa	Santa Maria	533754	294726	245604	6701507	125	78	13	13	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
110	SMA-117	RS00000675	Tronqueiras	Santa Maria	533810	294821	245213	6699804	95	134			0	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
111	SMA-118	RS00000676	Água Boa	Santa Maria	533959	294631	242207	6703124	115	53	9.6	9.6	1.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
112	SMA-119	RS00000677	SãoSebastião	Santa Maria	533949	294257	242323	6709720	70	55	9	9	70	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
113	SMA-120	RS00000678	SãoSebastião	Santa Maria	533935	294323	242718	6708928	75	88	2	2	40	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
114	SMA-121	RS00000679	Água Boa	Santa Maria	533856	294702	243921	6702208	135	70	19.6	19.6	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
115	SMA-122	RS00000680	Água Boa	Santa Maria	534003	294641	242106	6702813	118	60	16.8	16.8	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
116	SMA-123	RS00000681	Pc.doArenal	Santa Maria	534014	294847	241901	6698926	96	11	3	3	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
117	SMA-124	RS00000682	Pc.doArenal	Santa Maria	534112	295020	240410	6696026	70	13	1.5	1.5	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
118	SMA-125	RS00000683	Água Boa	Santa Maria	533832	294528	244500	6705118	96	48	12	12	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
119	SMA-126	RS00000684	Arenal	Santa Maria	534532	294739	233310	6700819	110	30	9.5	9.5	0.3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
120	SMA-127	RS00000685	Sta.Flora	Santa Maria	534813	295225	229200	6691907	105	132	24.5	24.5	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
121	SMA-128	RS00000700	Sta.Flora	Santa Maria	534948	295341	226708	6689503	90	90			0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
122	SMA-129	RS00000705	Sta.Flora	Santa Maria	535135	295303	223807	6690603	95	84	14.5	14.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
123	SMA-130	RS00000706	Sta.Flora	Santa Maria	535341	295250	220415	6690918	128	128	51.5	51.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
124	SMA-131	RS00000707	Vil.Figueira	Santa Maria	533932	294136	242723	6712225	75	75	3	6	13.2	T	Aluvião		Livre
125	SMA-132	RS00000708	Vil.Figueira	Santa Maria	533918	294140	243102	6712111	75	55			67	T	Aluvião		Livre
126	SMA-133	RS00000711	Camobi	Santa Maria	534040	294158	240910	6711506	82	58	10	20	30	T	Aluvião		Livre
127	SMA-134	RS00000712	TrêsBarras	Santa Maria	534154	293717	238719	6720113	115	64	0.2		3	T	Botucatu	Arenito	Livre
128	SMA-135	RS00000713	TrêsBarras	Santa Maria	534119	293836	239717	6717702	95	72	13	18	7	T	Botucatu	Arenito	Livre
129	SMA-136	RS00000714	SãoMarcos	Santa Maria	534120	293924	239724	6716223	93	50	8	9	7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
130	SMA-137	RS00000715	SãoMarcos	Santa Maria	534055	294000	240422	6715130	85	127	2	4	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

