

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

ÁGUAS MINERAIS DE SANTA CATARINA

João Batista Lins Coitinho

Florianópolis, junho de 2.000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

ÁGUAS MINERAIS DE SANTA CATARINA

João Batista Lins Coitinho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientadora: Profa. Dra. Glaci Trevisan Santos

**Área de Concentração: Cadastro Técnico
Multifinalitário**

Florianópolis, junho de 2.000

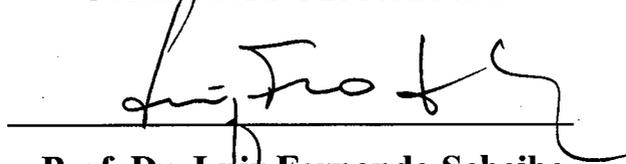
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

**Dissertação defendida e aprovada em 14/06/2000, pela comissão
examinadora:**

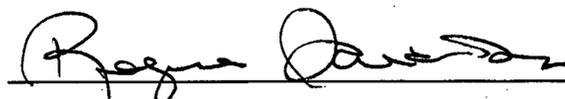


Profa. Dra. Glaci Trevisan Santos

Orientadora/ Moderadora



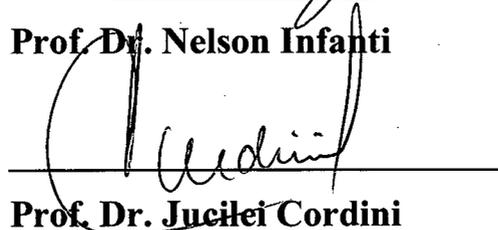
Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe



Profa. Dra. Regina Davison Dias



Prof. Dr. Nelson Infanti



Prof. Dr. Jucilei Cordini

Coordenador do CPGEC

Florianópolis, Junho de 2000

**Para: Gledes, Rafael e
Rita**

SUMÁRIO

<u>Agradecimentos</u>	v
<u>Resumo</u>	vi
<u>ABSTRACT</u>	viii
<u>Abreviações</u>	x
<u>Índice de Figuras</u>	xi
<u>Índice de Tabelas</u>	xiii
<u>1 INTRODUÇÃO</u>	1
<u>1.1 Justificativa</u>	1
<u>1.2 Objetivos</u>	3
<u>1.2.1 Objetivo Geral</u>	3
<u>1.2.2 Objetivos Específicos</u>	3
<u>2 METODOLOGIA</u>	4
<u>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</u>	6
<u>3.1 Clima e hidrologia</u>	6
<u>3.1.1 Precipitação</u>	7
<u>3.1.2 Evapotranspiração Potencial Anual</u>	7
<u>3.1.3 Excedente Hídrico</u>	8
<u>3.1.4 Deficiência Hídrica</u>	9
<u>3.1.5 Índice Hídrico</u>	9
<u>3.1.6 Ciclo Hidrológico</u>	10
<u>3.1.7 Balanço Hídrico</u>	12
<u>3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS</u>	13
<u>3.3 Geomorfologia</u>	13
<u>3.4 Vegetação</u>	14
<u>3.5 Geologia</u>	14
<u>3.5.1 Complexo Granulítico de Santa Catarina</u>	14
<u>3.5.2 Complexo Granito-Gnáissico</u>	15

3.5.3	<u>Complexo Metamórfico Brusque</u>	16
3.5.4	<u>Suíte Intrusiva Valsungana/Guabiruba</u>	18
3.5.5	<u>Suíte Intrusiva São Pedro de Alcântara</u>	18
3.5.6	<u>Suíte Intrusiva Pedras Grandes</u>	19
3.5.7	<u>Suíte Intrusiva Serra do Mar</u>	20
3.5.8	<u>Formação Queçaba</u>	21
3.5.9	<u>Grupo Itajaí</u>	21
3.5.10	<u>Grupo Campo Alegre</u>	22
3.5.11	<u>Formação Cambirela</u>	22
3.5.12	<u>GRupo Paraná - Devoniano</u>	23
3.5.12.1	<u>Formação Furnas</u>	23
3.5.12.2	<u>Formação Ponta Grossa</u>	23
3.5.13	<u>Super-Grupo Tubarão</u>	24
3.5.13.1	<u>Grupo Itararé</u>	24
3.5.13.1.1	<u>Formação Campo do Tenente</u>	24
3.5.13.1.2	<u>Formação Mafra</u>	25
3.5.13.1.3	<u>Formação Rio do Sul</u>	25
3.5.13.2	<u>Grupo Guatá</u>	26
3.5.13.2.1	<u>Formação Rio Bonito</u>	26
3.5.13.2.2	<u>Formação Palermo</u>	28
3.5.13.3	<u>Grupo Passa Dois</u>	29
3.5.13.3.1	<u>Formação Irati</u>	29
3.5.13.3.2	<u>Formação Serra Alta</u>	30
3.5.13.3.3	<u>Formação Terezina</u>	30
3.5.13.3.4	<u>Formação Rio do Rasto</u>	31
3.5.14	<u>Grupo São Bento</u>	32
3.5.14.1	<u>Formação Pirambóia-Botucatu</u>	32
3.5.14.2	<u>Formação Serra Geral</u>	33
3.5.15	<u>Rochas Alcalinas</u>	34
3.5.16	<u>Depósitos Cenozóicos</u>	36
4	<u>ÁGUAS MINERAIS</u>	37
4.1	<u>Conceitos Básicos de Hidrogeologia</u>	37
4.2	<u>Histórico</u>	40

4.3	<u>Legislação mineral relativa às águas minerais</u>	42
4.3.1	<u>Classificação das águas minerais</u>	43
4.3.1.1	<u>Quanto À Composição Química</u>	43
4.3.1.2	<u>Quanto aos Gases Dissolvidos</u>	45
4.3.1.3	<u>Quanto à Temperatura</u>	45
4.4	<u>Províncias Hidrogeológicas</u>	45
4.4.1	<u>Província Cristalina</u>	46
4.4.1.1	<u>Domínio Meridional</u>	48
4.4.1.1.1	<u>Descrição das Fontes</u>	51
4.4.1.2	<u>Domínio Central</u>	72
4.4.1.2.1	<u>Descrição das Fontes</u>	75
4.4.1.3	<u>Domínio Setentrional</u>	83
4.4.1.3.1	<u>Descrição das Fontes</u>	85
4.4.2	<u>Província Paleozóica</u>	88
4.4.2.1.1	<u>Descrição das Fontes</u>	93
4.4.3	<u>Província Mesozóica</u>	97
4.4.3.1	<u>Aqüífero Botucatu/Pirambóia</u>	97
4.4.3.1.1	<u>Descrição das Fontes</u>	98
4.4.3.2	<u>Aqüífero Serra Geral</u>	101
4.4.3.2.1	<u>Descrição das Fontes</u>	103
4.4.4	<u>Província Cenozóica</u>	109
4.5	<u>Hidroquímica</u>	111
4.5.1	<u>Água como substância química</u>	111
4.5.2	<u>Características Físicas</u>	112
4.5.2.1	<u>Temperatura</u>	112
4.5.2.2	<u>Cor</u>	113
4.5.2.3	<u>Odor e Sabor</u>	113
4.5.2.4	<u>Turbidez</u>	114
4.5.2.5	<u>Sólidos em Suspensão</u>	115
4.5.2.6	<u>Resíduo Seco (RS) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)</u>	115
4.5.2.7	<u>Condutividade Elétrica</u>	116
4.5.2.8	<u>Radioatividade</u>	117
4.5.3	<u>Características Químicas</u>	117

4.5.3.1	<u>Dureza</u>	117
4.5.3.2	<u>Alcalinidade</u>	119
4.5.3.3	<u>Potencial de Hidrogênio – pH</u>	119
4.5.3.4	<u>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</u>	120
4.5.3.5	<u>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</u>	121
4.5.3.6	<u>Principais Íons Dissolvidos</u>	121
4.5.3.6.1	<u>Principais Cátions</u>	121
4.5.3.6.2	<u>Principais Ânions</u>	127
4.5.3.7	<u>Principais Constituintes Secundários</u>	133
4.5.3.8	<u>Principais Contaminantes</u>	138
4.5.3.9	<u>Principais Gases Dissolvidos na Água</u>	146
4.5.4	<u>Mineralização das Águas Subterrâneas</u>	148
4.5.5	<u>Índices Hidrogeoquímicos – Razões Iônicas</u>	153
4.5.5.1	<u>Índice de Troca de Bases (itb) ou Índice de Desequilíbrio entre Cloretos e Alcalinos :</u>	160
4.5.6	<u>Relação entre geologia, litologia e composição das águas subterrâneas</u>	162
4.5.7	<u>Balanco iônico e cálculo do erro cometido nas análises químicas</u>	163
5	<u>VULNERABILIDADE DOS AQÜÍFEROS E RISCOS DE POLUIÇÃO</u>	165
5.1	<u>Áreas de Proteção</u>	168
6	<u>ASPECTOS ECONÔMICOS</u>	172
7	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	177
8	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA</u>	180
	<u>APÊNDICE 1 DADOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS MINERAIS</u>	193
	<u>APÊNDICE 2 PADRÕES DE POTABILIDADE</u>	199
	<u>APÊNDICE 3 POLIGONAIS DAS ÁREAS EM LAVRA (Dez/99)</u>	205
	<u>APÊNDICE 4 ÁREAS COM ALVARÁ DE PESQUISA (Dez/99)</u>	210

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas e diversos órgãos públicos, aos quais dirigimos nossos sinceros agradecimentos. Destacando-se em especial:

- Universidade Federal de Santa Catarina – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela oportunidade;
- Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Chefia do 11º Distrito, pela liberação dos dados relativos aos processos de água mineral, sem os quais este trabalho não teria sido possível;
- Profa. Dra. Glaci Trevisan Santos, pela orientação, apoio e revisão do trabalho;
- Prof. Dr. Carlos Loch, pelo estímulo para realização deste mestrado;
- Gerência de Geografia, Cartografia e Estatística da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul, pela liberação da base cartográfica em meio digital;
- Profa. Dra. Regina Davison Dias, pela liberação do equipamento de informática do Laboratório;
- Eng. Ms. Sandra Buzine Duarte, pelo auxílio na digitalização do mapa e pelas discussões relativas ao trabalho;
- Estagiário Klayton P. Martins, pelo auxílio na digitalização do mapa;
- Colegas do 11º Distrito do DNPM, pelo apoio em todas as etapas do trabalho;

RESUMO

A diversidade de ambientes geológicos aliada ao clima mesotérmico, com precipitações pluviométricas bem distribuídas ao longo de todo o ano, com deficiências hídricas nulas e bons índices de excedentes hídricos, conferem ao Estado de Santa Catarina um excelente potencial hídrico subterrâneo, com ocorrência de águas minerais de ótima qualidade, distribuídas nas mais diversas regiões.

Um mapa hidrogeológico preliminar, em meio digital, na escala 1:1.000.000, mostra a distribuição das 4 (quatro) províncias hidrogeológicas, sendo que três delas apresentam importância diferenciada com relação à água mineral. A Província Cristalina, considerada a principal, foi subdividida nos domínios Meridional (o mais notável, tanto pelo número de fontes quanto pela natureza de suas águas); Central e Setentrional. A Província Paleozóica, representada por um grande número de formações aquíferas, apresenta um pequeno número de fontes hidrominerais associadas e a Província Mesozóica, formada pelos aquíferos Botucatu/Pirambóia e Serra Geral. O aquífero Botucatu/Pirambóia destaca-se por apresentar excelentes vazões e água de boa qualidade, especialmente, quando confinado. No Aquífero Serra Geral destacam-se diversas fontes hidrotermais, de importância no setor de balneários.

O estudo hidroquímico realizado, com base nas análises oficiais relativas às áreas em lavra ou em fase final de pesquisa permitiu identificar as águas minerais do Domínio Meridional, em sua ampla maioria, como bicarbonatadas sódicas, com apenas duas exceções (águas cloretadas sódicas). Já no Domínio Central, verifica-se uma maior heterogeneidade, ocorrendo águas bicarbonatadas sódicas, cálcicas e magnesianas. Na Província Paleozóica o pequeno número de fontes, aliado a dificuldade de identificação da formação aquífera, os dados hidroquímicos não são conclusivos. No Aquífero Botucatu-Pirambóia, as duas fontes relacionadas, apresentam características químicas similares (águas bicarbonatadas sódicas), apesar de apresentarem comportamento hidrogeológico muito diferente, sendo uma confinada e outra livre. No Aquífero Serra Geral dominam as águas sulfatadas sódicas, com ocorrência de águas cloretadas e bicarbonatadas.

De modo geral, foi possível identificar uma vinculação entre o ambiente geológico/hidrogeológico e as características físico-químicas das águas minerais. Numa análise preliminar da vulnerabilidade natural das fontes hidrominerais, pode-se considerar como de grau médio a alto na Província Cristalina e no Aquífero Serra Geral,

em função da predominância de aquíferos fissurais e livres; baixo no Aquífero Botucatu/Pirambóia, quando confinado e alto, quando livre. Na Província Paleozóica, quando confinada, a vulnerabilidade é considerada baixa. Com relação aos riscos de contaminação, há uma estreita relação entre a vulnerabilidade natural e a carga contaminante aplicada.

A importância econômica das águas minerais está marcada pelo grande interesse verificado nos últimos anos, com o requerimento em Santa Catarina, até o final de 1999, de cerca de 450 áreas para pesquisa mineral, bem como, pelo notável desenvolvimento alcançado pelo setor na última década, especialmente no segmento de águas engarrafadas.

ABSTRACT

The diversity of geological environments along with the mesothermic climate, with precipitation as rainfall well distributed throughout the year, with no water shortages and good indices for an excesses of water, confirm for the state of Santa Catarina an excellent groundwater potential, with the occurrence of good quality mineral water, distributed through the most diverse regions.

A preliminary hydrogeological digital map, in the scale of 1:1,000,000, shows the distribution of the 4 (four) hydrogeological provinces, three of them presenting varied importance in relation to mineral water. The Cristalina Province, considered the principal one, was subdivided into the domains Meridional (the most notable, as much for the number of springs as for the nature of its waters); Central and Meridional. The Paleozóica Province, represented by a great number of aquifer formations, presents a small number of associated hydromineral springs and the Mesozóica Province is formed by the Botucatu/Pirambóia and Serra Geral aquifers. The Botucatu/Pirambóia Aquifer stands out since it presents excellent outflows and good quality water, especially, when confined. In the Serra Geral Aquifer the diversity of hydrothermal springs stand out, with importance in the spa sector.

The hydrochemical study carried out, based on official analyses relating to worked areas or those in the final research phase, allowed the identification of mineral waters in the Meridional Domain, the vast majority as sodium bicarbonate, with only two exceptions (sodium chlorate waters). Already in the Central Domain, a greater heterogeneity has been verified, with sodium, calcium and magnesium bicarbonate waters occurring. In the Paleozóica Province, given the small number of springs along with the difficulty in identifying aquifer formation, the hydrochemical data are not conclusive. In the Botucatu/Pirambóia Aquifer, the two reported springs, present similar chemical characteristics (sodium bicarbonate waters), in spite of the enormous hydrogeological differences, one being confined and the other open. In the Serra Geral Aquifer, sodium sulphate waters predominate, with bicarbonate and chlorate waters occurring.

In general, it was possible to identify a link between the geological/hydrogeological environment and the physico-chemical characteristics of the mineral waters. In a preliminary analysis of the natural vulnerability of hydromineral

springs, levels could be considered as medium to high in the Cristalina Province and in the Serra Geral Aquifer, due to the predominance of aquifer fissures and openings; low in the Botucatu/Pirambóia Aquifer, when confined and high when open. In the Paleozóica Province, when confined, the vulnerability is considered low. In relation to the risks of contamination, there is a direct relationship between natural vulnerability and the contamination load applied.

The economic importance of the mineral waters is marked by the great interest verified in recent years, with the request in Santa Catarina, up to the end of 1999, of around 450 areas for mineral research, and also by the notable development achieved by the sector in the last decade, especially in the bottle water industry.

ABREVIACÕES

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.

GAPLAN – Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral.

A.N.V.S. – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

M.a. – Milhões de anos.

NE – Nível Estático.

ND – Nível Dinâmico.

T – Transmissividade.

Q – Vazão.

s – Rebaixamento de nível.

S – Coeficiente de Armazenamento.

K – Coeficiente de Permeabilidade.

Q/s – Capacidade Específica.

s/Q – Rebaixamento Específico.

K_1 – Constante de transformação de mg/L para miliequivalente por litro

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Distribuição da Água no Planeta.</i>	10
<i>Figura 2 - Representação esquemática dos tipos de aquíferos (FEITOSA 1997).</i>	38
<i>Figura 3 - Diagramas de Piper do Domínio Meridional.</i>	49
<i>Figura 4 - Diagrama de Schoeller do Domínio Meridional.</i>	50
<i>Figura 5- Diagrama Wilcox do Domínio Meridional.</i>	50
<i>Figura 6 - Diagrama de Stiff. Caldas 1 e 2.</i>	52
<i>Figura 7 - Diagrama Stiff. Fonte Plaza.</i>	53
<i>Figura 8 – Stiff. Fonte Águas Mornas 2.</i>	54
<i>Figura 9 - Diagrama Stiff. Fonte Chuá.</i>	55
<i>Figura 10 - Diagrama Stiff. Fonte Crystal.</i>	56
<i>Figura 11 - Diagrama Stiff. Fonte Baden-Baden.</i>	57
<i>Figura 12 - Diagrama Stiff. Fonte Santa Catarina.</i>	58
<i>Figura 13 - Diagrama Stiff da Fonte Verani.</i>	59
<i>Figura 14 - Diagrama Stiff. Fontes do Sul.</i>	60
<i>Figura 15- Diagrama Stiff. Fonte Nadia Amin.</i>	61
<i>Figura 16 - Diagrama Stiff. Fonte Gravatal.</i>	62
<i>Figura 17 - Diagrama Stiff. Fonte Santa Terezinha.</i>	63
<i>Figura 18 - Diagrama Stiff. Fonte Guarda 1.</i>	64
<i>Figura 19- Diagrama Stiff. Fonte Rio do Pouso.</i>	65
<i>Figura 20 - Diagrama Stiff. Fonte São Pedro.</i>	67
<i>Figura 21 - Diagrama Stiff. Fonte Urcá</i>	68
<i>Figura 22 - Diagrama Stiff. Fonte Minerali 1.</i>	69
<i>Figura 23- Diagrama Stiff. Fonte São Bonifácio 1.</i>	70
<i>Figura 24- Diagrama Stiff. Santa Rosa de Lima 1.</i>	71
<i>Figura 25- Diagrama Stiff. Santa Rosa de Lima 2.</i>	71
<i>Figura 26 - Diagrama de Piper do Domínio Central.</i>	73
<i>Figura 27 – Diagrama de Schoeller do Domio Central.</i>	74
<i>Figura 28- Diagrama de Wilcox do Domínio Central.</i>	74
<i>Figura 29- Diagrama Stiff. Fonte Agostinho.</i>	75
<i>Figura 30- Diagrama Stiff. Fonte Atalaia.</i>	76
<i>Figura 31 - Diagrama Stiff. Fonte São Marcos.</i>	78
<i>Figura 32- Diagrama Stiff. Fonte Canhanduba.</i>	79

<i>Figura 33- Diagrama Stiff. Fonte Brilhante.</i>	80
<i>Figura 34- Diagrama Stiff. Fonte Santa Luzia.</i>	81
<i>Figura 35- Diagrama Stiff. Fonte Limeira I</i>	82
<i>Figura 36- Diagrama Stiff. Fonte Nova Trento</i>	83
<i>Figura 37- Diagrama Piper do Domínio Setentrional</i>	84
<i>Figura 38- Diagrama Schoeller do Domínio Setentrional.</i>	85
<i>Figura 39- Diagrama de Stiff da Fonte Carolina - Alfa</i>	86
<i>Figura 40- Diagrama de Stiff da Fonte Carolina- Beta</i>	86
<i>Figura 41- Diagrama de Stiff. Fonte Itinga</i>	87
<i>Figura 42- Diagrama Piper das Províncias Paleozóica e Mesozóica</i>	91
<i>Figura 43- Diagrama de Schoeller das Províncias Paleozóica e Mesozóica</i>	92
<i>Figura 44- Diagrama de Wilcox das Províncias Paleozóica e Mesozóica</i>	92
<i>Figura 45 - Diagrama de Stiff. São João do Sul.</i>	94
<i>Figura 46 - Diagrama de Stiff. Doble "W".</i>	95
<i>Figura 47- Diagrama de Stiff. Braço do Trombudo</i>	97
<i>Figura 48- Diagrama Stiff. Fonte Ávila.</i>	99
<i>Figura 49- Diagrama Stiff. Piratuba</i>	101
<i>Figura 50- Diagrama de Stiff. Fonte Santa Rita</i>	105
<i>Figura 51- Diagrama de Stiff. Fonte São Gerônimo</i>	106
<i>Figura 52 - Diagrama de Stiff. Ilha Redonda</i>	108
<i>Figura 53 - Diagrama de Stiff. Fonte Fahdu</i>	109

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Dados comparativos de umidade e tipos climáticos no Estado de Santa Catarina, com base nas 27 estações meteorológicas (GAPLAN, 1986).</i>	7
<i>Tabela 2 - Precipitação mensal e anual em mm (GAPLAN, 1986).</i>	8
<i>Tabela 3 - Evapotranspiração mensal e anual em mm (GAPLAN, 1986).</i>	9
<i>Tabela 4 - Síntese da rede hidrográfica do Estado (GAPLAN, 1986).</i>	13
<i>Tabela 5 - Domínios Morfoestruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas.</i>	14
<i>Tabela 6 - Características principais de 66 poços na Sub-Província Cristalina.</i>	47
<i>Tabela 7 - Principais Características Físico-Químicas das Águas Minerais do Domínio Meridional.</i>	48
<i>Tabela 8 - Parâmetros hidráulicos disponíveis. Caldas da Imperatriz.</i>	52
<i>Tabela 9- Características hidráulicas das captações. Águas Mornas.</i>	54
<i>Tabela 10 - Características construtivas do poço. Crystal.</i>	56
<i>Tabela 11 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Crystal.</i>	56
<i>Tabela 12 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Baden-Baden.</i>	57
<i>Tabela 13 - Principais características construtivas do poço. Nadia Amin.</i>	60
<i>Tabela 14 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Nádia Amin.</i>	61
<i>Tabela 15 - Principais parâmetros das fontes. Santo Anjo da Guarda.</i>	64
<i>Tabela 16 - Características principais do poço. Rio do Pouso.</i>	65
<i>Tabela 17 - Principais parâmetros da água mineral ao longo do tempo. São Pedro.</i>	66
<i>Tabela 18 - Concentração iônica (g/l) em diversos períodos. São Pedro.</i>	66
<i>Tabela 19 - Perfil do poço 132. São Pedro.</i>	66
<i>Tabela 20 - Características construtivas do poço tubular. Urca.</i>	67
<i>Tabela 21 - Perfil descritivo do poço tubular. Urca.</i>	67
<i>Tabela 22 - Características construtivas dos poços tubulares. Minerale.</i>	68
<i>Tabela 23 - Principais características hidráulicas - P1. Minerale.</i>	68
<i>Tabela 24 - Principais características hidráulicas - P2. Minerale.</i>	68
<i>Tabela 25 - Principais características dos poços tubulares. Santo Rosa de Lima.</i>	70
<i>Tabela 26 - Principais Características Físico-Químicas das Águas Minerais do Domínio Central.</i>	72
<i>Tabela 27- Principais características construtivas do poço. Atalaia.</i>	76
<i>Tabela 28 - Principais características construtivas do poço P1. São Marcos.</i>	77
<i>Tabela 29- Principais parâmetros hidráulicos de P1. São Marcos.</i>	77

<i>Tabela 30- Principais parâmetros hidráulicos do poço. Canhanduba.</i>	78
<i>Tabela 31- Características construtivas do poço. Santa Luzia.</i>	80
<i>Tabela 32 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Santa Luzia.</i>	80
<i>Tabela 33 - Características construtivas do poço. Nova Trenta.</i>	82
<i>Tabela 34 - Principais características hidráulicas da Fonte Beta. Carolina.</i>	86
<i>Tabela 35 -Características principais do aquífero Rio Bonito na região de Siderópolis:</i>	89
<i>Tabela 36 - Principais características dos poços do Grupo Itararé</i>	89
<i>Tabela 37 - Principais características dos poços do Grupo Passa Dois:</i>	90
<i>Tabela 38 - Perfil esquemático do poço: São João do Sul.</i>	93
<i>Tabela 39 - Parâmetros hidráulicos do poço. São João do Sul</i>	93
<i>Tabela 40- Principais parâmetros físico-químicos. São João do Sul.</i>	93
<i>Tabela 41- Características construtivas do poço. Doble "W"</i>	94
<i>Tabela 42 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Doble "W".</i>	94
<i>Tabela 43 - Coluna Geológica da Sondagem nº65. São Jorge.</i>	95
<i>Tabela 44 -Principais parâmetros físico-químicos. Braço do Trombudo.</i>	97
<i>Tabela 45 - Características construtivas do poço tubular. Ávila</i>	99
<i>Tabela 46- Principais parâmetros hidráulicos do poço. Ávila.</i>	99
<i>Tabela 47- Principais parâmetros físico-químicos da água. Ávila.</i>	99
<i>Tabela 48- Síntese da estratigrafia interceptada pelo furo 2 PI -1 – SC:</i>	100
<i>Tabela 49- Principais parâmetros físico-químicos. Piratuba.</i>	101
<i>Tabela 50 - Principais parâmetros físico-químicos (DNPM, 1958). Águas de Chapecó.</i>	104
<i>Tabela 51 -Principais parâmetros físico-químicos. Fonte Santa Rita</i>	105
<i>Tabela 52 - Principais parâmetros físico-químicos. Fonte São Gerônimo</i>	106
<i>Tabela 53 - Características construtivas do poço tubular. Ilha Redonda.</i>	107
<i>Tabela 54- Perfil descritivo do poço tubular. Ilha Redonda.</i>	107
<i>Tabela 55- Principais características físico-químicas das fontes. Ilha Redonda.</i>	107
<i>Tabela 56 -Características construtivas do poço tubular. Fahdu.</i>	108
<i>Tabela 57 -Principais características hidráulicas do poço tubular. Fahdu.</i>	108
<i>Tabela 58- Principais características hidráulicas do "Aqüífero Campeche".</i>	110
<i>Tabela 59 -Classificação segundo LOGAN (1965):</i>	118
<i>Tabela 60 - Classificação segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (1983)</i>	118
<i>Tabela 61- Concentração de Fluor em função da temperatura ambiente:</i>	137

<i>Tabela 62 - Razão Iônica Mg⁺⁺ / Ca⁺⁺.</i>	155
<i>Tabela 63 - Razão Iônica K⁺ / Na⁺</i>	156
<i>Tabela 64 - Razão Iônica K⁺ / Na⁺</i>	157
<i>Tabela 65 - Razão Iônica Cl / HCO₃</i>	158
<i>Tabela 66 - Índices hidroquímicos F, SO₄ e razão iônica Cl / SO₄</i>	159
<i>Tabela 67 - Índices hidroquímicos F, SO₄ e razão iônica Cl / SO₄</i>	160
<i>Tabela 68 - Índice de Troca de Bases - itb</i>	161
<i>Tabela 69-Relação entre o erro admissível e a condutividade elétrica</i>	163
<i>Tabela 70-.Erro Permitido(LOGAN, 1965)</i>	163
<i>Tabela 71- Erro Percentual</i>	164
<i>Tabela 72 - Principais países consumidores de água mineral:</i>	172
<i>Tabela 73 - Principais produtores nacionais de água mineral e potável de mesa</i>	173
<i>Tabela 74- Produção de Água Mineral em Santa Catarina</i>	174
<i>Tabela 75- Produção de Água Mineral em Santa Catarina</i>	175
<i>Tabela 76 - Relação dos Balneários no Estado</i>	175

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A água é uma das substâncias de maior importância para a manutenção da vida humana. É mais importante que o alimento, visto que uma pessoa pode passar sem água apenas cerca de setenta e duas horas, enquanto que, sem alimento, até mais de trinta dias.

Dentre os recursos naturais, a água a cada dia adquire maior importância para a sociedade, sendo hoje considerada um fator de equilíbrio entre os povos. Entretanto, o crescimento populacional, o desenvolvimento industrial, agrícola e energético, aliados aos fatores da natureza (secas, inundações) são alguns dos fatores que interferem drasticamente na qualidade e quantidade da água disponível para o consumo humano, comprometendo seriamente os sistemas de abastecimento das populações.

A deficiência dos sistemas de abastecimento de água - tanto em quantidade como em qualidade - especialmente em regiões de alta densidade demográfica, foi o fator que mais contribuiu para o aumento da indústria de água mineral no Brasil, elevando a produção brasileira de águas minerais de cerca de 70 milhões de litros na década de 1960, para uma produção de em torno de 2,5 bilhões de litros em 1998, com um consumo percapita médio de 15 litros/ano.

A situação de Santa Catarina não difere do restante do país. O Estado, que contava até o início dos anos noventa, com apenas cinco empresas engarrafadoras de água mineral, passou já em 1999 a contar com doze empresas engarrafadoras, além de diversos balneários.

Todo esse interesse nas águas minerais se traduz, também, pelo aumento do número de processos que pleiteiam o direito de explorar água mineral no Estado, estando catalogados no 11^o Distrito do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, até o final de 1999, cerca de 450 processos.

Esse crescimento da demanda por áreas para pesquisa e exploração de água mineral ocorre, entretanto, sem um pleno conhecimento dos diversos aspectos relacionados com o setor, o que ocasiona o insucesso da ampla maioria dos empreendimentos.

Dentre as diversas causas responsáveis pelo crescimento extraordinário da procura por novas áreas como, também, pela falta de resultados positivos, destacam-se:

- desconhecimento da legislação mineral do país;
- falta de informações relativas às águas minerais;
- deficiência de bibliografia especializada no assunto;
- inexistência de mapeamentos hidrogeológicos e bancos de dados no Estado;
- desconhecimento do mercado.

Assim, a proposta básica deste estudo é apresentar uma visão ampla sobre as águas minerais no Estado, catalogando todas as áreas tituladas no DNPM e enquadrando-as dentro de um contexto hidrogeológico.

O presente estudo insere-se nos objetivos do “Cadastro Técnico Multifinalitário” (CTM), pois, como define LOCH (1990), o cadastro é um registro de dados, apoiado numa base cartográfica que identifica ou caracteriza uma área de interesse, que além de atender as necessidades informacionais e legais das propriedades, deve também servir como um banco de dados a todos os órgãos governamentais e de trabalhos que necessitem de informações precisas.

Para BREIJIN (1985), o planejamento rural e urbano necessita de um sistema de mapeamento para coleta e manipulação de informações espaciais e topográficas atualizadas. A maioria dos processos de planejamento se inicia com a produção e um mapa base, ou com a revisão de uma carta topográfica desatualizada, que levam à criação dos diversos mapas temáticos. O resultado final do planejamento depende do controle sobre a manipulação dos dados espaciais coletados, especialmente, quando a qualidade e representatividade dos dados de entrada no sistema são baixos.

LABASSE (1972) destaca que, para o estudo do espaço geográfico, faz-se necessário a realização de um inventário sobre os recursos existentes no território, tais como: distribuição de populações, recursos minerais, solos, clima, etc.

Segundo BLACHUT (1979), para bem administrar um país, estado ou município, deve-se promover um rigoroso conhecimento dos fatores que envolvem o uso e ocupação da terra, a propriedade, as condições em

que o homem vive na terra, suas atividades e o meio ambiente. Todas essas atividades estão compreendidas no “Cadastro Técnico Multifinalitário”, que deve ser executado por equipes multidisciplinares.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma abordagem hidrogeológica das águas minerais catalogadas no DNPM do Estado de Santa Catarina, representando-as sobre um mapa, em meio digital, com saída indicada na escala 1:1.000.000

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir as águas minerais à luz da legislação brasileira;
- Catalogar as áreas tituladas para água mineral em forma de banco de dados associado a um sistema de informações geográficas;
- Realizar uma análise hidrogeológica das fontes e poços de água mineral, a partir de informações cadastradas no DNPM;
- Efetuar um estudo hidroquímico das águas minerais;
- Enquadrar as águas minerais no contexto hidrogeológico do Estado;
- Classificar as águas minerais segundo critérios químicos;
- Apresentar uma avaliação preliminar da vulnerabilidade dos aquíferos hidrominerais do Estado.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido a partir dos dados catalogados nos processos de água mineral registrados no 11º Distrito do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

Das cerca de 450 (quatrocentos e cinquenta) áreas cadastradas pelo DNPM, 245 (duzentos e quarenta e cinco) que, possuem Alvará de Pesquisa e Portaria de Lavra, foram plotadas sobre um mapa hidrogeológico preliminar, na escala 1:1.000.000, que serviu como mapa base.

As unidades hidrogeológicas (províncias e domínios), representadas de forma esquemática, tiveram como ponto de partida o “Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina”, na escala 1:1.000.000 do GAPLAN (1986), convertido para meio digital na Diretoria de Geografia, Cartografia e Estatística da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul.

No banco de dados do DNPM, as áreas cadastradas estão referenciadas a um “ponto de amarração (PA)”, com coordenadas geográficas definidas. O primeiro vértice de cada poligonal é amarrado ao PA através de um vetor de amarração, com comprimento e rumo verdadeiro definido. A poligonal é delimitada por segmentos de retas com comprimentos, em metros e rumos norte, sul, leste e oeste. Exceções na definição das poligonais ocorrem quando são representados os títulos definidos como “Manifesto de Mina”, regime vigente no Código de Minas de 1940, ou áreas limítrofes com licenciamentos em leitos de rios, limites de parques e demais áreas bloqueadas.

Para adaptar os dados do DNPM, de maneira a permitir trabalhar com o sistema “Arc View”, as coordenadas geográficas foram convertidas para o sistema de coordenadas UTM através do “software” desenvolvido pelo Prof. Jürgen Philips.

Ao mapa hidrogeológico foi associado um banco de dados contendo informações referentes ao memorial descritivo das áreas tituladas no DNPM, tais como: descrição da poligonal, área em metros

quadrados, localidade, município e titular da autorização de pesquisa. Nas áreas com Portaria de Lavra podem ser visualizadas, também, informações relativas à classificação oficial da água mineral e a empresa titular. Em algumas áreas, representantes de cada uma das unidades hidrogeológicas cartografadas, foram também adicionadas informações relativas à classificação química da água.

Das áreas catalogadas, foram selecionadas para análise dos parâmetros físico-químicos aquelas que detêm Portaria de Lavra ou encontram-se em fase final de pesquisa. Os parâmetros utilizados neste estudo foram extraídos dos estudos "in loco" e análises oficiais realizadas pelo Laboratório de Análises Mineraias - LAMIN, da Companhia de Pesquisa de Recursos Mineraias - CPRM, laboratório oficial do DNPM, que utiliza, como método, os parâmetros da Standard Methods of Analises.

O tratamento químico dos dados foi realizado com o auxílio do "software" Ground Watter For Windows - GWW distribuído pela FAO - ONU. Foram utilizados os diagramas de Piper, Schoeller, Wilcox e Stiff para representação dos cátions e ânions principais.

Os aspectos mais importantes na delimitação das unidades hidrogeológicas foram as associações lito-estruturais e suas relações com as águas subterrâneas. Diversas unidades geológicas, definidas nos mapas geológicos do Estado de Santa Catarina, foram agrupadas em províncias hidrogeológicas. Estas, por sua vez, foram subdivididas em domínios e sistemas aquíferos.

As rochas mais antigas, ígneas e metamórficas, que predominam no leste do Estado, foram reunidas sob a denominação de Província Cristalina. Esta, por sua vez, foi dividida em três domínios: meridional, central e setentrional. A seqüência de rochas sedimentares paleozóicas foi reunida sob a denominação de Província Paleozóica. As formações Pirambóia/Botucatu e Serra Geral, foram agrupadas na Província Mesozóica. Os sedimentos recentes, na Província Cenozóica.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 CLIMA E HIDROLOGIA

Os dados apresentados neste trabalho, referentes ao clima, foram extraídos do “Atlas de Santa Catarina”, publicado pelo GAPLAN – Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral (1986), com base em vinte e sete estações meteorológicas, fornecendo os dados relativos à distribuição das precipitações, temperaturas médias e evapotranspiração potencial ao longo do ano.