131	SMA-138	RS00000716	ArroioGrande	Santa Maria	533938	294018	242506	6714624	85	135	9	25	5.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
132	SMA-139	RS00000717	Fx.daPalma	Santa Maria	533752	294119	245400	6712810	95	134	32	36	30	T	Aluvião		Livre
133	SMA-140	RS00000718	Fx.daPalma	Santa Maria	533801	294250	245222	6710003	70	55	2	3	6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
134	SMA-141	RS00000719	Fx.daPalma	Santa Maria	533313	294347	253002	6708421	103	107	35	37	3.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
135	SMA-142	RS00000720	Vil.Figueira	Santa Maria	533926	294202	242903	6711428	70	60	5	18	100	T	Aluvião		Livre
136	SMA-143	RS00000721	Vil.Figueira	Santa Maria	533926	294228	242921	6710628	70	55	4	6	4	T	Aluvião		Livre
137	SMA-144	RS00000722	Fx.daPalma	Santa Maria	533915	294235	243222	6710419	71	55	5.5	5.5	3	T	Aluvião		Livre
138	SMA-145	RS00000723	Fx.daPalma	Santa Maria	533552	294312	248705	6709404	85	68	20	25	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
139	SMA-146	RS00000724	ArroioGrande	Santa Maria	533831	294029	244316	6714326	78	118	17.5	17.5	4	T	Aluvião		Livre
140	SMA-147	RS00000725	SãoMarcos	Santa Maria	534130	294055	239521	6713415	89	104	13	13	2.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
141	SMA-148	RS00000730	Sta.Lucia	Santa Maria	533138	294251	255518	6710202	110	5	3	3	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
142	SMA-149	RS00000731	Pains	Santa Maria	533931	294517	242906	6705420	103	48	14.7	14.7	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
143	SMA-150	RS00000732	Sta.Flora	Santa Maria	534833	295110	228607	6694203	95	115	6.5	6.5	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
144	SMA-151	RS00000733	Sta.Flora	Santa Maria	535055	295116	224799	6693925	130	105	18	18	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
145	SMA-152	RS00000734	Sta.Flora	Santa Maria	534832	295516	228819	6686628	105	49	11	11	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
146	SMA-153	RS00000735	Sta.Flora	Santa Maria	535226	295655	222617	6683423	128	4	2	2	0.8	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
147	SMA-154	RS00000736	Sta.Flora	Santa Maria	534729	295728	230608	6682603	105	108	31	31	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
148	SMA-155	RS00000737	Sta.Flora	Santa Maria	535525	295222	217602	6691710	110	152	12	12	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
149	SMA-156	RS00000738	Ramada	Santa Maria	535920	295039	211211	6694720	130	94	12.2	12.2	2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
150	SMA-157	RS00000740	Fx.daPalma	Santa Maria	533747	294303	245607	6709611	69	56	7	11	4	T	Aluvião		Livre
151	SMA-158	RS00000742	Ramada	Santa Maria	535625	295030	215903	6695119	105	140	27.5	27.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
152	SMA-159	RS00000743	Ramada	Santa Maria	535435	294937	218815	6696826	107	11	7	7	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
153	SMA-160	RS00000744	Sta.Flora	Santa Maria	535308	295051	221209	6694606	110	120				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
154	SMA-161	RS00000745	Sta.Flora	Santa Maria	534720	295223	230621	6692003	110	140	16.1	16.1	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
155	SMA-162	RS00000746	Sta.Flora	Santa Maria	535308	295044	221204	6694821	110	10	7.5	7.5	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
156	SMA-163	RS00000747	Sarandi	Santa Maria	535323	294657	220625	6701803	105	5	3	3	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
157	SMA-164	RS00000748	Sta.Flora	Santa Maria	535057	295720	225023	6682713	120	1.5	0.5	0.5	0	E			
158	SMA-165	RS00000749	Sta.Flora	Santa Maria	535337	295654	220712	6683406	125	110	21.1	21.1	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
159	SMA-166	RS00000750	Sta.Flora	Santa Maria	535657	295814	215411	6680805	90	206	22	22	1	T			
160	SMA-167	RS00000751	Sta.Flora	Santa Maria	535627	295617	216123	6684429	105	97	12	12	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
161	SMA-168	RS00000752	Sta.Flora	Santa Maria	535808	295412	213314	6688210	90	126	6.5	6.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
162	SMA-169	RS00000753	Sta.Flora	Santa Maria	535812	295415	210705	6686324	90	12	10	10	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
163	SMA-170	RS00000754	Ramada	Santa Maria	535947	295511	213209	6688115	95	72	18.8	18.8	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