A classificação climática de THORNTWAITE (1948), apud GAPLAN (1986) é baseada numa série de índices: o hídrico (Im), o da evapotranspiração potencial anual (EP), o da aridez (Ia) e a concentração de verão de evapotranspiração potencial.

Com base nestes índices, segundo o GAPLAN (1986), o Estado de Santa Catarina apresenta um clima mesotérmico, com precipitações distribuídas por todo o ano, apresentando, na sua quase totalidade, deficiências hídricas nulas e bons índices de excedentes hídricos.

O clima de uma região é definido pela atuação dos seguintes fatores: radiação solar, latitude, continentalidade, massas de ar e correntes oceânicas. Esses fatores condicionam os elementos climáticos, tais como: temperatura, precipitação, umidade do ar e pressão atmosférica, os quais, por sua vez, definirão os tipos climáticos.

O território catarinense evidencia características subtropicais quanto a temperatura. Os valores variam de um mínimo de 13,0 °C na estação meteorológica de São Joaquim, a um máximo de 21,8 °C na estação meteorológica de Itajaí.

A tabela 1 mostra os dados comparativos de umidade e tipos climáticos no Estado de Santa Catarina, com base em vinte e sete estações meteorológicas, segundo o GAPLAN (1986).

Tabela 1 - Dados comparativos de umidade e tipos climáticos no Estado de Santa Catarina, com base nas 27 estações metereológicas (GAPLAN,1986).

Estação	E.P.	E.P.% C.Verão	Precip.	Exced. Hídrico	Defic. Hídrica	% Exc. Hídrico	% Def. Hídrica	Índice Hídrico	Tipo climático
1	1077	41,7	2171	1093	0	101,4	0	101,5	AB'4 ra'
2	869	37,0	1823	954	0	109,0	0	109,7	AB'3 ra'
3	828	39,3	1974	1144	0	138,1	0	138,2	AB'3 ra'
4	887	38,1	2257	1370	0	154,4	0	154,4	AB'3 ra'
5	759	38,0	1710	950	0	125,1	0	125,2	AB'2 ra'
6	732	37,2	16,85	952	0	130,0	0	130,1	AB'2 ra'
7	770	38,0	2373	1602	0	208,0	0	208,1	AB'2 ra'
8	671	37,4	1561	889	0	132,4	0	132,1	AB'1 ra'
9	926	38,5	1809	882	0	95,2	0	95,2	B4B'3 ra'
10	802	38,2	1533	730	0	91,0	0	91,0	B4B'3 ra'
11	881	36,3	1766	884	0	100,3	0	100,3	B4B'3 ra'
12	885	38,3	1637	781	0	91,3	0	91,3	B4B'3 ra'
13	954	36,6	1875	919	0	96,3	0	96,3	B4B'3 ra'
14	766	36,8	1406	639	0	83,4	0	83,4	B4B'2 ra'
15	746	36,1	1408	662	0	88,7	0	88,7	B4B'2 ra'
16	706	38,1	1370	663	0	93,9	0	93,9	B4B'1 ra'
17	915	38,1	1495	579	0	63,2	0	63,2	B3B'3 ra'
18	969	38,5	1659	689	0	71,7	0	71,7	B3B'3 ra'
19	860	39,3	1530	669	0	77,7	0	77,7	B3B'3 ra'
20	889	39,2	1475	585	0	65,8	0	65,8	B3B'3 ra'
21	786	37,5	1373	587	0	74,5	0	74,7	B3B'3 ra'
22	956	38,7	1456	499	0	52,1	0	52,2	B2B'3 ra'
23	958	37,6	1406	446	0	46,5	0	46,6	B2B'3 ra'
24	841	38,2	1235	406	13	48,2	1,55	47,3	B2B'3 ra'
25	911	37,2	1387	476	1	52,2	0,11	52,2	B2B'3 ra'
26	1080	38,9	1416	348	13	32,2	1,20	31,5	B1B'4 ra'
27	886	38,4	1219	336	3	37,9	0,34	37,7	B1B'3 ra'

Nota: 1-Joinville; 2-Chapécó; 3-Herval d'Oeste; 4-São Miguel do Oeste; 5-Campos Novos; 6-Curitibanos; 7-Xanxerê; 8-São Joaquim; 9-Brusque; 10-Caçador; 11-Inenópolis; 12-Queçaba; 13-São Francisco do Sul; 14-Campo Alegre; 15-Lages; 16-Urubici; 17-Camboriú; 18-Indaial; 19-Orleães; 20-Urussanga; 21-Porto União; 22-Blumenau; 23-Florianópolis; 24-Imbituba; 25-Laguna; 26-Itajaí; 27-Aranguá.

3.1.1 PRECIPITAÇÃO

Segundo o GAPLAN (1986), as isoietas de maior valor aparecem no oeste do Estado, com um declínio em direção ao rio do Peixe, contornando, respectivamente pelos valores de 2.400 mm, 2.000 mm, 1.800 mm e 1.600 mm.

As isoietas extremas ocorrem na região litorânea sul, com valor dado pela estação de Aranguá, com 1.219 mm e máxima dada pela estação de Xanxerê, com 2.373 mm.

No geral, a pluviosidade está bem distribuída em todo o território catarinense, devido à influência do relevo, da massa de ar atlântica e da massa tropical atlântica que, por sua constância, fazem com que não ocorram estações chuvosas e secas. Os totais mensais e o total anual da precipitação no Estado estão representados na Tabela 2.

3.1.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ANUAL

A Tabela 3 indica os valores da evapotranspiração potencial do Estado de Santa Catarina, mostrando uma distribuição com relativa igualdade, com máximos em torno de 1.000 mm no nordeste do Estado (Joinville, Itajaí, Camboriú) a um mínimo na região de Lages (746 mm) e São Joaquim (671 mm).

Tabela 2 - Precipitação mensal e anual em mm (GAPLAN, 1986).

Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Julh.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	TOT. An.
Araranguá	128	133,7	123,5	91,8	66,7	83	74,9	103,6	138,2	109,5	88	78,5	1219,4
Blumenau	191,9	182,5	133,9	102,9	93,8	108,2	63,4	97,4	122,4	127,1	106	126,6	1456,6
Brusque	227	203,6	170,1	133,4	124,3	119,8	78,9	121,2	155,1	163,5	157,5	154,4	1808,8
Caçador	148	150,9	141,9	97	89	121,3	89,8	135,7	166	147,7	107,8	137,8	1533,3
Camboriú	184,4	175	114,6	175,4	85,2	76,4	86,5	82,8	117,2	100,9	136,3	160,3	1495
Campo Alegre	189,3	137,9	122,5	90,9	111,1	95,8	57,9	89,3	115,7	141,8	113,6	140	1404,9
Campos Novos	161,7	142,7	135,7	141,4	123,6	149,7	130,9	138,4	172,6	172,1	105	136,3	1710,1
Chapecó	262,5	135	115,4	87,3	119,2	153,5	111,7	162,6	155,2	221,4	167,3	204,6	1823,9
Curitibanos	171	136,3	141,1	117,4	124,4	155,9	99	139,6	166,5	161,9	135	136,7	1684,6
Florianópolis	164	168,4	145,5	123,3	96,6	84,4	79,1	90,7	108,6	117,1	112,9	114,9	1405,5
Herval d'Oeste	215,5	139,6	129	153,2	143,2	189,4	102,7	168,8	203,1	249,7	118	161,3	1973,5
Imbituba	138,8	75,3	123,9	53,8	113,3	125,6	63,3	136,1	114,1	151	72,7	66,9	1234,8
Indaial	217,7	171	187,2	101,1	58,7	116,9	114,5	155,4	141,8	121,5	106,9	166,7	1659,4
Iriepópolis	204,6	243	209,1	136,5	113	101,5	83,8	103,8	139	160	131,5	140,2	1766
Itajaí	188,7	160,1	153	98,8	142,3	73,5	52,4	90,7	109,8	169,2	98,4	78,6	1415,5
Joinville	262,4	315	229,2	196,3	125	105,8	99,3	94,3	178,2	216,8	176,2	172	2170,5
Lages	147	138,7	118	98,1	87,8	96,3	89,8	129,4	143,4	141,8	99,5	118,5	1408,3
Laguna	116,8	104,4	147,9	124,5	95,7	94,6	92,4	118,9	143,8	125,6	98,2	88,7	1387,5
Orleães	183,1	225,4	147,5	97,2	86	79,8	83,8	134,1	139,7	127,3	102,8	123,3	1530
Porto União	134,7	139,8	119,1	91,2	92,4	102,1	86,3	96,9	128,4	132,3	110,2	140	1373,4
Quecaba	264,8	207,8	175,6	98,9	83,7	105,3	71,9	107,3	142,5	127,1	124,6	127,3	1636,8
S. Francisco do Sul	251,4	284,8	235,7	150,9	126,1	93,5	75,9	96,1	138,8	154,4	127,8	139,1	1874,7
São Joaquim	155,3	158,6	127,9	100,8	83,5	116,8	107,2	172,6	189,9	140,2	98,8	109,5	1561,1
S. Miguel do Oeste	254,4	198,3	189,5	169,8	149,5	203,7	53,7	222,5	164,2	244,5	192,6	215,4	2257,9
Urubici	196,5	98,4	87,4	94,1	124,1	173,5	64,4	77,6	145,4	96,4	112	100,3	1370,5
Urussanga	183,6	203,7	160,1	104,1	80,1	80,4	79	103,3	134,8	120,5	107,1	118,2	1474,9
Xanxerê	234,3	208,9	190,9	178,2	179,8	220,5	162,9	194,5	223,2	235,8	157,2	187,1	2373,3

3.1.3 EXCEDENTE HÍDRICO

Os excedentes hídricos obtidos através do cálculo do balanço hídrico, representam a fração supérflua de água da chuva, que atravessa a zona das raízes no solo, quando o teor de umidade do solo está acima da capacidade de campo, indo constituir as reservas de águas subterrâneas e alimentam as nascentes dos rios.

As isoietas máximas (1.400 mm) ocorrem no oeste do Estado e as mínimas no litoral sul (400 mm), que contorna Itajaí (348 mm) e Araranguá (336 mm).

Os excedentes hídricos sofrem uma diminuição gradual de oeste para leste, bem como de norte para sul (GAPLAN, 1986).

Tabela 3 - Evapotranspiração mensal e anual em mm(GAPLAN, 1986).

Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	ANO
Araranguá	119	113	99	69	49	38	35	41	52	69	89	109	886
Blumenau	129	122	101	81	53	39	37	44	56	73	96	119	956
Brusque	125	119	102	77	51	38	36	43	54	71	90	113	926
Caçador	108	101	83	59	40	32	32	40	54	68	84	98	802
Camboriú	121	118	101	74	51	40	36	42	55	72	91	110	915
Campo Alegre	99	92	83	63	43	36	32	40	47	61	75	91	766
Campos Novos	104	91	80	55	40	34	33	38	48	61	77	94	759
Chapecó	116	100	91	63	44	31	38	49	60	73	94	106	869
Curitibanos	95	88	77	58	39	31	30	38	46	59	75	90	732
Florianópolis	128	121	108	79	59	45	41	46	55	70	89	112	958
Herval d'Oeste	113	104	89	60	41	34	29	36	50	69	88	109	829
Imbituba	113	106	96	76	53	39	32	36	46	62	74	103	841
Indaial	130	126	109	77	54	39	39	47	59	72	93	118	969
Iriepópolis	117	11	98	72	52	42	37	43	55	70	88	92	881
Itajaí	147	140	120	94	58	44	41	50	60	80	105	134	1080
Joinville	161	153	119	83	46	34	36	40	59	89	116	136	1077
Lages	101	94	80	56	40	30	28	37	49	62	87	75	746
Laguna	121	116	103	76	55	43	40	44	53	68	86	102	911
Orleães	118	110	93	60	44	34	34	40	52	72	87	110	860
Porto União	104	94	85	58	40	30	28	38	51	67	85	98	780
Queçaba	114	108	91	71	47	34	34	41	52	65	87	106	855
São Francisco do Sul	124	120	105	80	60	47	42	47	56	71	90	107	954
São Joaquim	85	82	69	47	37	29	29	38	45	54	67	84	671
São Miguel do Oeste	116	107	91	63	50	31	44	52	60	66	87	116	887
Urubici	93	87	77	57	35	29	23	37	48	56	71	89	706
Urussanga	122	115	91	62	48	37	35	43	55	73	90	112	889
Xanxerê	102	95	81	56	40	32	29	40	50	64	81	96	770

3.1.4 DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Corresponde à quantidade da seca. Deriva do balanço hídrico e sua principal função é estabelecer correlação entre a precipitação e a evapotranspiração.

Aparece com valores mínimos na região litorânea ao sul de Florianópolis, exceto Imbituba (13 mm), sendo em Araranguá o valor mínimo (3 mm). No restante do Estado, não ocorre deficiência hídrica, existindo água suficiente para a evapotranspiração potencial durante o ano todo (GAPLAN, 1986).

3.1.5 ÍNDICE HÍDRICO

Esse índice é utilizado para delimitar regiões de umidade, determinando igualmente os tipos climáticos. Os valores negativos de umidade são encontrados em climas secos e os positivos em climas úmidos.

O índice hídrico depende da precipitação e da evapotranspiração potencial, sendo influenciado pela topografia. Como pode ser visualizado na tabela 1, há um decréscimo de oeste para leste e de norte para sul. Os valores acima de 100

correspondem ao clima superúmido, dominando na região de Joinville e no extremo oeste e no oeste do Estado, e parte do planalto, englobados numa região climática homogênea e contínua. Valores máximos ocorrem também na região de São Joaquim.

A planície litorânea e parte do planalto apresentam índices hídricos em torno de 60 na região de Itajaí e de 40 ao sul do Estado, na região de Araranguá.

3.1.6 CICLO HIDROLÓGICO

Aproximadamente 70,7% da superfície do planeta Terra é constituído por água e 29,3% por terras emersas.

Quase toda a água do planeta é salgada e está concentrada nos oceanos (97,2%). O restante é constituído pelas águas continentais (2,8%), com a seguinte distribuição: 2,14% representado pelas geleiras e calotas polares; 0,61% constitui-se de água subterrânea (até a profundidade de 4.000 m); 0,005% de água vadosa; 0,009% de água doce de lagos; 0,0001% de água de rios; 0,008% em lagos salgados (FETH, 1973; apud FETTER, 1994). A Figura 1 mostra a distribuição da água no planeta.

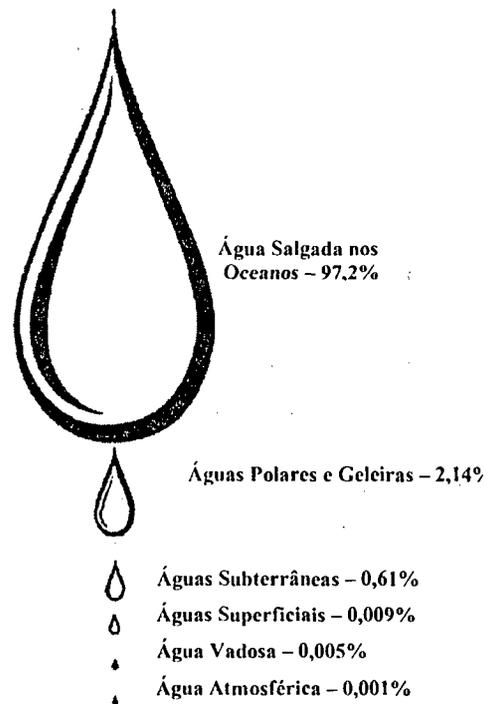


Figura 1 - Distribuição da Água no Planeta.

O potencial hídrico do planeta é de 1,4 bilhões de km^3 , sendo que a parte de água doce economicamente aproveitável representa 14 mil km^3/ano . As águas superficiais nos continentes representam 45.664 km^3 , com a seguinte distribuição: 10.533 km^3/ano na América do Sul; 8.199 km^3/ano na América do Norte; 4.573 km^3/ano

na África; 14.443 km³/ano na Ásia; 3.217 km³/ano na Europa; 2.397 km³/ano na Oceania/Austrália e 2.302 km³/ano na Antártida. Sendo que o potencial hídrico subterrâneo é cerca de 100 vezes maior do que o de superfície (MAIA NETO, 1997).

A demanda de água atual é de 41% desse potencial. Segundo previsões de Ismael Serageldin, vice-presidente do BIRD, citado por MAIA NETO (1997), a guerra do século XXI será por água e, para evitá-la seriam necessários investimentos de 800 bilhões de dólares nos próximos 10 anos.

O Brasil tem um volume de água subterrânea armazenado de aproximadamente 58.000 km³. Detém cerca de 18% do potencial hídrico de superfície do planeta e 257.790 m³/s escoando pelos rios. Desse potencial, 89% concentra-se nas regiões norte e centro-oeste, que abriga 14,5% da população brasileira, enquanto que as regiões nordeste, sudeste e sul, onde está concentrada 85,5% da população do país, detém cerca de 11% das reservas hídricas.

Quase toda a água existente na terra tem sua origem no ciclo hidrológico, o qual pode ser definido como a circulação da água dos oceanos para a atmosfera e desta para os continentes através das precipitações, retornando, superficial e subterraneamente, aos oceanos.

Dentre os diversos fatores que intervêm no ciclo hidrológico, destacam-se: a gravidade; o tipo e densidade da cobertura vegetal; os fatores climáticos, tais como a temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar e insolação, que são os responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera, em uma dada latitude terrestre (MANOEL FILHO, 1997).

O ciclo hidrológico se inicia com a evaporação dos oceanos. A intensidade de evaporação é variável, sendo maior próximo ao equador, onde a radiação solar é mais intensa. Quando as condições atmosféricas são adequadas o vapor d'água condensa formando gotículas, as quais podem precipitar-se na forma de chuva nos oceanos ou nos continentes ou ainda, evaporar-se novamente enquanto ainda estão no alto.

A água precipitada sobre os continentes participa de diversas formas no ciclo hidrológico. Parte é temporariamente armazenada na superfície em depressões, sob a forma de geleiras, neve e pântanos; parte da chuva e a neve derretida escoarão superficialmente para as calhas dos rios, constituindo o denominado "fluxo superficial". Se a superfície do solo for porosa, alguma porção da água precipitada ou da neve derretida irá infiltrar-se, constituindo o processo denominado "infiltração".

Abaixo da superfície os solos contêm poros, os quais são preenchidos por ar ou água. Essa zona é denominada de “zona vadosa” ou “zona de aeração” e a água acumulada recebe a denominação de “água mista” ou “água vadosa”. Uma parte dessa água vadosa é assimilada pelas plantas através de suas raízes, retornando à atmosfera devido à transpiração ou à evapotranspiração. Em determinadas circunstâncias, a água vadosa pode fluir lateralmente, processo conhecido como “interfluxo”. O vapor d’água nessa zona pode ainda, retornar à superfície devido à evaporação.

O excesso da água armazenada na zona vadosa pode migrar por gravidade para níveis inferiores do solo ou das rochas, preenchendo e saturando seus poros, constituindo a “zona de saturação”. A água armazenada na zona de saturação é denominada de “água subterrânea”. O fluxo de água subterrânea se move através do solo e das rochas até as áreas de descargas, como fontes, lagos, lagoas, córregos, rios ou oceanos.

A contribuição da água subterrânea aos rios é denominada “fluxo de base”, enquanto que o fluxo total dos rios é denominado de escoamento superficial (“runoff”).

A água armazenada pelos rios, lagos e lagoas é denominada “água superficial”.

A evaporação não é exclusiva de corpos d’água fechados, como rios, lagos e mares. A precipitação interceptada pelos vegetais pode também ser evaporada, assim como, a água retida em depressões da superfície da terra, ou na zona vadosa do solo. A evaporação direta da água subterrânea poderá ocorrer quando a zona saturada estiver próxima da superfície.

“Água magmática” é aquela contida dentro do magma, proveniente das camadas profundas da crosta. Quando o magma atinge a superfície da terra ou do assoalho oceânico, essa água é adicionada ao ciclo hidrológico (MANOEL FILHO, op.cit.).

3.1.7 BALANÇO HÍDRICO

A análise do balanço hídrico deve ser procedida para cada bacia hidrográfica, onde os dados de pluviosidade, escoamento superficial, evapotranspiração e infiltração devem ser obtidos junto às estações pluviométricas e fluviométricas representativas das respectivas bacias. Pode-se utilizar a seguinte equação:

$$P = E + R + I \text{ , onde:}$$

P = Precipitação (medida a partir da interpretação dos dados de estações pluviométricas);

E = Evapotranspiração (obtida a partir da análise e interpretação dos dados das estações pluviométricas);

R = Escoamento superficial ou "runoff" (medido a partir de dados de descargas de estações fluviométricas);

I = Infiltração (pode ser calculado pela fórmula acima descrita, ou obtida através de infiltrômetros. Engloba a parcela da água retida pelo solo, a parcela da água infiltrada que alimenta os mananciais de superfície e a recarga dos aquíferos).

3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo o Atlas de Santa Catarina, publicado pelo GAPLAN (1986), a rede hidrográfica do Estado é representada por dois sistemas independentes de drenagem: "o sistema integrado da vertente do interior, comandado pela bacia Paraná-Uruguaí e o sistema da vertente atlântica, formado por um conjunto de bacias isoladas", conforme esquematizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Síntese da rede hidrográfica do Estado (GAPLAN, 1986).

Bacias Hidrográficas	Área (km ²)	Comprimento dos Cursos (km)	Densidade de Drenagem (km/km ²)
I. Vertente do Interior			
1. Rio Canoas	15.016	24.992	1,66
2. Rio Iguaçu	10.612	19.092	1,79
3. Rio Chapecó	8.180	12.716	1,55
4. Rio Pelotas	7.268	12.824	1,76
5. Rio do Peixe	5.216	8.304	1,59
II. Vertente Atlântica			
1. Rio Itajaí	15.500	24.171	1,55
2. Rio Tubarão	5.100	7.172	1,41
3. Rio Araranguá	3.020	5.916	1,95
4. Rio Itapocu	2.930	4.684	1,59
5. Rio Tijucas	2.420	4.088	1,68
6. Rio Mambituba	1.224	1.864	1,52
7. Rio Cubatão do Sul	900	1.248	1,38
8. Rio Urussanga	580	1.064	1,83
9. Rio d'Una	540	1.028	1,90
10. Rio Cubatão do Norte	472	792	1,67
11. Rio Biguaçu	382	582	1,52
12. Rio da Madre	305	608	1,90

3.3 GEOMORFOLOGIA

No Estado de Santa Catarina, segundo o GAPLAN (1986), são identificados quatro domínios morfoestruturais, sete regiões geomorfológicas e treze unidades geomorfológicas, que podem ser sintetizadas conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Domínios Morfoestruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas.

DOMÍNIOS	REGIÕES	UNIDADES
Planícies Costeiras	Planícies Costeiras	Planícies Litorâneas
		Planície Colúvio Aluvionar
Bacias e Coberturas Sedimentares	Planalto das Araucárias	Planalto dos Campos Gerais
		Planalto Dissecado do Rio Iguaçú/Rio Uruguai
		Patamares da Serra Geral
		Serra Geral
	Depressão do Sudeste Catarinense	Depressão da Zona Carbonífera Catarinense
	Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina	Patamares do Alto Rio Itajaí
	Patamar Oriental da Bacia do Paraná	Planalto de Lages
Faixa de Dobramentos Remobilizados	Escarpas e Reversos da Serra do Mar	Patamar de Mafra
		Serra do Mar
Embasamentos em Estilos Complexos	Serras do Leste Catarinense	Planalto de São Bento
		Serras do Tabuleiro/Itajaí

3.4 VEGETAÇÃO

“A cobertura vegetal original do Estado de Santa Catarina foi, na sua maior parte, descaracterizada pela ação antrópica, que desde a colonização vinha sendo feita, principalmente, através da exploração descontrolada das florestas para a extração de madeiras, bem como pela implantação de culturas cíclicas, além da formação de pastagens “naturalizadas” para a criação extensiva do gado bovino”(KLEIN et al, 1986).

A divisão fitogeográfica original do Estado, segundo o GAPLAN (1986), é representada por quatro regiões fitoecológicas e áreas de formações pioneiras:

- Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial da Costa Atlântica);
- Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Pinheiros);
- Floresta Estacional Decidual (Floresta Latifoliada do Alto Uruguai);
- Savana (Campos do Planalto Meridional);
- Vegetação Pioneira de Influência Flúvio-Marinha e Marinha (Mangue e Restinga).

3.5 GEOLOGIA

Neste estudo abordamos sucintamente a geologia do Estado de Santa Catarina com base nos levantamentos geológicos realizados pelo Projeto Radambrasil/IBGE, Folha SH – 22 (Porto Alegre) e SG – 22 (Curitiba), a primeira publicada em 1983 e a segunda inédita, além do Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (DNPM, 1987). Algumas modificações foram introduzidas com base na bibliografia mais atualizada, o que será comentado no decorrer do texto.

3.5.1 COMPLEXO GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA

O Complexo Granulítico de Santa Catarina foi definido por HARTMANN et al (1979), como uma associação litológica representada

essencialmente por gnáisses hiperstênicos quarto-feldspáticos, com ocorrência subordinada de ultramafitos, gnáisses calcissilicáticos, kinzingitos, anortozitos, quartzitos e formações ferríferas. Atribuíram a esse conjunto petrotectônico, uma conotação de “faixa móvel” de idade arqueana. Essa idéia foi corroborada por SILVA e DIAS (1981).

Segundo KAUL et al (1980), o arcabouço geológico mais antigo do Estado de Santa Catarina, aflorando na porção nordeste do Estado, é constituído por um conjunto de rochas de fácies granulítica, representando o remanescente do “Craton” de Luis Alves, extensão ocidental do “Craton” Angolano. Com base em datações geocronológicas relacionaram essa unidade geotectônica ao Arqueano, com incidência localizada da presença do evento Transamazônico, fornecendo datações no intervalo de 2.2 bilhões a 4.0 bilhões de anos.

KAUL et al (no prelo) descrevem o Complexo Luis Alves, como uma associação de rochas, predominantemente de fácies granulito, representadas por hipertênio-gnaisses, noritos, enderbitos, grabros noríticos, quartzitos, quartzitos à fucshita, quartzitos ferríferos, lentes de ultramafitos (piroxenitos, lherzolitos), anfibolitos rochas cálcio-silicáticas, etc., que afloram na porção nordeste do Estado. As evidências do ciclo Transamazônico são melhor observadas na porção oeste de sua faixa de ocorrência, sendo caracterizada pela presença de rochas de fácies anfibolito, representadas por anfibólio-biotita-gnaisses, anfibolitos, metadioritos, migmatitos e granitóides intrusivos. Sua área de ocorrência está limitada, ao sul, pelo Grupo Itajaí, através de um sistema de falhamentos NE, ou localmente, através de discordância. Ao norte, está limitado pelo Lineamento de Piên; a oeste, pelos sedimentos da Bacia do Paraná; e a leste, pela planície costeira e pelo oceano Atlântico.

3.5.2 COMPLEXO GRANITO-GNÁISSICO

Adota-se, aqui, a proposição de CALDASSO et al (1995), que propõem essa denominação em substituição ao Grupo Taboleiro (SCHULZ JR. e ALBUQUERQUE, 1969) e Complexo Gnáissico-Migmatítico (TRAININI et al, 1978), Complexo Canguçu (HOBACH et

al, 1983 e KAUL et al, no prelo) e Granitóides Foliados (BASEI, 1985), para designar as rochas de fácies anfibolito, que se distribuem ao sul da faixa de ocorrência do Complexo Brusque, e se estendem em direção a oeste, onde são encobertos por sedimentos da Bacia do Paraná. Ao sul, desaparecem sob a planície costeira e adentram ao Rio Grande do Sul. A leste, estão encobertos pela planície costeira e pelo oceano Atlântico.

Segundo CALDASSO et al (op.cit), as rochas deste complexo exibem grande diversidade petrográfica e estrutural, constituindo-se de granito-gnáisses e migmatitos polifásicos, submetidos a processos de deformação regional, especialmente de cisalhamento dúctil e de injeções de magmas granitóides. Em geral, mostram contatos retilíneos através de sistemas de falhas com a seqüência metavulcano-sedimentar do Complexo Brusque e com os granitóides das suítes Valsungana e Pedras Grandes.

SILVA (1987) apesar de usar indevidamente a denominação de Complexo Tabuleiro, já refutado por TRAININI et al (1978), identificou quatro faixas de ocorrência de rochas granito-gnáissicas, nas regiões de Porto Belo, Santa Rosa de Lima-Tijucas, Itajaí-Faxinal, e Garopaba.

ZANINI et al (1997) denominaram de Complexo Águas Mornas a Faixa Santa Rosa de Lima-Tijucas, que inclui, além das rochas granítico-gnáissicas polideformadas e migmatitos associados, rochas tonalíticas e dioríticas deformadas, que ocorrem nas folhas de Florianópolis e Lagoa.

Datações geocronológicas realizadas por BASEI (1985), em granitóides foliados da região de Santo Amaro da Imperatriz, forneceram idades de 624 ± 21 M.a. e 650 ± 24 M.a., através do método Rb/Sr (rocha total) e de 620 ± 16 M.a. utilizando o método U/Pb.

3.5.3 COMPLEXO METAMÓRFICO BRUSQUE

Denominação proposta por SILVA (1987), para reunir um conjunto de litologias de fácies xisto-verde, que aflora numa faixa de direção geral nordeste, que se estende por cerca de 75 Km, desde a cidade de Itajaí, no litoral do Estado, até as proximidades de Vidal Ramos, onde desaparece sob os sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná. Encontra-

se dividido em duas faixas alongadas, segundo a direção geral do cinturão, por um batolito granítico da Suíte Intrusiva Valsungana.

Os contatos deste cinturão, tanto na borda norte quanto na sul, são caracterizados por expressivas zonas de transposição superimpostas aos padrões deformacionais internos de seus litotipos (SILVA, *op.cit.*).

Os lineamentos Perimbó e Major Gercino, que se estendem por cerca de 50 Km, segundo a direção geral N50 a 60°E, constituem zonas de falhas com larguras desde 200 m até mais de 3 Km, representam os limites noroeste e sudeste, respectivamente, deste cinturão metamórfico (CALDASSO et al, 1995).

CALDASSO et al (*op.cit.*), ao mapearem as folhas de Botuverá e Brusque, na escala 1:50.000, identificaram cinco unidades faciológicas, as quais são constituídas por uma ou mais litofácies petrográfica, conforme descrição a seguir:

Unidade Siliciclástica Pelítico-Arenosa: constituída, essencialmente, por metarritmitos pelítico-arenosos e, secundariamente, por metarritmitos arenosos, metarenitos, metapelitos, quartzo turmalinitos bandados e metabasitos. Os metarritmitos pelítico-arenos estão representados por quartzo-mica xistos e mica-quartzo xistos, com muscovita e/ou biotita, com ou sem granada. Subordinadamente ocorrem filitos e filitos grafitosos.

Unidade Siliciclástica Arenosa: constituída por metarenitos, predominantemente quartzosos a ortoquartzíticos, micáceos ou não, maciços ou laminados.

Unidade Siliciclástica Arenosa-Pelítica: é caracterizada por metarritmitos arenosos, metarritmitos pelítico-arenosos e metarenitos, sendo, os primeiros, dominantes e os demais, subordinados.

Unidade Carbonática: é constituída por metacalcários, freqüentemente apresentando bandamento rítmico de níveis centimétricos contínuos, evidenciados pela alternância de cores claras e escuras. Ocasionalmente ocorrem na forma de enclaves no seio dos granitóides.

Unidade Vulcano-Sedimentar: é constituída por rochas calciossilicáticas, metarritmitos pelítico-arenosos, anfibolitos, metagabros, metabasitos, quartzo turmalinitos bandados e metapelitos.

3.5.4 SUÍTE INTRUSIVA VALSUNGANA/GUABIRUBA

Os corpos granitóides desta suíte apresentam dimensões batolíticas e são, geralmente, intrusivos nos metamorfitos do Complexo Metamórfico Brusque, com os quais, freqüentemente, matêm contatos por falhas, com direção geral NE-SW, ocupando uma área de aproximadamente 600 Km².

CALDASSO et al (1995) reuniram, no que denominaram Suíte Intrusiva Valsungana/Guabiruba, os granitóides grosseiros, porfiríticos incluídos por diversos autores na Suíte Valsungana e os granitóides de granulação mais fina, quase equigranulares, denominados por diferentes autores como Granito Guabiruba, já que essa distinção tem sido feita baseada, exclusivamente, nos aspectos texturais, uma vez que as relações de contato com os metamorfitos, idades e características petrográficas e litoquímicas são praticamente idênticas. Individualizaram três fácies principais, com base nos aspectos texturais, as quais denominaram: Valsungana, correspondendo à fácies grosseira porfirítica; Guabiruba, que compreende à fácies fina equigranular e Indaía, correspondendo à fácies mediana.

Os granitóides dessa Suíte, geralmente, apresentam-se alterados devido ao intemperismo químico, dificultando a tomada de amostras. Ocorrem em áreas com relevo, normalmente, arrasado, somente configurando elevações quando da mudança composicional (fácies mais finas), na presença de acidentes tectônicos ou alternância de enclaves alinhados (CALDASSO et al, op.cit.).

3.5.5 SUÍTE INTRUSIVA SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA

Proposta por BASEI (1985), para designar as rochas granitóides que ocorrem a sul da zona de Falha Major Gercino e que são intrusivas no Complexo Granito-Gnáissico, formando desde pequenos "stocks" a grandes batólitos, quais sejam: Ponta dos Caboclos, proximidades de Biguaçu; Santa Luzia-São Pedro de Alcântara, que constitui o batolito

maior e central; e Angelina, que ocorre nas proximidades da cidade homônima.

Esta suíte é caracterizada por pela predominância de corpos graníticos a quartzo-monzoníticos, maciços, cinza claros, inequigranulares a porfiríticos, com baixa densidade de megacristais de feldspato, freqüentemente apresentando inclusões de corpos de dioritos e quartzo-dioritos (BASEI, op. cit).

ZANINI et al (1997) propuseram a denominação de Suíte Intrusiva Maruim, em substituição à São Pedro de Alcântara, reunindo diversos corpos de granitóides sob as denominações de: Tonalito Forquilha, Granodiorito Alto da Varginha, Granito Rio das Antas e Granito São Pedro de Alcântara.

BASEI (1985), com base em datações U-Pb realizadas em zircões e esfenos, obteve a idade de 600 ± 7 milhões de anos para esta Suíte.

3.5.6. SUÍTE INTRUSIVA PEDRAS GRANDES

Originalmente definida como Complexo Pedras Grandes por CASTRO e CASTRO (1969), a Suíte Intrusiva Pedras Grandes (TRAININI et al, 1978; HORBACH et al 1983; KAUL et al, no prelo; BASEI, 1985; SILVA, 1987) engloba rochas granitóides que ocorrem na forma de grandes batólitos e "stocks" intrusivos no Complexo Granito-Gnáissico. Em função de sua localização e características texturais receberam diferentes denominações: Major Gercino, Armação, São Miguel, Capivari, São Bonifácio, Ilha, Serra do Tabuleiro, Barra do Rio dos Bugres, Angelina, Imaruí, Palmeira do Meio, Rio Chicão, Jaguaruna e Pindotiba.

Os tipos predominantes estão representados por granitos e quartzo monzonitos e, subordinadamente, granodioritos. Apresentam texturas equigranulares a porfiróides, granulação média a grossa, coloração rósea a cinza, isótopos, localmente orientados tectonicamente. A mineralogia predominante está representada por feldspato potássico (microclínio e/ou ortoclásio), plagioclásio, quartzo, biotita, mais raramente hornblenda. Os acessórios principais são zircão, allanita, apatita, opacos, epidoto, sericita/muscovita, clorita, titanita, carbonatos e fluorita.

BASEI (1985) obteve idades de 524 ± 68 M.a. para o Granito Armação e 516 ± 12 M.a. para o granito alaskítico da Barra do Rio dos Bugres.