164	SMA-171	RS00000755	Banhados	Santa Maria	535950	295255	210515	6690510	90	102	21	49	3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
165	SMA-172	RS00000756	Sta.Flora	Santa Maria	534637	295328	231824	6690029	75	94	16	19	0.8	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
166	SMA-173	RS00000757	Sarandi	Santa Maria	535726	294730	213317	6700600	85	200	0.2		1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
167	SMA-174	RS00000758	Arenal	Santa Maria	534716	294950	230614	6696717	90	135	6	6	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
168	SMA-175	RS00000759	Arenal	Santa Maria	535043	294850	225010	6698429	95	9.5	8.6	8.6	0	E	Aluvião		Livre
169	SMA-176	RS00000760	Arenal	Santa Maria	533932	295255	243205	6691315	65	94	19	19	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
170	SMA-177	RS00000761	Ps.doVerde	Santa Maria	534551	295447	245446	6655022	70	80	19	19	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
171	SMA-178	RS00000771	Rc.doCanto	Itaara	534608	293747	231906	6719028	415	64			2	T	Aluvião		Livre
172	SMA-179	RS00000772	Vil.Primavera	Itaara	534524	293548	233003	6722721	460	30	9	9	1.2	T	S. Geral	Basalto	Fenda
173	SMA-180	RS00000773	Pinhal	Itaara	534620	293836	231619	6717511	400	226			3.6	T	Botucatu	Arenito	Livre
174	SMA-181	RS00000774	Cidade	Itaara	534309	293042	236415	6732230	490	122.5	4	4	7	T	S. Geral	Basalto	Fenda
175	SMA-182	RS00000775	Cidade	Itaara	534451	293142	233712	6730318	470	55	10	20	10	T	S. Geral	Basalto	Fenda
176	SMA-183	RS00000776	Vila Militar	Itaara	534605	293334	231801	6726821	470	157		68	5	T	S. Geral	Basalto	Fenda
177	SMA-184	RS00000777	Cidade	Itaara	534528	293555	232900	6722503	460	126				T	S. Geral	Basalto	Fenda
178	SMA-185	RS00000778	Arenal	Santa Maria	534145	294800	239423	6700317	120	91				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
179	SMA-186	RS00000779	Tronqueiras	Santa Maria	533823	294932	244913	6697609	90	120				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
180	SMA-187	RS00000780	Tronqueiras	Santa Maria	533503	295024	250320	6696130	95	173				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
181	SMA-188	RS00000781	Cidade	Itaara	534611	293728	231811	6719611	405	165				T	S. Geral	Basalto	Fenda
182	SMA-189	RS00000782	Cidade	Itaara	534546	293511	232383	6723846	455	114				T	S. Geral	Basalto	Fenda
183	SMA-190	RS00000783	Cidade	Itaara	534533	293646	232803	6720929	400	70			0.8	T	S. Geral	Basalto	Fenda
184	SMA-191	RS00000784	Ps.dasÁguas	Santa Maria	535131	293547	223124	6722513	195	60	20.5	20.5	1	T	S. Geral	Basalto	Fenda
185	SMA-192	RS00000785	PonteIbicuíMirim	Santa Maria	535137	293439	222911	6724603	200	0	0	0	3	N	S. Geral	Basalto	Fenda
186	SMA-193	RS00000786	PonteIbicuíMirim	Santa Maria	535147	293359	222611	6725828	190	55	6	6	2.2	T	S. Geral	Basalto	Fenda
187	SMA-194	RS00000787	Cidade	São Martinho da Serra	535126	293219	223101	6728922	445	80	15	15	0	T	S. Geral	Basalto	Fenda
188	SMA-195	RS00000788	Cidade	São Martinho da Serra	535110	293157	223515	6729610	450	50	10	15	5	T	S. Geral	Basalto	Fenda
189	SMA-196	RS00000902	Cidade	São Martinho da Serra	535117	293147	223319	6729913	458	70	12	12	2	T	S. Geral	Basalto	Fenda
190	SMA-197	RS00000795	Et.Pinhal	Itaara	534652	293507	230604	6723927	470	80	0	49.7	0.4	T	S. Geral	Basalto	Fenda
191	SMA-198	RS00000796	Cidade	Itaara	534514	293644	233313	6721003	410	65	43	60	0.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
192	SMA-240	RS00001031	StºInácio	Santa Maria	535730	293253	213324	6727629	450	0	0	0	0.2	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
193	SMA-241	RS00001032	Sta.Flora	Santa Maria	534917	295102	227419	6694421	95	111	14	35	0.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
194	SMA-242	RS00001033	Sta.Flora	Santa Maria	535151	295122	223300	6693703	130	172				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
195	SMA-255	RS00001039	Sta.Flora	Santa Maria	535652	294442	214904	6705818	108	130				T			
196	SMA-256	RS00001040	Camobi	Santa Maria	533404	294107	251522	6713318	465	200				T	S. Geral	Basalto	Fenda

197	SMA-258	RS00001042	Arenal	Santa Maria	534528	294946	233511	6696910	50	8	0	0	0	E	Aluvião		Livre
198	SMA-259	RS00001043	Arenal	Santa Maria	535012	295029	225918	6695401	90	130			1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
199	SMA-260	RS00001044	Ps.doRaimundo	Santa Maria	535556	294440	216407	6705918	148	85	15	15	0.4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
200	SMA-261	RS00001045	Pau a Pique	Dilermando	534524	294736	233523	6700917	110	12	9.5	9.5	1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
201	9SM-04RS	RS00001046	Cidade	Dilermando	531224	294218	286517	6711853	119	174	16	62	4.5	T			
202	9SM-06RS	RS00001047	Cidade	Dilermando	531229	294221	286385	6711758	125	172	22	79	5.6	T			
203	SAM-01	RS00002368		São Martinho da Serra	534824	292819	227824	6736433	460	152				T	S. Geral	Basalto	Fenda
204	JPA-1524/1RS	RS00001784	Camobi	Santa Maria	534141	294226	239290	6710605	80	80	25	25	15.7	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
205	JPA-1524/4RS	RS00001785	Camobi	Santa Maria	534142	294223	239261	6710697	0	85	25.3	44.5	18.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
206				Santa Maria	534248	294312	237522	6709146	95	103	9	17	10.6	T			
207	PB13-253	RS00001037	Camobi	Santa Maria	534245	294333	237618	6708502	108	121	12	20	16	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
208	PB12-254	RS00001038	Sta.Flora	Santa Maria	534732	295242	230313	6691410	70	140				T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
209	SSP-02	RS00000685	Vil. Block	São Sepé	534011	295858	242419	6680111	110	100	12.5	12.5	0.5	E			
210	SSP-01	RS00000684	Vil. Block	São Sepé	534116	295742	240621	6682411	81	132	28.4	28.4	2	T			
211	BLOCK2	RS00000645	Vil. Block	São Sepé	534058	295959	241203	6678203	85	134	9	100	0.5	T			
212	BLOCK1	RS00000644	Vil. Block	São Sepé	534109	295952	240903	6678412	60	35	2	6	5	T			
213				São Pedro do Sul	535659	293002	214025	6732917	415	115	26	90	2	T			
214	IPA-1574-1	RS00002191	S.V. do Sul	São Vicente do Sul	544202	294142	141874	6709265	140	83	38	66	2.03	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
215	SVS-29-1	RS00002499	Fz.Loreto	São Vicente do Sul	545610	295154	119705	6689651	100		3.35	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
216	SVS-29-2	RS00002500	S.V. do Sul	São Vicente do Sul	545242	294420	124820	6703831	141		1.46	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
217	19.03.JGI.01	RS00001258	Cidade	Jaguari	544315	292533	138952	6739058	317	3	0.05	0	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
218	19.04.JGI.02	RS00001259	Cidade	Jaguari	543836	292543	146488	6738988	170	6.3	4.5	0	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
219	19.05.JGI.03	RS00001260	Cidade	Jaguari	543806	292121	147045	6747086	282	6	2.6	0	0	E	S. Geral	Basalto	Fd. Livre
220	19.06.JGI.04	RS00001261	Cidade	Jaguari	543731	291721	147760	6754509	372	6	2.6	0	0	E	S. Geral	Basalto	Fd. Livre
221	19.08.JGI.05	RS00001262	Rprs.CORSAN	Jaguari	544140	292844	141702	6733255	200	0	0	0	0	N			
222	19.10.JGI.06	RS00001263	Cidade	Jaguari	543150	292350	157332	6742807	180	0	0	0	0	N	S. Geral	Basalto	Fd. Livre
223	30.09.JGI.07	RS00001264	Taquarichin	Jaguari	543430	293200	153480	6727579	125		1.62	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
224	83.01.JGI.08	RS00001265	Pinheirinhos	Jaguari	542917	292747	161679	6735630	389	8.4	0.5	0	0	E	S. Geral	Basalto	Fenda
225	03.08.JGI.09	RS00001266	St.Xavier	Jaguari	542748	292008	163658	6749842	282	0	0	0	0	N	S. Geral	Basalto	Fenda
226	84-1		Rc.Goiabal	Jaguari	542748	292008	163658	6749842	280	0	0	0	0	N	S. Geral	Basalto	Fenda
227	85-7	RS00001063	Fz.JoséSilva	Mata	542836	293553	163232	6720690	113	8	1.5	1.5	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
228	85-6	RS00001062	Grama	Mata	542738	293249	164625	6726406	120		1	1	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
229	85-4	RS00001061	Cerrito	Mata	542145	293347	174185	6724899	138	9.5	8.5	8.5	0	E	Botucatu	Arenito	Livre

230	85-5	RS00001060	Esc.RuralMoro	Mata	542444	293304	169325	6726082	120	6.5	3	3	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
231	MT-30-8	RS00000159	Mata	Mata	543055	293416	159399	6723566	162	9	2.45	2.45	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
232	SMA-53	RS00000609	Lageadinho	São Pedro do Sul	535914	293651	210712	6720227	130	72	11.3	0	40	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
233	86-8	RS00002491	Catanduva	São Pedro do Sul	540603	293751	199754	6718090	140	6	2.5	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
234	86-9	RS00002492	Ribeirão	São Pedro do Sul	541252	293417	188565	6724381	177	5	2	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
235	86-10	RS00002493	Guassupi	São Pedro do Sul	541109	293039	191154	6731173	150	4	0.5	0	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
236	86-11	RS00002494	Et.Canabarro	São Pedro do Sul	540007	293900	209389	6716217	130	70			1	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
237	86-12	RS00002495	Cidade	São Pedro do Sul	541039	293703	192286	6719367	187	82			22	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Conf.
238	86-13	RS00002496	Cidade	São Pedro do Sul	541048	293706	192047	6719268	187	110	43	49.8	10.15	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Conf.
239	86-14	RS00002497	Cidade	São Pedro do Sul	541054	293712	191890	6719079	187	85	39.7	42.75	13.65	T	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
240	86-15	RS00002498	Cidade	São Pedro do Sul	541045	293715	192135	6718993	187	89	40.5	41.15	16.5	T	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
241	7CQ-01	RS00000876	CapeladoSaicã	Cacequi	550505	300215	106017	6670011	122	116.5	28.1	56.3	10	T	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
242	88-3	RS00001048	Et.StºAntonio	Cacequi	542000	295821	178326	6679573	170	9	3.7	0	0	E	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
243	40-6	RS00001064	Cidade	Cacequi	550527	295324	104842	6686355	157	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
244	40-7	RS00001065	Cidade	Cacequi	550547	295700	104543	6679679	122	0	0	0	0	E	R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
245	40-8	RS00001066	Cidade	Cacequi	550934	295834	98550	6676562	187	0	0	0	0.6	N			
246	41-4	RS00001067	Et.MacacoBco	Cacequi	544544	295418	136662	6685808	165	22	11	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
247	41-5	RS00001068	Cidade	Cacequi	544636	295444	135294	6684930	143	0	14	0	0	E			
248	41-6	RS00001069	Et.Convenção	Cacequi	545145	295406	126959	6685825	130	86			5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
249	41-7	RS00001070	Cidade	Cacequi	545125	295606	127620	6682145	120	8	2	0	3	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
250	41-8	RS00001071	Cidade	Cacequi	545530	295226	120813	6688702	97	0	0	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
251	41-9	RS00001072	Fz.ÁguaAzul	Cacequi	545202	295515	126574	6683684	110	10	7	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
252	41-10	RS00001073	Cidade	Cacequi	544912	295207	130945	6689630	117	89	20.26	27.5	15.84	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
253	41-11	RS00001074	Cidade	Cacequi	544915	295215	130873	6689380	130	90	22.2	36.4	17.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
254	41-12	RS00001075	Cidade	Cacequi	544926	295222	130584	6689155	133	99.5	24.7	49.43	12.64	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
255	51-5	RS00001076	Cidade	Cacequi	551833	300035	84220	6672297	155	0	0	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
256	51-6	RS00001077	Cidade	Cacequi	551900	300436	83780	6664841	192	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
257	52-1	RS00001078	Cidade	Cacequi	540800	300154	197816	6673557	142	8	0	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
258	52-2	RS00001079	Cidade	Cacequi	551057	300057	96489	6672073	180		14	0	0	E	Botucatu	Arenito	Livre
259	52-3	RS00001080	Cidade	Cacequi	550200	300145	110945	6671111	141	120	54	78	6.6	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
260	52-4	RS00001081	Cidade	Cacequi	550312	300912	109503	6657267	182	127	84	112	1.32	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
261	52-5	RS00001082	Cidade	Cacequi	550303	300915	109748	6657183	180	102	33.5	78	1.2	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
262	52-6	RS00001083	Cidade	Cacequi	550315	300657	109275	6661425	148	18	13	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