3.5.7. SUÍTE INTRUSIVA SERRA DO MAR

Proposta por KAUL et al (1982), para reunir diversos corpos graníticos intrusivos no Complexo Granulítico de Santa Catarina, representados pelos maciços Subida, Corupá, Serra Alta, Agudos, Morro Redondo, Dona Francisca e Pirai do Sul, além de outros corpos localizados nos estados do Paraná e São Paulo.

A característica principal das rochas desta suíte é o quimismo alcalino, caráter intrusivo, póstectônico e paragênese mineral caracterizada pela presença freqüente de máficos sódicos (riebeckita, aegirina, aegirina-augita, arvedsonita, etc.). Petrograficamente são classificados, principalmente, como granitos, quartzo-sienitos e sienitos.

KAUL (1999), considerando os dados geoquímicos e petrográficos, identificou quatro tipos distintos de granitóides nesta Suíte: tipo metaluminoso, que corresponde aos granitóides que têm como componentes máficos a biotita e/ou hornblenda, eventualmente clinopiroxênio; tipo fracamente peraluminoso, representados por corpos onde os componentes máficos são a biotita e/ou hornblenda, bem como por granitóides hololeucocráticos; tipo peralcalino, que apresentam minerais máficos sódicos (arvedsonita, riebeckita, aegirina); tipo fracamente peralcalino, onde os componentes máficos são a riebeckita e a biotita.

Com base em datações radiométricas: U-Pb em zircões; Rb-Sr em rocha total e K-Ar em anfibólios, KAUL (op.cit.) atribuiu a idade de 580 ± 20 M.a. para a formação dessas rochas, registrando, ainda, idades de 560 e 500 M.a., como episódios de aquecimento do sistema. Concluiu ainda, que os maciços graníticos da Serra do Mar, foram formados logo após as colisões continentais relacionadas ao processo de aglutinação do Gondwana, considerando-os como pós-colisionais, de ambiente distensional, intraplaca.

3.5.8 FORMAÇÃO QUEÇABA

A denominação Formação Queçaba é devida a TRAININI et al (1978), para caracterizar uma seqüência de xistos, filitos e quartzitos alternados ritmicamente, que afloram nos arredores da antiga vila Queçaba, atual Teresópolis, no Município de Águas Mornas e ao longo do rio Vargem do Braço, a sudoeste de Santo Amaro da Imperatriz.

Os metamorfitos desta Formação apresentam contatos tectônicos com o Complexo Granito-Gnáissico, com os granitóides das suítes intrusivas São Pedro de Alcântara e Pedras Grandes.

3.5.9 GRUPO ITAJAÍ

DUTRA (1926) denominou de Série Itajaí a um espesso pacote de rochas sedimentares que ocorrem desde as proximidades de Itajaí, estendendo-se para sudoeste, para desaparecer sob os sedimentos da Bacia do Paraná na região de Subida.

Apresenta formato grosseiramente retangular, com eixo maior orientado segundo ENE/WSW. O contato com o Complexo Granulítico de Santa Catarina, a norte, se dá, em parte, por falha e, em parte, normal através de discordância sobre os gnáisses granulíticos. O limite sul, com o Complexo Metamórfico Brusque, é sempre tectônico, com falhas inversas.

BASEI (1985) atribuiu uma importante contribuição turbidítica para essa seqüência sedimentar, estimando sua espessura total em cerca de 7.500 m. Reconheceu duas unidades sedimentares maiores: a basal, denominada Unidade Arenítica Inferior, que corresponde à Formação Gaspar de SILVA e DIAS (1981), representada por arenitos arcosianos, maciços, cor bordô, com intercalações de possantes lentes de conglomerados polimíticos e tufos vulcânicos ácidos; a unidade de topo, denominada Unidade Siltítica Superior, apresenta um nítido predomínio dos siltitos sobre as frações mais grosseiras. Apresenta uma sub-unidade inferior, com alternância métrica entre bancos de siltitos e de arenitos, com predominância dos primeiros, passando para um pacote de siltitos e argilitos cinza azulados, homogêneos, finamente laminados, com intercalações de restritas lentes de material mais grosseiro. Rochas

vulcânicas ácidas ocorrem na forma de “sills” e diques, localmente, como derrames.

BASEI (op.cit.) atribuiu a idade de 535 ± 10 M.a. para o episódio metamórfico do Grupo Itajaí, sendo que o valor de 581 ± 48 M.a. foi interpretado como sugestivo da idade de sedimentação deste Grupo. Idades K-Ar entre 510 e 550 M.a. foram interpretadas como indicativas do resfriamento regional pós-metamorfismo. As vulcânicas ácidas que ocorrem próximo a Apiúna forneceram idades de 541 ± 26 M.a., idade semelhante à obtida para o Granito Subida.

3.5.10 GRUPO CAMPO ALEGRE

Ocorre em duas áreas próximas A maior delas, na denominada Bacia de Campo Alegre, com forma grosseiramente circular, onde ocupa uma área de cerca de 400 Km^2 e no “grabem” de Corupá, em área de cerca de 20 Km^2 .

DAITX (1979) individualizou informalmente quatro unidades: Seqüência Vulcânica Inferior - representada por rochas efusivas básicas a intermediárias, com menor proporção de vulcânicas ácidas, presença ocasional de siltitos, tufos e tufitos; Seqüência Sedimentar Intermediária - inclui siltitos, tufos e tufitos, com menor participação de arenitos, folhelhos e raríssimos conglomerados, presença de “sills” e diques de meláfiras, andesitos e basaltos; Seqüência Vulcânica Superior - que é a unidade mais representativa, cobrindo cerca de 80% da área da bacia, é constituída por traquitos e riolitos, em geral, com estruturas fluidais, dacitos, traquiandesitos e meláfiras; Seqüência Sedimentar Superior - constituída por tufos, tufitos, siltitos e brechas ácidas.

3.5.11 FORMAÇÃO CAMBIRELA

Definida como Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela por ZANINI et al (1997), representando o “estágio final do magmatismo de quimismo alcalino, constituída por uma unidade plutônica – Granito Itacorubi, e por uma fração vulcanogênica, compreendendo derrames e tufos riolíticos, além de diques e corpos filonianos, que foram agrupados sob a designação de Riólito Cambirela”.

Derrames, tufos e diques riolíticos e riódacíticos ocorrem na ilha de Santa Catarina, nos flancos da serra do Tabuleiro e no topo do morro Cambirela. Estão intimamente relacionados a diques de microgranitos e aplitos.

O Granito Itacorubi, definido por ZANINI et al (op.cit.), corresponde ao Granito Ilha Cinza Médio de SCHEIBE e TEIXEIRA (1970) e estaria geneticamente relacionado às vulcânicas ácidas.

BASEI (1985) incluiu estas rochas na Suíte Plutono-Vulcânica Pedras Grandes. Obteve uma isócrona Rb-Sr em rocha total de tufos do Cambirela a idade de 552 ± 17 M.a.

3.5.12 GRUPO PARANÁ - DEVONIANO

MORAES REGO (1930) designou de "Série Paraná" a um pacote de rochas que ocorre na região de Ponta Grossa no Paraná, constituído pelas formações Furnas e Ponta Grossa.

3.5.12.1 FORMAÇÃO FURNAS

A designação de Formação Furnas é atribuída a OLIVEIRA (1912), ao descrever os arenitos das escarpas das serras das Furnas de Serrinha, no Paraná.

Consiste, segundo MÜHLMANN et al (1976), de arenitos brancos, localmente arroxeados, granulação média a muito grosseira, freqüentemente conglomeráticos, com estratificação cruzada acanalada tipo festão. Apresenta contato inferior gradacional com a Formação Vila Maria (Siluriano) e discordantes com o embasamento pré-cambriano. O contato superior, com a Formação Ponta Grossa, segundo ZALÁN et al (1986) é discordante.

O ambiente de deposição é controverso, marinho, segundo diversos autores e praias a estuarino, segundo ZALÁN et al (1986).

Sua ocorrência em superfície é restrita ao extremo norte do Estado, na divisa com o Paraná.

3.5.12.2 FORMAÇÃO PONTA GROSSA

Designação, proposta por OLIVEIRA (1912), para identificar os folhelhos cinza escuros, localmente carbonosos, micáceos, finamente

laminados, com siltitos e arenitos finos subordinados, que ocorrem próximos à cidade de Ponta Grossa, no Paraná.

Com base no conteúdo fossilífero, seu ambiente de formação é admitido como marinho de águas rasas.

Sua ocorrência, no Estado, só é verificada em sub-superfície, em extensão bem mais reduzida em relação à Formação Furnas.

3.5.13 SUPER-GRUPO TUBARÃO

WHITE (1908), sob a denominação de "Série do Rio Tubarão", reuniu os arenitos amarelos e os folhelhos, que assentam sobre o embasamento cristalino, o conglomerado Orleães, os folhelhos e arenitos Rio Bonito, com camadas de carvão e restos de flora *Glossopteris* e o folhelho Palermo.

MÜHLMANN et al (1974) propuseram a subdivisão do Super-Grupo Tubarão em Grupo Itararé e Grupo Guatá.

3.5.13.1 GRUPO ITARARÉ

Representado pelas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (MÜHLMANN et al, op.cit.).

3.5.13.1.1 Formação Campo do Tenente

Proposta formalmente por MÜHLMANN et al (1974), a Formação Campo do Tenente representa um sistema deposicional flúvio-lacustre que esteve sob a influência de clima glacial, que representa a base do Grupo Itararé.

DAEMON e QUADROS (1969), com base no estudo de palinomorfos; relacionam esta Formação ao Carbonífero Superior.

Pelitos de cor castanho-avermelhada constituem a litologia predominante, apresentando freqüentemente laminação plano-paralela, com o desenvolvimento de certa fissilidade. Secundariamente ocorrem intercalações de ritmitos e diamictitos com matriz arenosa. Na base da seqüência, ocasionalmente, ocorrem arenitos finos e médios, mal selecionados, com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada.

Sua área de exposição no território Catarinense está restrita a uma estreita faixa que se estende desde a região de Itaiópolis até próximo a São Bento do Sul, prolongando-se para o Estado do Paraná.

3.5.13.1.2 Formação Mafra

A Formação Mafra foi proposta por MÜHLMANN et al (op.cit), para designar uma seqüência predominantemente arenosa, que constitui a parte média do Grupo Itararé. As litologias principais são arenitos de coloração esbranquiçada, amarela e vermelha, com granulometria variada, desde espessos bancos de arenitos finos, bem selecionados, com estratificação plano-paralela, até arenitos médios e grosseiros com estratificação cruzada acanalada. Secundariamente ocorrem diamictitos, conglomerados, ritmitos, argilitos e argilitos várvidos. Representam depósitos de origem marinha e continental, sob influência glacial.

Sua ocorrência se dá ao longo de uma estreita faixa, que vai desde as proximidades de Presidente Getúlio, alargando-se na região do Alto Rio dos Cedros e estendendo-se em direção ao Paraná.

DAEMON e QUADROS (op.cit.) relacionam esta Formação ao Permiano Inferior, com base na presença de palinórfos.

3.5.13.1.3 Formação Rio do Sul

De acordo com MÜHLMANN et al (op.cit.), a Formação Rio do Sul é constituída por um pacote de sedimentos essencialmente argilosos que ocorrem no terço superior do Grupo Itararé, nas vizinhanças de Rio do Sul. Apresenta contatos concordantes com as formações Mafra e Rio Bonito, respectivamente inferior e superior. Por transgressão, assenta discordantemente sobre o embasamento cristalino em grande parte do Estado.

Segundo BORTOLUZZI et al (1987) o ambiente de deposição desta Formação é considerado como essencialmente marinho profundo para a porção basal e de águas rasas, sob a influência de marés, eventualmente continental, para a porção superior. A ocorrência de ritmitos, diamictitos e arenitos indica a presença de geleiras.

BORTOLUZZI et al (1978), estudando o Grupo Itararé na região carbonífera do sul do Estado, identificaram três seqüências: inferior, representada por conglomerado na base, sobreposta por lutitos; intermediária, essencialmente arenosa e, superior, lutítica, contendo corpos lenticulares de arenito. Estimaram uma espessura média para esse

conjunto sedimentar, da ordem de 55 m, localmente alcançando 139 m. O conteúdo fossilífero desta Formação está representado por invertebrados marinhos, restos de plantas e palinomorfos.

DAEMON e QUADROS (op.cit.) relacionaram a Formação Rio do Sul ao Permiano Médio.

3.5.13.2 GRUPO GUATÁ

A denominação de Guatá é devida a GODON JR. (1947), que descreveu os siltitos e arenitos aflorantes nas imediações de Guatá, no sul do Estado, englobando as formações Rio Bonito e Palermo de WHITE (1908).

3.5.13.2.1 Formação Rio Bonito

WHITE (1908) propôs a denominação "Camada Rio Bonito", para caracterizar um conjunto de arenitos associados a pelitos e camadas de carvão que ocorrem entre as cidades de Lauro Müller, Guatá e São Joaquim, no sul do Estado de Santa Catarina.

Apresenta uma ampla faixa de ocorrência, sendo mais estreita no sul do Estado, alargando-se a partir de Alfredo Wagner em direção ao norte, quando assume orientação noroeste até a divisa com o Paraná.

MÜHLMANN et al (1974) subdividiram a Formação Rio Bonito em três membros: Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis.

Membro Triunfo: constitui a porção basal da Formação Rio Bonito, sendo representado por arenitos esbranquiçados, finos a médios, localmente grosseiros, argilosos, micáceos regularmente selecionados, grãos geralmente subarredondados. Secundariamente ocorrem arenitos muito finos, siltitos, argilitos, folhelhos carbonosos, leitos de carvão e conglomerados (BORTOLUZZI et al, 1987).

Segundo BORTOLUZZI et al (op.cit.) a espessura do Membro Triunfo é máxima na borda leste, diminuindo progressivamente em direção ao centro da bacia, tendo sido registrados valores superiores a 100 m região de Rio do Sul. As estruturas presentes são a estratificação cruzada de médio e pequeno porte, planar e acanalada.

Membro Paraguaçu: constitui a porção média da Formação Rio Bonito. Está representado por uma seqüência essencialmente pelítica, constituída por siltitos escuros, folhelhos cinza-médios a esverdeados, com níveis de carbonatos argilosos, geralmente silicificados em superfície, camadas de carvão e, raramente, camadas de arenitos muito finos entremeados (BORTOLUZZI et al, 1987).

Na bacia carbonífera de Santa Catarina são identificadas neste membro até três camadas de carvão: Camada de Carvão "D", que marca o contato inferior com o Membro Triunfo; a Camada de Carvão "C", separada da primeira por cerca de 6,5 m de siltitos e arenitos e a Camada de Carvão "Pré-Bonito", próxima do limite superior, situada em média, 40 m acima da Camada "C". As principais estruturas sedimentares são: estratificação plano-paralela, laminações onduladas, estratificação cruzada, camadas bioturbadas (BORTOLUZZI et al, 1978).

A espessura dessa unidade, entre as localidades de Itaiópolis e Paraguaçu, no nordeste do Estado, é da ordem de 115 m (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

Membro Siderópolis: compreende essencialmente arenitos finos, cinza escuros, duros, com intercalações de camadas de siltitos cinza, siltitos carbonosos, leitos e camadas de carvão, que constitui a porção superior da Formação Rio Bonito. Sua seção tipo situa-se próximo à cidade de Siderópolis, no sul do Estado (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

Esta seqüência inclui as camadas de carvão economicamente exploráveis no Estado.

Segundo BORTOLUZZI et al (1978), o Membro Siderópolis é constituído por uma seqüência sedimentar predominantemente arenosa (74,5% de arenitos), em menor quantidade ocorrem siltitos (17,0%), folhelhos (2,5%), calcários, além de intrusões de diabásio. Inclui 7 das 10 camadas de carvão presentes na Formação Rio Bonito, sendo que a espessura do carvão constitui cerca de 3,0% do total dos sedimentos.

A Formação Rio Bonito representa ambiente de deposição flúvio-deltáico para o Membro Triunfo; marinho transgressivo para o Membro Paraguaçu, que recobriu depósitos flúvio-deltáicos; e para o Membro Siderópolis ambiente litorâneo que progradou sobre a seqüência marinha

anterior. Os arenitos representam depósitos de barras e barreiras, com interdigitações de sedimentos flúvio-deltáicos, tendo os sedimentos carbonosos sido originalmente depositados em lagunas e mangues costeiros, posteriormente recobertos por areias litorâneas (BORTOLUZZI et al, 1987).

A idade da Formação Rio Bonito, segundo DAEMON e QUADROS (1969) está relacionada ao Permiano Médio a Superior.

3.5.13.2.2 Formação Palermo

O termo Palermo foi, primeiramente, utilizado por WHITE (1908) para descrever uma seqüência de pelitos arenosos que ocorrem em duas seções tipos: a primeira aflorante ao longo da antiga estrada do Rio do Rastro, entre as cidades de Lauro Müller e São Joaquim; a segunda, próxima à Vila Palermo, no Município de Lauro Müller.

Segundo BORTOLUZZI et al (1987) a Formação Palermo é essencialmente pelítica, constituída por siltitos arenosos, siltitos e folhelhos silticos, com intercalações e interlaminações de arenitos quartzosos muito finos. Apresentam cores predominantemente cinza-escuro a cinza-claro, mais raramente cinza-esverdeado. Os horizontes de granulometria mais fina podem apresentar matéria orgânica e carbonato de cálcio em pequena quantidade, geralmente como cimento. Quando alteradas essas litologias apresentam, caracteristicamente, uma coloração amarelo-esverdeada. As estruturas primárias mais freqüentes são as estratificações lenticulares, onduladas e "flaser". Feições de bioturbação são características nesta Formação, afetando toda a seqüência sedimentar, causando, muitas vezes, a destruição completa das estruturas primárias.

Apresenta contatos gradacionais com a Formação Rio Bonito e concordantes com a unidade superior. Sua espessura, em superfície, é da ordem de 100 m, não ultrapassando a 300 m em subsuperfície (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

MÜHLMANN et al (1974) postulam um ambiente marinho para a deposição dessa seqüência sedimentar. BORTOLUZZI et al (1978) apontam para uma sedimentação em ambiente de águas rasas, em condições de baixa energia, sob a influência de fraca a moderada ação

de ondas, eventualmente afetada pela atividade de pequenos canais de marés.

Segundo DAEMON e QUADROS (1969), a Formação Palermo pertence ao Permiano Médio a Superior.

3.5.13.3 GRUPO PASSA DOIS

Deve-se a WHITE (1908), a denominação "Série Passa Dois", para o conjunto das formações Irati, Estrada Nova e Calcário Rocinha, correspondendo às atuais formações Irati, Serra Alta e Terezina.

MÜHLMANN et al (1974) incluíram, neste Grupo, além formações referidas anteriormente, a Formação Rio do Rasto.

3.5.13.3.1 Formação Irati

Definida por WHITE (op.cit.), para designar os folhelhos pretos com restos de *Mesossaurus brasiliensis* que ocorrem persistentemente, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul.

No Estado de Santa Catarina, a Formação Irati ocorre de forma contínua ao longo de uma estreita faixa, desde a altura de São Bento, a norte, prosseguindo para sul, até a região de Nova Veneza, onde se amplia pelo efeito de uma intrusão de diabásio, desaparecendo para o sul sob os sedimentos cenozóicos.

Comumente é subdividido em dois membros: Taquaral e Assistência. O primeiro consiste de siltitos e folhelhos cinza-escuros, eventualmente azulados, com esfoliação conchoidal, apresentando espessuras que raramente ultrapassam a 20 m. O Membro Assistência é constituído por um pacote de folhelhos cinza-escuros, com intercalações de folhelhos pretos pirobetuminosos, associados à horizontes de calcários e nódulos de sílex (BORTOLUZZI et al, 1987).

O ambiente de deposição desta unidade, segundo MÜHLMANN et al (op.cit.), é marinho de águas calmas, abaixo do nível de ação das ondas, enquanto que PETRI e FÚLFARO (1983) sugerem que a deposição da Formação Irati ocorreu em ambiente lagunar.

Apresenta contatos concordantes com as unidades inferior e superior.

Com base na presença de palinomorfos, DAEMON e QUADROS (1969), relacionam esta Formação ao intervalo Kazaniano/Tartariano, do Permiano Superior.

3.5.13.3.2 Formação Serra Alta

Segundo BORTOLUZZI et al (1987), a Formação Serra Alta compreende uma seqüência de folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuros a pretos, com fratura conchoidal, situados acima da camada superior de folhelhos betuminosos da Formação Irati, com espessura média em afloramento da ordem de 85 m, atingindo um máximo de 120 m em subsuperfície.

MÜHLMANN et al (1974) atribuem origem marinha de águas calmas, para a deposição desse pacote sedimentar, com deposição abaixo do nível da ação das ondas.

A idade da Formação Serra Alta é atribuída ao Kazaniano, com base no conteúdo fossilífero, representado por peixes, pelecípodes, conchostráceos e palinormos (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

3.5.13.3.3 Formação Terezina

Consiste de uma associação de argilitos cinza-escuros a esverdeados, ritmicamente intercalados com siltitos cinza-escuros, róseos a avermelhados quando alterados, com camadas ou lentes calcárias, freqüentemente oolíticas e silícicas, intercaladas. Apresentando espessuras de 600 a 650 m no centro da bacia, sendo que, em afloramento, foram registradas espessuras de 193 m em Petrolândia e 240m entre Monte Castelo e a Serra do Espigão, no norte do Estado (BORTOLUZZI et al, 1987).

A principal estrutura primária presente nesta Formação é a laminação "flaser", dada pela alternância de folhelhos escuros e siltitos e arenitos muito finos, além da laminação ondulada, microlaminação cruzada, fendas de contração, marcas ondulares e diques de arenitos, bem como, a presença de oólitos e estruturas estromalolíticas nas camadas calcíticas, sendo seu ambiente de sedimentação interpretado como marinho de águas rasas e agitadas, dominado por ondas e pela ação de marés (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

DAEMON & QUADROS (1969), com base em dados palinológicos, situam esta Formação no Kazaniano (Permiano Superior).

3.5.13.3.4 Formação Rio do Rastro

A designação Rio do Rastro é devida à WHITE (1908), para designar uma sucessão de camadas vermelhas expostas nas cabeceiras do Rio do Rastro, na antiga estrada que liga Lauro Müller a São Joaquim.

Apresenta ampla distribuição no Estado, com espessuras superiores a 400 m em afloramento e a 800 m em sub-superfície. Caracteristicamente sua coloração varia de tons cinza a avermelhados em direção ao topo do pacote sedimentar, evidenciando condições de deposição progressivamente mais oxidantes, evoluindo de ambiente subaquático para francamente subaéreo (BORTOLUZZI et al, 1987).

Suas relações de contato com a unidade inferior são concordantes e transicionais. Com a unidade superior, Botucatu, os contatos são discordantes.

GORDON JR (1947) propôs a individualização dos membros Serrinha e Morro Pelado.

O Membro Serrinha é o que tem maior expressão no Estado, com espessuras de cerca de 250 m em afloramento e mais de 500 m de sondagem. As litologias predominantes são: siltitos com desagregação esferoidal; argilitos e arenitos finos bem selecionados, com cores esverdeadas, chocolates, avermelhadas e bordôs, apresentando intercalações locais de lentes e horizontes de calcários margosos. As estruturas mais freqüentes nos arenitos e siltitos são a estratificação cruzada de pequeno porte, estratificação horizontal, laminação cruzada ou ondulada ou formam bancos maciços. As camadas siltico-argilosas apresentam laminação paralela, ondulada, lenticular ou "flaser"(BORTOLUZZI et al, 1987).

Caracteristicamente, esse pacote sedimentar apresenta grande consistência lateral, com espessuras individuais desde centímetros até metros, destacando-se, em afloramento, pela presença de saliências (níveis arenosos) e reentrâncias (níveis pelíticos).

O Membro Morro Pelado é caracterizado por uma associação de siltitos e argilitos, com intercalações lenticulares de arenitos, com cores

avermelhadas predominantes. Os arenitos normalmente constituem lentes com até 3 m de espessura, raramente alcançando 10 m. Apresentam comumente diastemas e estruturas de corte e preenchimento. Em superfície apresentam espessuras máximas de cerca de 250 m, sendo que, em sub-superfície, atingem 350 m (BORTOLUZZI et al, 1987).

Com base no conteúdo fossilífero, a Formação Rio do Rasto é relacionada ao Permiano Superior (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

3.5.14 GRUPO SÃO BENTO

Deve-se a WHITE (1908), a designação "Série São Bento", para um conjunto de arenitos predominantemente avermelhados recobertos pelas eruptivas da Serra Geral.

Mühlmann et al (1974) consideram o Grupo São Bento constituído pelas formações Botucatu e Serra Geral, sendo que a Formação Pirambóia, considerada de idade triássica, foi posicionada entre os grupos Passa Dois e São Bento.

Nos trabalhos de mapeamento regionais, tanto do GAPLAN (1986), quanto do DNPM (1987) as formações Pirambóia e Botucatu foram cartografadas conjuntamente, sendo que a primeira foi considerada como base da seqüência.

3.5.14.1 Formação Pirambóia-Botucatu

A Formação Botucatu/Pirambóia aflora no Estado, ao longo de uma faixa estreita e contínua, seguindo o contorno da escarpa da Formação Serra Geral.

A parte inferior da seqüência, correspondendo à Formação Pirambóia, está representada por arenitos avermelhados, amarelados e esbranquiçados, granulometria média a muito fina, gradando para siltitos argilosos, com grãos polidos, subangulares, com estratificação cruzada acanalada e planar, que intercalam finas camadas de argilitos e siltitos com estratificação plano-paralela. As variações faciológicas, associadas à presença de conchostráceos e ostracodes, são interpretadas como indicativas de ambiente fluvial, representando depósitos de canais meandranes e de transbordamento, sob condições climáticas fortemente oxidantes. Esse conjunto litológico é correlacionado ao Grupo Rosário

do Sul, no Rio Grande do Sul, relacionado ao Triássico (BORTOLUZZI et al, 1987).

A parte superior da seqüência, correspondendo ao Botucatu propriamente dito, resultante de deposição eólica em ambiente desértico, é constituída, predominantemente, por arenitos com selecionamento regular a bom, quartzosos, friáveis, localmente silicificados, em geral, com grãos bem arredondados e foscos, granulometria fina a média, com pouca matriz, estratificação cruzada tangencial de grande a médio porte. Em afloramento, apresentam espessura média de 50 m, raramente ultrapassando a 100 m, sendo que, em sondagem, podem alcançar 200 m (BORTOLUZZI et al, op.cit.).

Em vista da ausência de fósseis, sua idade somente pode ser deduzida por relações estratigráficas, sendo considerado mais recente que o Triássico Superior e anterior ao Cretáceo Inferior. Portanto, segundo BORTOLUZZI et al (op.cit.), sua idade limite inferior não será mais antiga que o Triássico Superior e a idade limite superior não mais recente que o Neocomiano.

3.5.14.2 Formação Serra Geral

A denominação "Eruptivas da Serra Geral" é devida a WHITE (1908), referindo-se às rochas basálticas da região do rio São Bento, no sul do Estado.

LEINZ (1949) descreveu o perfil clássico de um derrame basáltico: zona vítrea na base, zona com disjunção horizontal; zona intermediária, com disjunção vertical; zona superior, com disjunção vertical e horizontal e zona vesicular, no topo.

Segundo MAACK (1952), os derrames basálticos da Formação Serra Geral abrangem vários estados brasileiros e alguns países da América do Sul, ocupando uma área de cerca de 1.200.000 Km².

No Estado de Santa Catarina, a área coberta pela Formação Serra Geral atinge cerca de 52% do território (BORTOLUZZI et al, 1987).

Litologicamente há uma ampla predominância da seqüência básica, representada por basaltos, andesitos e basaltos vítreos, constituindo sucessivos derrames. Em afloramento, estas rochas apresentam coloração cinza escura a preta, localmente com tonalidades avermelhadas e

esverdeadas. Geralmente evidenciando um zoneamento característico, da base para o topo apresentam as seguintes zonas: zona vítrea (freqüentemente ausente), zona de fraturamento horizontal, zona de fraturamento predominantemente vertical, zona amigdalóide e, freqüentemente, entre dois derrames sucessivos, ocorrem brechas vulcânicas com presença de matriz arenítica e, ocasionalmente, níveis de arenitos intertrapes e diques de arenitos.

Subordinadamente ocorrem vulcânicas de caráter ácido a intermediário, destacando-se as regiões de Chapecó, Campos Novos e São Joaquim.

No Estado de Santa Catarina, as lavas basálticas afloram na região do Planalto Catarinense, onde as altitudes médias atingem cerca de 850 metros, com relevo mergulhando suavemente para oeste. Na borda leste os derrames basálticos estão configurando uma feição escarpada, denominada Serra Geral, onde as altitudes ultrapassam a 1.500 metros em determinados locais (Bortoluzzi et al, 1987).

O intervalo do evento vulcânico responsável pelo extravasamento das lavas basálticas está compreendido entre 147 a 119 milhões de anos, com um máximo entre 130 e 120 M.a. (MELFI, 1967; AMARAL et al, 1986).

3.5.15 ROCHAS ALCALINAS

As rochas alcalinas do Estado de Santa Catarina estão representadas, essencialmente, por dois maciços, o de Lages e o de Anitápolis.

Maciço Alcalino de Lages: ocorrendo na forma dômica, caracterizado pela disposição concêntrica dos afloramentos das rochas gonduânicas, este maciço alcalino compreende um grande número de corpos intrusivos nas camadas sedimentares da Bacia do Paraná, afetando desde a Formação Rio do Sul até a Formação Botucatu. "Apesar da área afetada pelas rochas alcalinas perfazer aproximadamente 2.100 km², a superfície total de afloramento é pouco superior a 50 km²" (FURTADO e SCHEIBE 1987).

SCHEIBE (1986), com base em critérios macroscópicos, definiu quatro grandes grupos litológicos: rochas alcalinas leucocráticas; rochas ultrabásicas alcalinas; carbonatitos e rochas associadas; brechas vulcânicas e quimberlitos.

As idades relativas a esse evento alcalino, conforme SCHEIBE (op.cit.), situam-se no intervalo entre 65 e 75 milhões de anos, com a moda em 70 milhões de anos.

Maciço Alcalino de Anitápolis: situa-se na localidade de Altos do Rio Pinheiros, Município de Anitápolis, aflorando numa área de cerca de 6 Km².

A estrutura de Anitápolis está condicionada por um padrão radial concêntrico de fraturamento, além de outros sistemas regionais que cortam o embasamento, onde predominam as direções NS a N10°W e N10°E, com diaclases menores de direção aproximada N55°E (MELCHER e COUTINHO, 1966).

Segundo RODRIGUES (1985), da borda para o centro, apresentam a seguinte associação litológica: álcali-sienito; nefelina-sienito; ijolito; ultramafito; veios e lentes carbonáticas atravessando todos os tipos de rochas. As encaixantes estão representadas por granitos grosseiros, cor cinza clara, apresentando fenômenos de fenitização freqüentes.

A idade dessa intrusão alcalina, segundo AMARAL et al (1967), situa-se em 129 milhões de anos.

Outras Ocorrências de Rochas Alcalinas: D'ELBOUX et al (1982) descrevem a presença de rochas alcalinas associadas a anomalias tório-uraníferas na localidade de Quarenta, Município de Botuverá. Diques de rochas alcalinas ocorrem nos arredores da Alcalina de Anitápolis, conforme citações diversas (CARRARO et al, 1966; FURTADO e SCHEIBE, 1987).

3.5.16 DEPÓSITOS CENOZÓICOS

Os diversos tipos de depósitos quaternários, no Estado de Santa Catarina, podem ser subdivididos em continentais, transicionais e marinhos (CARUSO, 1987).

Os sedimentos continentais estão relacionadas principalmente às acumulações de encostas (colúvio-eluvionais) e aos depósitos fluviais (canais e planícies aluviais). São identificados depósitos subatuais, como os relacionados à Formação Iquererim (BIGARELLA et al, 1961), Camadas Cachoeira (BIGARELLA e BECKER, 1975), Seqüência Canhanduva (BIGARELLA e SALAMUNI, 1961).

Os sedimentos fluviais, compreendendo areias finas a grosseiras, cascalhos e argilas inconsolidados, são encontrados associados às calhas dos principais cursos de água, como os rios Itajaí-Açú, Itapocú, Iguaçu e outros. Podem ser atuais ou sub-atuais, neste caso constituindo terraços mais elevados. Os depósitos transicionais estão representados por sedimentação associada a antigas lagunas, baías, acumulações paludais/turfeiras e depósitos eólicos de dunas e planícies arenosas, além de depósitos de praias e cristas praias. Os sedimentos marinhos estão representados por materiais oriundos da plataforma interna e depositados em fases transgressivas do nível relativo do mar. São constituídos por areias finas e médias, bem a moderadamente selecionadas, com intercalações de silte e presença de foraminíferos bentônicos (CARUSO, op.cit.).

4 ÁGUAS MINERAIS

4.1 CONCEITOS BÁSICOS DE HIDROGEOLOGIA

Aqüíferos: são formações geológicas ou camadas que, por suas propriedades físicas (porosidade e permeabilidade), atitude e condições normais de pressão hidrostática, possibilitam o armazenamento e circulação de importantes volumes de água (REBOUÇAS, 1976).

Aqüicludes: são formações geológicas ou camadas capazes de armazenar grandes quantidades de água, mas que só permitem uma circulação extremamente lenta, ou praticamente nula (REBOUÇAS, op.cit.).

Aqüítardes: são formações geológicas ou camadas, capazes de armazenar importantes volumes de água, mas sem condições significantes de circulação (REBOUÇAS, op.cit.).

Aqüíferos confinados: são aqueles onde, em qualquer ponto, a água está submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica. Em função disto, quando da perfuração de um poço, ao atravessar o topo do aquífero, observa-se uma rápida ascensão da água até que se estabilize numa determinada posição, fenômeno conhecido como artesianismo (FEITOSA, 1997).

De acordo com a posição topográfica da boca do poço, os poços podem ser:

Surgentes ou jorrantes: quando a água ascende até uma posição superior à superfície topográfica;

Artesianos: quando a água ascende no poço, porém, seu nível não ultrapassa a superfície topográfica.

Em função da camada confinante os aquíferos podem ser:

Aquíferos confinados não drenantes: são caracterizados por camadas confinantes impermeáveis, que não permitem a passagem de água;

Aquíferos confinados drenantes (semi-permeável), os quais distinguem-se dos anteriores, por apresentarem camada confinante semi-permeável.

Aquíferos livres: também denominados de aquíferos freáticos, são aqueles onde o limite superior de saturação está em contato com o ar e, conseqüentemente, submetido à pressão atmosférica. A Figura 2 representa, de forma esquemática os diversos tipos de aquíferos.

Uma classificação geral engloba dois grandes domínios em relação aos mananciais subterrâneos: meios porosos (isotrópicos) e meios anisotrópicos (FEITOSA, 1977):

Meios porosos: são representados pelas formações clásticas.

Meios anisotrópicos: neste meio destacam-se dois grupos: rochas carbonáticas (aquífero cárstico) e rochas cristalinas (aquífero fissural), cada um deles apresentando um comportamento hidráulico próprio e peculiar à sua forma de ocorrência, totalmente distinto dos aquíferos porosos.