263	53-1	RS00001084	Cidade	Cacequi	544914	300130	131470	6672279	140	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
264	53-2	RS00001085	Cidade	Cacequi	544704	300430	135139	6666849	142	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
265	53-4	RS00001086	Cidade	Cacequi	545050	300500	129113	6665722	150	14.5	12.7	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
266	53-5	RS00001087	Cidade	Cacequi	545121	300935	128569	6657219	132	9	0.75	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
267	53-6	RS00001088	Cidade	Cacequi	545152	301403	128020	6648933	140	10	6.95	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
268	87-1	RS00001089	Gj. Água Doce	Cacequi	544304	295615	141075	6682312	140	12	6.3	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
269	87-2	RS00001090	Et.Sossêgo	Cacequi	544043	295900	145022	6677350	150	90	10		3	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
270	87-3	RS00001091	Gj. Bonifácio	Cacequi	543556	295627	152573	6682309	80	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
271	87-4	RS00001092	Et.Sedro	Cacequi	543244	295616	157714	6682809	160	10	5	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
272	87-6	RS00001093	Ch. do Cedro	Cacequi	543044	294918	160484	6697634	127	15	12	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
273	87-7	RS00001094	Gj. Angico	Cacequi	543315	295237	156673	6689530	150	16	8.9	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
274	87-8	RS00001095	Fz.BoaVista	Cacequi	543915	295405	147093	6686515	143	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
275	87-9	RS00001096	Et.Sobradinho	Cacequi	544200	295117	142497	6691550	110	70			1.17	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
276	87-10	RS00001097	Et.VistaAlegre	Cacequi	543657	295104	144105	6605705	102	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
277	88-1	RS00001098	Et.doCupim	Cacequi	541720	294945	182162	6695592	140	12	3.45	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
278	88-2	RS00001099	Et.StªRita	Cacequi	541839	295158	180158	6691434	151	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
279	88-4	RS00001101	Et.StºAntonio	Cacequi	541651	295811	183386	6680027	118	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
280	88-5	RS00001102	Cx.PauFincado	Cacequi	541940	295336	178608	6688368	200	12	10.2	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
281	88-6	RS00001103	Et. Nova	Cacequi	542312	295633	173078	6682749	156	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
282	88-7	RS00001104	Et. HugoCunha	Cacequi	542456	295806	170373	6679801	160	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
283	88-9	RS00001105	Et.BoaVista	Cacequi	542741	294916	165455	6695996	143	20	15.5			T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
284	88-10	RS00001106	Et.daSotéia	Cacequi	542630	294749	167282	6698734	152	4	1.5	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
285	88-11	RS00001107	Et.StªCatarina	Cacequi	542421	294519	170611	6703458	118	45	16.2			T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
286	88-12	RS00001108	Et.Cerrito	Cacequi	542154	294930	174789	6695842	173	7	2.7	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
287	88-13	RS00001109	Paula Gomes	Cacequi	542937	295138	162471	6691527	148	7	5.4	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
288	88-14	RS00001110	Fz.StªTereza	Cacequi	542933	295548	162813	6683828	165	16	6.1	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
289	40-2	RS00001679	Et.doIpê	Cacequi	551054	294825	95720	6695254	140	12	7.6	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
290	40-3	RS00001680	Et.Sta.Luzia	Cacequi	551117	294636	94980	6698591	150		3.2	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
291	40-4	RS00001681	Et.SãoJoaquin	Cacequi	550903	295033	98850	6691417	110	13.5	6.1	0	0	E	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
292	40-5	RS00001682	Et.Bonita	Cacequi	550645	295112	102602	6690348	125	0	0	0	0	N	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
293	G.591-CQ6	RS00002050	Saída/SãoFrac.	Cacequi	544917	295200	130803	6689841	100	90.4	23.65	62.32	16.36	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
294	G.790-CQ6A	RS00002051	Saída/SãoFrac.	Cacequi	544917	295159	130802	6689872	100	105	28.03	50.26	33	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
295	G.603-CQ7	RS00002052	Saída/SãoFrac.	Cacequi	544919	295154	130744	6690024	124	92	13.4	34.95	24.63	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre

296	G.925-CQ7A	RS00002053	Saída/SãoFrac.	Cacequi	544919	295154	130744	6690024	124	98.71	19.35	53.76	45	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
297	G.759-CQ8	RS00002054	Pq.daCORSAN	Cacequi	544929	295224	130506	6689091	139	113	17.86	72.57	12.41	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
298	G.780-CQ8B	RS00002055	Pq.daCORSAN	Cacequi	544929	295225	130507	6689060	139	112	16.48	52.44	17.65	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
299	G.807-CQ9	RS00002056	Prox.Hospital	Cacequi	544921	295234	130731	6688790	124	66	19.67	51.54	4.33	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
300	G.813-CQ10	RS00002057	Saída/Sta.Maria	Cacequi	544903	295153	131172	6690069	119	104	23.99	44.94	32.73	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
301	G.1810-CQ11	RS00002058	Saída/Umbu	Cacequi	544744	295345	133408	6686688	130	52	5.65	36.41	1.5	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
302	G.1900-CQ13	RS00002060	Cidade	Cacequi	544906	295144	131082	6690344	85	90	18.5	63.47	26.67	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
303	G.1936-CQ14	RS00002061	Cidade	Cacequi	544924	295144	130599	6690328	124	116	23.11	66.64	15.38	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
304	19-9		Cx d'água	Jaguari	543500	292942	152540	6731806	138	3.5	8.5				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
305	29-3		Fz. Ibirocay	São Vicente do Sul	544920	294135	130084	6709097	120	10	3.6				R. do Sul	Ar.Siltito	Livre
306	29-4		Fz. Amarilio	São Vicente do Sul	544710	294440	133768	6703512	180		5.7				R. do Sul	Ar.Siltito	Livre
307	30-1		Chac. St. Fé	São Vicente do Sul	543757	294300	148540	6707071	142	12.5	1.38				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
308	30-2		Fz. Bom Retiro	São Vicente do Sul	543210	293810	157599	6716295	120	15	6.68				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
309	30-3		Chac. Figueira	São Vicente do Sul	543833	293750	147155	6720289	145	8	4.47				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
310	30-4		S.V. do Sul	São Vicente do Sul	544030	294230	144396	6707865	125	66	14.42	46.62	4	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
311	30-5		S.V. do Sul	São Vicente do Sul	544030	294240	144406	6707557	120	64.7	12.36	44.16	10	T	R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
312	30-6		S.V. do Sul	São Vicente do Sul	544440	294300	137702	6706725	128		7				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
313	30-7		Fz. São Carlos	São Vicente do Sul	544025	293408	144040	6723337	110		3.1				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
314	40-9		Posto Umbu	Cacequi	551241	295921	93591	6674930	150								
315	41-1		Et. Stº Inácio	São Vicente do Sul	544733	294807	133360	6697113	115	2.5	0.3		0.5		R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
316	41-2		Et. Primavera	São Vicente do Sul	545050	294554	127929	6701036	130	76	44		2		R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
317	41-3		Et. N.S. Pilar	São Vicente do Sul	545450	294736	121583	6697675	107	13	9				R. do Sul	Ar.Argil.	Livre
318	64-2		Et.St.MªRosário	Vila Nova do Sul	544802	301725	134382	6642916	128		6.6						
319	64-3		Et. do Imbaé	Vila Nova do Sul	544545	301853	138136	6640326	142		5.4				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
320	83-2		L. Curtume	São Pedro do Sul	541910	292712	178012	6737187	220	4.5	1.6				S. Geral	Basalto	Fenda
321	84-6		Rc.dosAlbinos	São Martinho da Serra	540204	292445	205553	6742469	340						S. Geral	Basalto	Fd. Livre
322	84-10		BocadaPicada	São Pedro do Sul	541403	292642	186263	6738344	260	4	1.8				S. Geral	Basalto	Fenda
323	85-1		Ps.daClara	São Pedro do Sul	541841	293432	179180	6723655	135	20	16				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
324	85-2		Ps.doAngico	São Pedro do Sul	541542	293127	183840	6729490	132	5.8	1				Botucatu	Arenito	Livre
325	85-3		L.Holanda	São Pedro do Sul	542132	293044	174372	6730546	165	4	1.5				S. Geral	Basalto	Fenda
326	85-8		Ps.doCesar	São Pedro do Sul	542545	294016	168076	6712725	165	9	7				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
327	85-9		Ps.SãoLucas	São Pedro do Sul	542614	294427	167526	6704970	92	4.5	0.5				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
328	85-10		Chiniqua	São Pedro do Sul	542321	293637	171753	6719586	138	23	21				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre

329	85-11		Fz.SãoPedro	São Pedro do Sul	542150	294150	174483	6710015	177	11	7.2				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
330	85-12		Chiniqua	São Pedro do Sul	542019	293920	176797	6714707	135	19	7.5				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
331	86-5		Serra Alegre	São Pedro do Sul	540343	293552	203425	6721855	158	6	1.3				S. Geral	Basalto	Fenda
332	86-6		Barro Preto	São Pedro do Sul	540603	293320	199531	6726437	300	12.5	11				S. Geral	Basalto	Fenda
333	86-7		Pedreira	São Pedro do Sul	540208	293147	205784	6729469	290	4	1.3				S. Geral	Basalto	Fenda
334	86-1		Et.D.deAguiar	Dilermando	541230	294215	189565	6709674	110		0.5				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
335	86-2		SerroBiscaí	Dilermando	540932	294430	194466	6705647	140	7	6				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
336	86-3		Durasnal	Dilermando	540424	294418	202735	6706241	186	20	14.2				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
337	86-4		Et. Velha	Dilermando	540112	294139	207768	6711274	175	6	1.8				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
338	89-1		Sobradinho	Dilermando	540339	294813	204137	6699034	168	23	23				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
339	89-2		Sobradinho	Dilermando	540401	294836	203565	6698310	130	12	11				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
340	89-3		Banhados	Dilermando	540125	295220	207937	6691522	105	11	0.5				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
341	89-4		Banhados	Santa Maria	540040	295545	209310	6685239	105	9	2.4				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
342	89-7		Esc.Mun.Sotéia	Santa Maria	540614	295312	200222	6689713	85	6	0.3				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
343	89-8		S.JoséPorteira	Dilermando	540751	294844	197393	6697898	100	6	2.35				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
344	89-9		Rc.Pinheiro	Dilermando	541357	294622	187439	6702000	135	12	7				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre
345	89-10		Fz.StªCristina	Dilermando	541145	295015	191185	6694922	105		1.5				R. do Sul	Ar. Argil.	Livre

ANEXO 02 - Produção agrícola (lavouras permanentes e temporárias) por município da MRG 018.

Fonte: IBGE (2002)

Anexo 02 - Produção Agrícola (lavouras permanentes e temporárias) por município da MRG 018.
Dados municipais de lavouras permanentes (hectare plantado)

Município / Cultivos	Cacequi	Dilermando de Aguiar	Itaara	Jaguari	Mata	Nova Esperança do Sul	Santa Maria	São Martinho da Serra	São Pedro do Sul	São Sepé	São Vicente do Sul	Toropi	Vila Nova do Sul	Total
Abacate		0.01					0.05		0.01	0.01		0.01		0.09
Banana				0.01				0.01	0.23	0.01		0.02		0.28
Caqui		0.01		0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02		0.02	0.01	0.16
Erva-mate (folha verde)							0.01					0.01		0.02
Figo			0.01	0.01		0.01	0.03	0.01	0.03	0.01		0.01		0.12
Goiaba							0.07	0.03	0.02					0.12
Laranja	0.2	0.15	0.17	0.53	0.36	0.15	0.33	0.25	1.16	0.6	0.33	0.24	0.15	4.62
Limão	0.02	0.02	0.01	0.02			0.09	0.02	0.05	0.03	0.01	0.03	0.01	0.31
Maçã				0.02				0.02						0.04
Mamão										0.01				0.01
Noz										0.03				0.03
Pêra	0.07	0.02		0.02	0.01		0.09	0.01	0.05	0.02	0.02	0.04	0.01	0.36
Pêssego	0.1	0.05	0.01	0.04	0.01	0.05	0.38	0.04	0.1	0.2	0.04	0.05	0.01	1.08
Tangerina	0.09	0.03	0.05	0.16	0.04	0.08	0.23	0.08	0.08	0.16	0.06	0.06	0.02	1.14
Uva	0.05	0.02	0.06	1.3	0.06	0.2	0.09	0.03	0.2	0.05	0.01	0.15	0.02	2.24
Total	0.53	0.31	0.31	2.12	0.49	0.5	1.4	0.51	1.96	1.15	0.47	0.64	0.23	10.62

Fonte: IBGE (2002)

Anexo 02 - Produção Agrícola (lavouras permanentes e temporárias) por município da MRG 018.
Dados municipais de lavouras temporárias (hectare plantado)