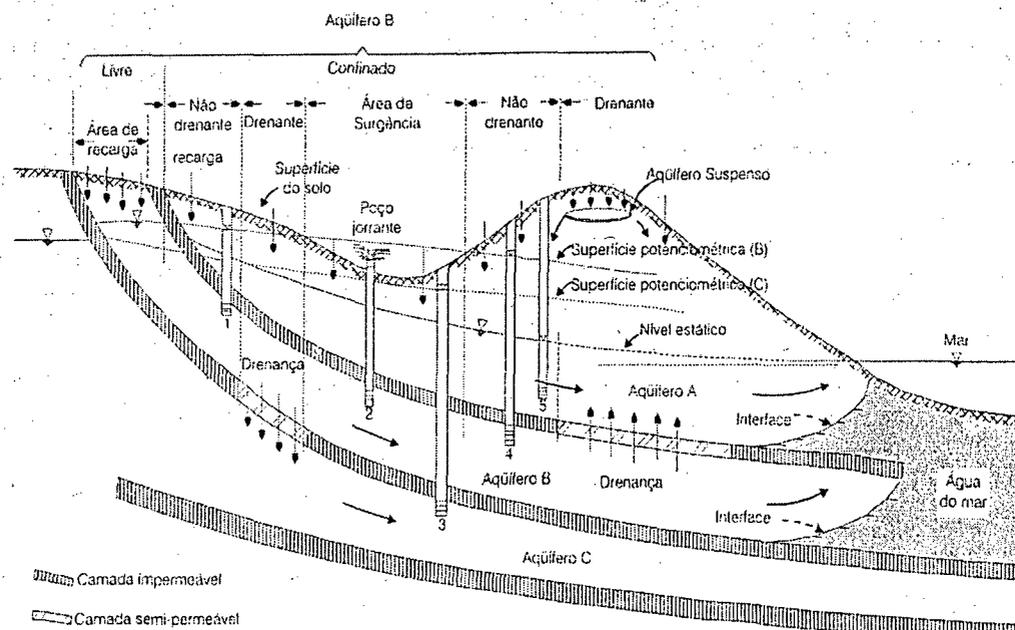


Figura 2 -Representação esquemática dos tipos de aquíferos (FEITOSA 1997).

Superfície piezométrica: representa a superfície virtual de estabilização da água, que corresponde ao nível de pressão hidrostática do aquífero.

Transmissividade (T): é a capacidade de transmissão de água de um aquífero e é definida, classicamente, como sendo a “descarga que escoar por uma faixa de largura unitária e altura igual à espessura do aquífero em função da variação unitária do gradiente hidráulico” (FEITOSA, op.cit.). Matematicamente é expressa pelo produto da condutividade hidráulica (K) pela espessura do aquífero (b)

$$T = K \cdot b$$

Condutividade hidráulica (K): é a “descarga que escoar por uma seção transversal unitária do aquífero por uma variação unitária do gradiente hidráulico”(FEITOSA, op. cit.).

Coefficiente de armazenamento (S): no caso de aquífero confinado, representa o volume de água que é liberada por um prisma vertical de aquífero de seção unitária e altura igual à espessura da camada, para um abaixamento de pressão piezométrica de uma atmosfera (REBOUÇAS, 1976). De acordo com FEITOSA (op.cit.), nos aquíferos confinados o coeficiente de armazenamento expressa a quantidade de água estocada que pode ser liberada e é dado pelo produto entre a espessura do aquífero (b) e o coeficiente de armazenamento específico (Se).

$$S = Se \cdot b$$

Coefficiente de armazenamento específico (Se): representa a “quantidade de água liberada do armazenamento de um volume unitário de um aquífero, pela variação unitária da carga hidráulica” (FEITOSA, op.cit.).

Coefficiente de armazenamento efetivo (Sef): nos aquíferos livres o coeficiente de armazenamento efetivo é dado pelo somatório entre o coeficiente de armazenamento (S) e a porosidade efetiva .

$$S_{ef} = S + n_{ef}$$

Na prática, segundo FEITOSA (op. cit.), a parcela correspondente ao coeficiente de armazenamento (S) é muito pequena em relação a porosidade efetiva (n_{ef}), podendo ser considerada desprezível. Nestes casos, o coeficiente de armazenamento efetivo dos aquíferos livres se confunde com a porosidade efetiva, a qual pode ser definida como sendo a razão entre o volume de água efetivamente liberado de uma amostra de rocha porosa saturada e o volume total.

$$n_{ef} = \frac{V_d}{V_t}$$

onde:

V_d = volume drenado;

V_t = volume total

Reservas: REBOUÇAS (1976) divide as reservas em: reguladoras, permanentes e exploráveis.

Reservas reguladoras: corresponde ao volume de água da zona de flutuação (anual ou sazonal) do nível de saturação. Representam o volume da realimentação anual ou estacional, ou seja, correspondem ao “ativo” do sistema.

Reservas permanentes: correspondem ao volume de água da parte do aquífero situada abaixo da zona de flutuação anual ou estacional. Nas condições naturais, este volume varia somente em intervalos de tempo geológico, representa o seu “passivo”.

Assim, enquanto as reservas permanentes dão uma idéia da grandeza de volume de água armazenada no aquífero, as reservas reguladoras indicam suas condições de recarga.

Recursos exploráveis: são variáveis no espaço e no tempo, em função das condições hidrogeológicas, do efeito das explorações sobre o regime de fluxo nos aquíferos, da disposição e concepção das obras de captação e dos equipamentos de exploração, dentre outros fatores.

COSTA (1998) propôs uma compatibilização de terminologia e metodologia de avaliação de valores quantitativos das águas subterrâneas, definindo os termos reservas permanentes e reguladoras, potencialidade e disponibilidade. Propôs, ainda, metodologias de avaliação desses elementos para os diferentes tipos de aquíferos.

Recarga anual do aquífero - vazão de escoamento natural: representa um importante dado para a avaliação das condições de exploração.

Coefficiente de realimentação: corresponde à relação entre os volumes de recarga ou o ativo e as reservas permanentes ou o passivo (REBOUÇAS, 1976; COSTA e COSTA, 1997).

4.2 HISTÓRICO

As águas minerais têm sido usadas desde os mais remotos registros da história das civilizações, com finalidades terapêuticas nos mais variados tipos de enfermidades, quando, às fontes hidrominerais, eram atribuídas fenômenos sobrenaturais relacionados a deuses, ninfas e outros simbolismos.

Já na Grécia antiga as virtudes das águas e vapores emanados das fontes termais eram amplamente difundidos, tendo como principais defensores grandes pensadores, tais como Píndaro, Aristóteles e Platão. Os princípios da crenoterapia (do Grego: Crenos=Fonte) foram esboçados pelo famoso historiador Heródoto no Século V a.c. , quando esta prática foi intensamente difundida em todo o Império Romano. Nessa época, o emprego das águas minerais, em especial das termominerais, em balneários e estações termais foi muito importante, tendo, os romanos explorado fontes distribuídas pelos diversos países que fizeram parte de seu Império. Na Alemanha, utilizaram as fontes de Aachen, as de Bath na Inglaterra, na Espanha, as denominadas Caldas e

Termas, em torno das quais deixaram muitos vestígios de sua civilização (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

Segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (op.cit.), nos séculos XVII a XIX as estações termominerais adquiriram novo esplendor, como os balneários de Aachen, Bad Ems, Baden-Baden, Wiesbaden na Alemanha; Bath e Harrogate na Inglaterra; Baden na Suíça, Vichy e Dax na França; Karlovy Vary (Karsbad) na Checoslováquia; Baden na Áustria; Spa na Bélgica; Caldas de Malavella, Caldas de Montbuy e La Garriga na Catalunha (Espanha); Sabomaggiore e Acqui na Itália.

A documentação científica sobre o assunto remonta ao ano de 1604, quando foi promulgada, por Henrique IV, a primeira legislação sobre águas minerais na França. No Século XVIII, várias publicações da Sociedade Real de Medicina da França, dentre as quais, o trabalho de Teófilo de Bordeu, com mais de duas mil observações realizadas em Baréges, França, consolidam o acervo científico sobre o assunto.

No período entre as duas guerras mundiais, o hábito das curas através das estações termominerais teve grande ênfase, sendo que, a moderna indústria das águas engarrafadas, se concretizou com os estágios mais avançados do capitalismo.

No Brasil, o interesse pelas águas minerais teve grande impulso em 1818, quando o Imperador D. João VI, através de Decreto, ofereceu sua proteção para a construção de um hospital e definiu as terras em torno das fontes hidrotermais descobertas, anos antes (1813), por caçadores na “Freguesia de São José”, hoje, Caldas da Imperatriz, Município de Santo Amaro da Imperatriz.

A história dessas fontes está documentada por ANDRADE JR. (1928) e BOITEUX (1932), onde consta, que sua descoberta ocorreu no ano de 1813, por caçadores. Sendo que, em 1814, os indígenas que habitavam a região e haviam sido desalojados, retornaram ao local e trucidaram o destacamento militar que havia sido enviado pelo governador da província para ocupar a área.

A construção de um hospital para abrigar enfermos, que nunca chegou a ser erguido, recebeu autorização e fundos da Assembléia Provincial em 1842 e auxílio da Imperatriz D. Tereza Cristina, em 1844.

Grande impulso para a balneioterapia ocorreu mesmo, em 1845, quando o Imperador D. Pedro II e a Imperatriz D. Tereza Cristina visitam as já famosas águas termais das Caldas do Cubatão.

Com a criação do Departamento Nacional da Produção Mineral, em 1930, e, especialmente, em 1945, com a entrada em vigor do Código de Águas Minerais, a

indústria das águas minerais, tanto engarrafadas quanto os balneários, se consolidou em função do apoio do órgão e de uma legislação mais adequada.

A indústria das águas minerais engarrafadas no Estado, remonta ao ano de 1927, com a produção da “Água Santa Catarina”, pela empresa de Jacob Villain, localizada em Cubatão, Município de Palhoça.

Segundo CUSTODIO e LLAMAS (1983), o termo “água mineral” é muito ambíguo e se utiliza sob diversas concepções. Algumas vezes se consideram águas minerais aquelas que possuem um conteúdo de sais dissolvidos superior ao das águas potáveis, ao passo que outras vezes se consideram águas minerais aquelas que apresentam conteúdos anormalmente elevados de algumas substâncias dissolvidas, como: CO_2 , CO_3H^- , $\text{S}^{=}$, Fe^{++} , etc., mesmo que sua salinidade seja inferior à de muitas águas potáveis comuns.

4.3 LEGISLAÇÃO MINERAL RELATIVA ÀS ÁGUAS MINERAIS

A Constituição Federal de 1988, Capítulo II, em seu Artigo 20, inciso IX, define como bens da União, os recursos minerais, inclusive os do subsolo. No Artigo 22, inciso XII, diz que compete privativamente à União legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.

O Decreto-Lei nº 227 (Código de Mineração), de 28 de fevereiro de 1967, que dá nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985 (Código de Minas), de 29 de janeiro de 1940, estabelece em seu Capítulo I, Artigo 1º que: “compete à União administrar os recursos minerais, a indústria mineral e a distribuição, comércio e o consumo de produtos minerais.

O Artigo 2º estabelece os regimes de aproveitamento das substâncias minerais:

I- regime de Concessão, quando depender de decreto de concessão do Governo Federal;

II- regime de Autorização e Licenciamento, quando depender de Alvará de autorização do Ministério de Minas e Energia e de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro posterior no órgão do próprio Ministério da Fazenda.

O Parágrafo Único do Artigo 3º do Código de Mineração estabelece que: “Compete ao Departamento Nacional da Produção Mineral (D.N.P.M.) a execução deste Código e dos diplomas legais complementares”.

O Decreto nº 62.934, de 02 de julho de 1968 aprova o Regulamento do Código de Mineração.

A pesquisa e a exploração de água mineral é feita a luz do Código de Mineração, do Código de Águas Minerais e legislações complementares.

Assim, no Brasil, as águas minerais são definidas e regidas pelo Decreto-Lei no 7.841, de 08 de agosto de 1945, publicado no D.O.U de 20 de agosto de 1945 – Código de Águas Minerais, da seguinte forma:

“Águas minerais são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa”.

A presente Lei estabelece as características de composição e propriedades para classificação como água mineral pela imediata atribuição de ação medicamentosa.

“Poderão ser, também, classificadas como minerais, águas que, mesmo sem atingir os limites da classificação estabelecida nos Capítulos VII e VIII, possuam incontestável e comprovada ação medicamentosa”.

A ação medicamentosa, referida no parágrafo anterior, das águas que não atinjam os limites da classificação estabelecida nos Capítulos VII e VIII, deverá ser comprovada no local, mediante observações repetidas, estatísticas completas, documentos de ordem clínica e de laboratório, a cargo de médicos crenologistas, sujeitas às observações, fiscalização e aprovação da Comissão Permanente de Crenologia, definida no art. 2º desta Lei.

4.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS MINERAIS

4.3.1.1 QUANTO À COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Oligominerais: quando, apesar de não atingirem os limites estabelecidos neste artigo, forem classificadas como minerais pelo disposto nos parágrafos 2º e 3º, do artigo 1º da presente Lei.

Radíferas: quando contiverem substâncias radioativas dissolvidas que lhe atribuam radioatividade permanente;

Alcalino-bicarbonatadas: as que contiverem, por litro, uma quantidade de compostos alcalinos equivalente, no mínimo, a 0,200g de bicarbonato de sódio;

Alcalino-terrosas: as que contiverem, por litro, uma quantidade de alcalino-terrosos equivalente, no mínimo, a 0,120g de bicarbonato de cálcio, distinguindo-se:

a) alcalino-terrosas cálcicas: as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,048g de catione Ca sob a forma de bicarbonato de cálcio;

b) alcalino-terrosa magnesianas, as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,030g de catione Mg, sob a forma de bicarbonato de magnésio;

Sulfatadas: as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,100g de anionte SO_4 , combinado aos cationes Na, K e Mg;

Sulfurosas: as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,001g do anionte S;

Nitratadas: as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,100g de anionte NO de origem mineral;

Cloretadas: as que contiverem, por litro, no mínimo, 0,500g do ClNa (cloreto de sódio);

Ferruginosas: as que contiverem, por litro, no mínimo 0,005g do catione Fe;

Radioativas: as que contiverem radônio em dissolução, obedecendo os seguintes limites:

a) fracamente radioativas: as que apresentarem, no mínimo, um teor em radônio compreendido entre 5 e 10 unidades Mache, por litro, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

b) radioativas: as que apresentarem um teor em radônio compreendido entre 10 e 50 unidades Mache por litro, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

c) fortemente radioativa: as que possuírem um teor em radônio superior a 50 unidades Mache, por litro, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

Toriativas: as que possuírem um teor em torônio em dissolução equivalente, em unidades eletrostáticas, a 2 unidades Mache, por litro, no mínimo;

Carbogasosas: as que contiverem, por litro, 200 mm de gás carbônico livre dissolvido, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão.

As águas minerais deverão ser classificadas pelo DNPM de acordo com o elemento predominante, podendo ter classificação mista as que acusarem, na sua composição, mais de um elemento digno de nota, bem como as que contiverem íons, ou substâncias raras dignas de nota (água iodatada, arseniadas, litinadas, etc).

As águas nitratadas e cloretadas só serão consideradas minerais, quando possuírem uma ação medicamentosa definida, comprovada, conforme o § 3° do artigo 1° da presente Lei.

4.3.1.2 QUANTO AOS GASES DISSOLVIDOS

Fontes radioativas:

a) fracamente radioativas: as que apresentarem, no mínimo, uma vazão gasosa de 1 litro por minuto (1 litro/ min.) com um teor em radônio compreendido entre 5 a 10 unidades Meche, por litro de gás espontâneo, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

b) radioativas: as que apresentarem, no mínimo, uma vazão gasosa de 1 litro/min. com um teor compreendido entre 10 e 50 unidades Mache, por litro de gás espontâneo, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

c) fortemente radioativas: as que apresentarem, no mínimo, uma vazão gasosa de 1 litro/min. com teor em radônio superior a 50 unidades Mache, por litro de gás espontâneo, a 20° C e 760 mm de Hg de pressão;

Fontes toriativas: as que apresentarem, no mínimo, uma vazão gasosa de 1 litro/min. com um teor em torônio, na emergência, equivalente, em unidades eletrostáticas, a 2 unidades Mache por litro;

Fontes sulfurosas: as que possuírem na emergência desprendimento definido de gás sulfídrico.

4.3.1.3 QUANTO À TEMPERATURA

- Fontes frias: quando sua temperatura for inferior a 25° C;
- Fontes hipotermiais: quando sua temperatura estiver compreendida entre 25° e 33° C;
- Fontes mesotermiais: quando sua temperatura estiver compreendida entre 33° e 36° C;
- Fontes isotermiais: quando sua temperatura estiver compreendida entre 36° e 38° C;
- Fontes hipertermiais: quando sua temperatura for superior a 38° C

4.4 PROVÍNCIAS HIDROGEOLÓGICAS

O primeiro esboço hidrogeológico do Estado de Santa Catarina deve-se a BRITO NEVES et al (1979), que individualizaram diversas províncias hidrogeológicas com base nos seguintes pré-requisitos: condicionamento geológico (litologia, posição estratigráfica, tectônica e estruturas); condicionamento fisiográfico (clima, hidrografia, morfologia, etc.); identificação de aquíferos e/ou sistema de aquíferos principais; determinação e análise das potencialidades globais destes aquíferos, em função da produção diária de poços e do cálculo das reservas potenciais exploráveis, sob condições diversas; finalidade e condições de explorabilidade, em razão dos fatores quantitativos e qualitativos dos aquíferos.

No Mapa Hidrogeológico do Brasil (MME/DNPM, 1983), apresentado na escala 1:5.000.000, são caracterizadas 10 (dez) “províncias hidrogeológicas”, as quais são subdivididas em diversos “sistemas aquíferos”. A ocorrência de água subterrânea foi representada em três conjuntos distintos: “em rochas porosas com importância hidrogeológica grande a pequena, “rochas fraturadas com importância hidrogeológica relativamente média a pequena” e “rochas porosas ou fraturadas com importância hidrogeológica relativamente muito pequena”. No Estado de Santa Catarina foram individualizadas a Província Escudo Oriental, Subprovíncia Sudeste, a Província Paraná, com os sistemas aquíferos: Itararé, Guatá, Botucatu-Pirambóia-Rio do Rasto e a Província Costeira, com o sistema aquífero Quaternário.

A primeira síntese regional sobre as águas minerais catarinenses foi apresentada por ÁVILA et al (1986), quando descreveram todas as fontes catalogadas no DNPM, discorrendo sobre suas principais características hidrogeológicas e hidroquímicas, relacionando-as às províncias hidrogeológicas descritas por BRITO NEVES et al (op.cit.)

Neste estudo adotaremos, em linhas gerais, a proposição de BRITO NEVES et al (op.cit.), que individualizaram 4 (quatro) províncias hidrogeológicas no Estado, quais sejam: a cristalina, a paleozóica, a mesozóica e a cenozóica (Mapa anexo).