Município / Cultivos	Cacequi	Dilermando de Aguiar	Itaara	Jaguari	Mata	Nova Esperança do Sul	Santa Maria	São Martinho da Serra	São Pedro do Sul	São Sepé	São Vicente do Sul	Toropi	Vila Nova do Sul	Total
Alho		0.02				0.02	0.01		0.02			0.02		0.09
Amendoim (casca)		0.03		0.23	0.05	0.03	0.04	0.15	0.35		0.02	0.08		0.98
Arroz (casca)	175	35		22.5	15	3.5	60	2.1	33	160	101	3.08	5	615.18
Batata-doce	0.3	0.4	0.02	0.15	0.12	0.1	4	0.1	0.35	0.1	0.6	0.1	0.05	6.39
Batata-inglesa			0.9	0.02			3.19	9	0.5	0.1		0.08	0.05	13.84
Cana-de-açúcar (não forragem)		0.3	0.33	7.8	1.2	0.6	0.72	0.3	4.3	0.2	0.85	0.7	0.03	17.33
Cebola		0.02	0.02	0.04		0.02	0.09	0.05	0.3	0.03	0.03	0.05	0.01	0.66
Cevada	0.6									1.2				1.8
Ervilha							0.03							0.03
Feijão (grão)		1.8	1.5	10.5	9.4	0.9	0.2	1.3	9	6.7		5	1.1	47.4
Fumo (folha)		3.5	0.07	9.2	4.5	0.75	0.95	0.25	3.5			7.33	0.09	30.14
Mandioca	2.4	1.2	0.9	2.8	0.9	1	18	1.5	15.92	1.5	1.4	4.08	0.5	52.1
Melancia	13	0.3		0.1	0.05	0.05	3.6		2.5	0.1	0.6	0.1	0.17	20.57
Melão	0.2	0.02		0.02	0.02		0.15		0.08		0.03	0.03		0.55
Milho (grão)	15	8	7.5	41.5	22.5	13	38	25	37	37	25	22.4	12	303.9
Soja (grão)	10	14	14	25	6	35	50	40	7	70	8	7.5	15	301.5
Sorgo granífero				0.1	0.1	0.3			0.11	13	1.2	0.1		14.91
Tomate	0.02		0.02	0.1			0.11	0.01	0.03			0.02		0.31
Trigo (grão)			1.05	0.5		0.5			0.1	6			4.5	12.65
Total	216.52	64.59	26.31	120.56	59.84	55.77	179.09	79.76	114.06	295.93	138.73	50.67	38.5	1440.33

Fonte: IBGE (2002)

ANEXO 03 - Produção pecuária por município da MRG 018

Fonte: IBGE (2002)

Anexo 03 - Produção Pecuária por município da MRG 018.
Dados municipais de produção pecuária (nº de cabeças)

Município / Produção (Nº de cabeças)	Cacequi	Dilermando de Aguiar	Itaara	Jaguari	Mata	Nova Esperança do Sul	Santa Maria	São Martinho da Serra	São Pedro do Sul	São Sepé	São Vicente do Sul	Toropi	Vila Nova do Sul	Total
Asininos	13				1		28	5	28	11	1	4	32	123
Aves	29.106	28.152	23.261	38.667	32.827	18.201	224.229	23.971	89.691	55.239	26.685	37.488	19.010	646527
Bovinos	166.740	58.195	5.465	44.630	18.850	11.190	145.187	42.803	62.415	153.646	87.414	11.768	29.110	837413
Bubalinos	197		43	82			470	298	215	235	511	167		2218
Caprinos	254	44	32	330	78	22	682	161	276	72	153	25	32	2161
Coelhos	162	264	128	102	23	72	5.490	38	11.363	185	19	79		17925
Equinos	2.553	1.083	196	1.109	549	320	5.575	2.068	2.632	4.543	2.535	498	1.116	24777
Muares	63			5		3	115	2	41	41	10	5	12	297
Ovinos	14.801	18.946	1.118	5.260	2.479	1.631	24.747	10.507	16.150	66.815	20.586	1.796	17.780	202616
Suínos	7.580	1.433	1.269	8.990	4.938	2.435	25.563	3.765	9.781	6.674	3.132	5.330	2.452	83342
Total	221469	108117	31512	99175	59745	33874	432086	83618	192592	287461	141046	57160	69544	

Leite de vaca (mil litros)	2.441	2.423	1.157	3.148	1.202	1.485	15.615	1.238	3.545	3.309	1.459	687	979	38688
Ovos de galinha (mil dúzias)	121	65	58	259	104	90	566	65	275	224	139	125	55	2146
Ovos de codorna (mil dúzias)	2	3	1	1	1		98		5	5		1		117
Mel de abelha (kg)	145	1.455	8.232	539	816	144	700	6.315	662	32.985	6.650	5.178	4.428	68249
Lã (kg)	42	42	2	11	4	4	56	24	39	142	50	4	37	457

Fonte: IBGE (2002)