4.4.1 PROVÍNCIA CRISTALINA

Segundo BRITO NEVES et al (1979), esta província engloba um conjunto de rochas arqueanas, proterozóicas e eo-cambrianas ocorrentes no leste do Estado, numa faixa de largura variável, de 60 a 80 Km, que se estende dos limites com o Estado do Paraná para o sul, até as proximidades da cidade de Jaguaruna, estando encoberta por sedimentos cenozóicos no extremo leste e sudeste do Estado. A oeste, está sobreposta por depósitos sedimentares Gonduânicos da Província Paleozóica. Identificaram duas sub-províncias, as quais denominaram de “Pré-Cambriana” e “Eo-Paleozóica”.

Devido ao seu caráter relativamente maciço, esses litotipos apresentam permeabilidade intersticial praticamente nula, conseqüentemente, sua produtividade hídrica é fraca. O armazenamento de água se dá principalmente ao longo da rede de fraturamento superimposta ao conjunto litoestratigráfico e, em menor escala, ao longo dos planos de estratificação nas rochas gnáissicas e xistosas (complexos Granito-Gnássico e Metamórfico Brusque) e nas laminações tectônicas nos ortognaisses, granulitos e granitos em geral, o que resulta no seu caráter fortemente anisotrópico.

A rede hidrográfica da vertente oriental está controlada pela rede de fraturas, onde há o armazenamento de água subterrânea, formando aquíferos livres, com níveis piezométricos pouco profundos. Em zonas topograficamente elevadas o nível piezométrico aflora no contato do manto de intemperismo com a rocha sã, de onde brotam as fontes, após percolarem por entre o fraturamento intraexistente. A recarga dos aquíferos nesta sub-província, ocorre diretamente através da precipitação das águas pluviais sobre o fraturamento exposto e, indiretamente via manto de intemperismo, aluviões quando presentes e águas fluviais (BRITO NEVES et al, 1979).

BRITO NEVES et al (op.cit.) estimam um volume precipitado na sub-província Pré-Cambriana de $24. 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, para uma área de 16.000 Km^2 e uma pluviometria de 1.500 mm/ano . Os principais exutórios naturais, ao lado da evapotranspiração, são o manto de intemperismo e as aluviões. A taxa de infiltração varia em função do grau de fraturamento, da presença e espessura do manto de intemperismo, das aluviões e do grau de declividade da superfície topográfica. As restituições acima de 10.000 l/h observadas na área do cristalino, responsáveis, em parte, pela perenização da rede hidrográfica da vertente atlântica, evidenciam uma alta taxa de infiltração.

No Mapa Hidrogeológico do Brasil (MME/DNPM, 1983), são identificados, na área correspondente a esta sub-província, os “aquíferos locais restritos às zonas fraturadas”, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo, livres, com permeabilidade geralmente baixa, com água quimicamente de boa qualidade, com importância hidrogeológica relativa pequena. As áreas correspondentes ao domínio das rochas intrusivas e efusivas associadas, consideraram como “aquíferos praticamente ausentes”, com importância hidrogeológica relativa muito pequena.

Tabela 6 - Características principais de 66 poços na Sub-Província Cristalina.

	Prof.(m)	N.E (m)	N.D. (m)	Vazão (l/h)	V.Esp.(l/h/m)
Mínimo	18	+1	02	200	05
Média	83	04	43	5.600	240
Máximo	224	25	80	30.400	10.000

BRITO NEVES et al (1979), modificado

Neste estudo, agrupamos as águas minerais que ocorrem na Província Cristalina em três domínios litoestruturais distintos: Domínio Meridional, Domínio Central e Domínio Setentrional. Justifica-se esse agrupamento em função das características litoestruturais particulares presentes em cada um desses domínios, além dos aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos, relativamente homogêneos em cada um desses compartimentos (Mapa anexo).

4.4.1.1 DOMÍNIO MERIDIONAL

Compreende as exposições de rochas granito-gnáissicas, com migmatitos associados, que ocorrem ao sul do Lineamento Major Gercino, nas quais estão inseridas as suítes graníticas intrusivas São Pedro de Alcântara e Pedras Grandes, as vulcâncias ácidas da Formação Cambirela e os metamorfitos de baixo grau da Formação Queçaba.

Neste domínio estão localizadas diversas fontes naturais e poços tubulares de águas minerais, que apresentam um forte controle estrutural (controladas por direções preferenciais de falhamentos) e características físico-químicas muito semelhantes, tais como temperatura elevada (fontes termais), com poucas exceções; presença de radioatividade; pH ácido a neutro; fracamente mineralizadas; baixa condutividade elétrica (entre $8,5 \times 10^{-5}$ e $1,0 \times 10^{-4}$ mhos/cm); baixo resíduo de evaporação a 180°C (entre 40,16 e 130,3); dureza (águas moles ou brandas); presença de flúor, etc. (Tabela 7).

Conforme pode ser visualizado no mapa anexo, o arcabouço estrutural desta área é marcado pela dominância de quatro sistemas principais de falhamentos: $\text{N}0\text{-}20^{\circ}\text{E}$, $\text{N}40\text{-}60^{\circ}\text{E}$, $\text{N}10\text{-}15^{\circ}\text{W}$ e $\text{N}40\text{-}50^{\circ}\text{W}$. Segundo FERREIRA e ALMEIDA (1989), os depósitos de fluorita e barita do Estado de Santa Catarina estão inseridos em zonas de cisalhamentos de direção preferencial $\text{N}10^{\circ}\text{E}$, subordinadamente, $\text{N}60^{\circ}\text{E}$.

Numa análise regional das ocorrências de águas minerais do Domínio Meridional, verifica-se um nítido controle estrutural, freqüentemente, com uma clara associação com mineralizações de fluorita-quartzo-barita, principalmente associadas a lineamentos de direção geral $\text{N}0\text{-}20^{\circ}\text{E}$, com variações para $\text{N}10\text{-}15^{\circ}\text{W}$, além de direções $\text{N}40\text{-}60^{\circ}\text{E}$.

Tabela 7 - Principais Características Físico-Químicas das Águas Minerais do Domínio Meridional.

Fonte	T.($^{\circ}\text{C}$)	pH	Rad.	Cond.(mhos/cm)	Res.evap.a 180°C	Dur.total (CaCO_3)
Caldas 1 e 2	39,8	6,5	32,87	$9,16 \times 10^{-5}$	88,14	29,03
Figueira	38,5	6,8	32,18	$8,8 \times 10^{-5}$	75,00	20,09
Piscina	38,2	7,2	35,87	$1,02 \times 10^{-4}$	84,00	25,10
Plaza	41,0	7,1	46,37	$1,20 \times 10^{-4}$	125,00	27,0
Águas Mornas 1	37,0	6,0	6,89	$9,65 \times 10^{-5}$	64,00	25,02
Águas Mornas 2	35,0	6,3	4,20	$8,5 \times 10^{-5}$	53,00	25,55
Chuá 1	40,0	6,6	19,3	$1,1 \times 10^{-4}$	86,00	23,50
Chuá 2	38,0	6,7	23,5	$1,0 \times 10^{-4}$	96,00	24,00
Crystal	40,1	6,0	15,40	$1,1 \times 10^{-4}$	87,66	24,00
Baden-Baden	31,5	6,3	28,45	$1,23 \times 10^{-4}$	97,2	25,42
GL	20,8	4,8	13,34	$4,64 \times 10^{-5}$	40,16	10,00
Santa Catarina	37,0	6,5	7,29	$6,59 \times 10^{-5}$	45,00	15,63
Verani	21,0	5,5	0,1	$1,66 \times 10^{-4}$	130,3	26,92
Fontes do Sul	21,8	6,51	15,37	$9,68 \times 10^{-5}$	89,15	21,00
Nádia Amim	22,4	5,91	14,17	$1,02 \times 10^{-4}$	96,7	18,72
Gravatal	36,0	6,40	19,17	$9,2 \times 10^{-5}$	61,00	23,34
Santa Terezinha	35,8	6,45	9,09	$1,02 \times 10^{-4}$	72,00	23,51
Guarda n°1	37,8	6,09	50,52	$7,2 \times 10^{-5}$	52,00	12,70
Guarda n°2	36,0	6,01	35,48	$7,11 \times 10^{-5}$	51,00	13,20
Guarda n°3	38,4	5,75	46,12	$8,58 \times 10^{-5}$	58,00	16,04
Rio do Pouso	37,0	6,99	15,56	$1,80 \times 10^{-4}$	111,07	41,08
São Pedro	32,2	7,40		$8,25 \times 10^{-5}$	498,00	11,00
Urcá	27,10	6,5	0,93	$1,07 \times 10^{-4}$	73,00	24,85

Tabela 7 - Principais Características Físico-Químicas das Águas Minerais do Domínio Meridional.

Fonte	T.(°C)	pH	Rad.	Cond.(mhos/cm)	Res.evap.a 180°C	Dur.total (CaCO ₃)
Minerali 1	27,9	5,74	31,38	6,33x10 ⁻⁵	53,24	7,81
Minerali 2	28,00	5,76	34,25	6,26x10 ⁻⁵	50,20	8,21
São Bonifácio 1	27,2	5,8	41,89	5,87x10 ⁻⁵	40,40	12,18
São Bonifácio 2	28,5	5,7	34,30	6,23x10 ⁻⁵	38,60	14,48
São Bonifácio 3	26,1	5,6	29,79	5,80x10 ⁻⁵	42,10	13,55
Sta.Rosa de Lima 1	25,40	6,06	44,51	7,42x10 ⁻⁵	50,60	14,91
Sta. Rosa de Lima 2	35,1	7,27	29,20	7,27x10 ⁻⁵	53,00	17,71

Quimicamente as águas deste domínio mostram uma grande homogeneidade. Quando plotadas no diagrama de Piper, a ampla maioria situa-se no campo das águas bicarbonatadas sódicas, com apenas as exceções das fontes Verani e São Pedro, que enquadram-se no campo das águas cloretadas sódicas (Figura 3).

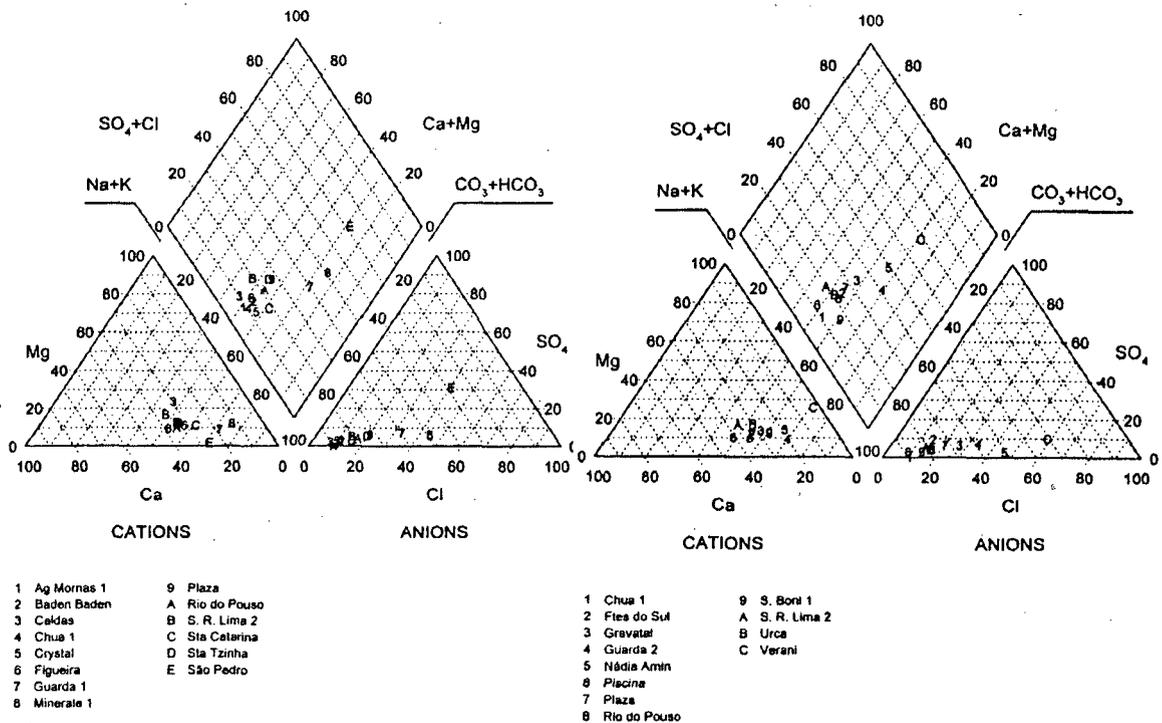


Figura 3 - Diagramas de Piper do Domínio Meridional.

Essa homogeneidade é também marcada no diagrama de Shoeller, que relaciona os principais cátions e ânions numa escala semi-logarítmica (Figura 4).

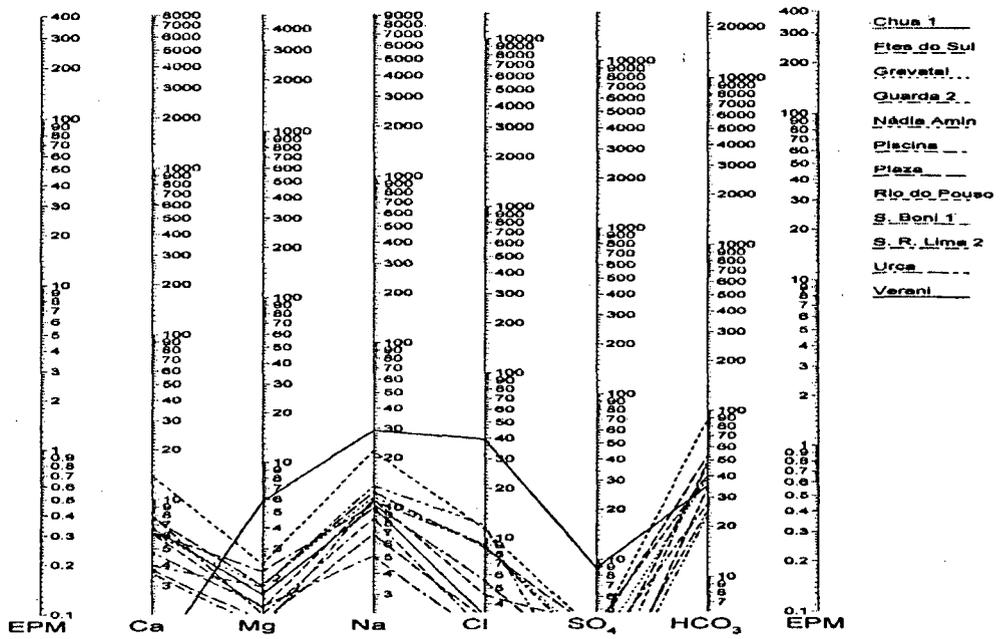


Figura 4 - Diagrama de Schoeller do Domínio Meridional.

O mesmo ocorre no diagrama de Wilcox, que relaciona a salinidade com a condutividade elétrica, mostrando águas com baixo risco de alcalinidade em sódio e baixa salinidade (Figura 5).

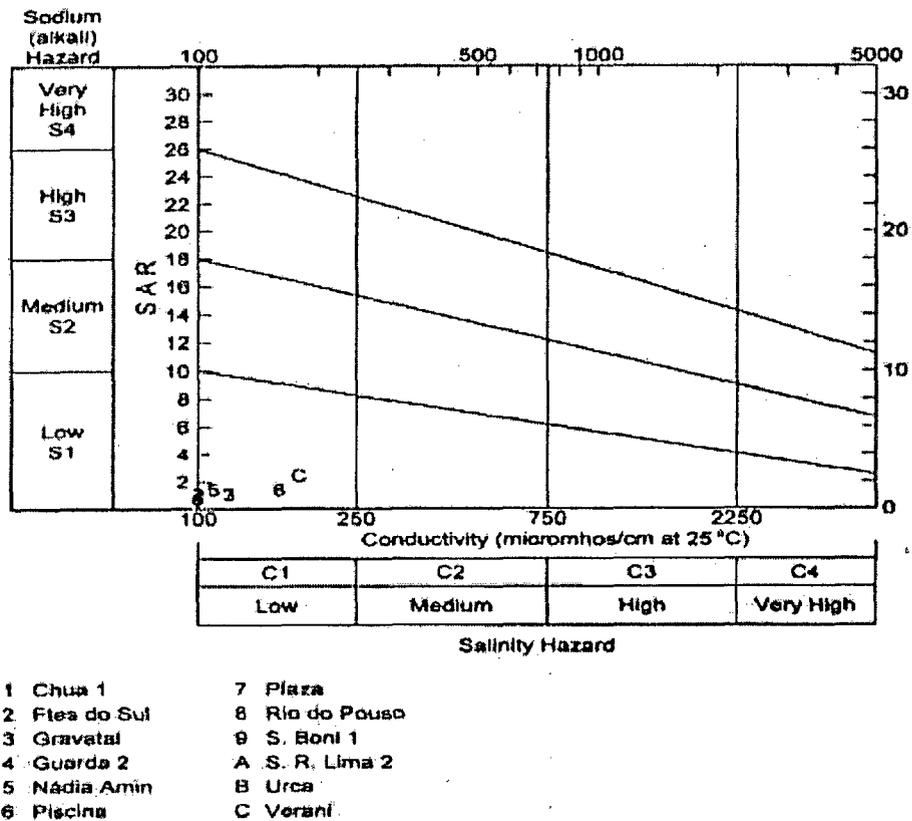


Figura 5- Diagrama Wilcox do Domínio Meridional.

O diagrama de Stiff, onde cada fonte é representada individualmente, também mostra uma nítida homogeneidade, com a ampla maioria das águas classificando-se como bicarbonatadas sódicas. Nesse diagrama, deve ser observado a escala de representação dos valores em miliequivalentes por litro, uma vez que o “software” utilizado a modifica automaticamente. Assim, águas com diferentes graus de mineralização podem apresentar “assinaturas” muito similares.

Os dados hidrogeológicos dessas fontes são relativamente escassos devido ao fato da maioria das captações terem sido construídas nas décadas de setenta e oitenta, quando a legislação mineral era mais dirigida para as características sanitárias específicas do ponto captado, além da prática vigente na época, de se captar a água mineral na própria surgência, apenas com o aprofundamento de poços escavados até o encontro da rocha sã.

Os trabalhos mais recentes, realizados a partir do final dos anos oitenta e início de noventa, foram dirigidos, preferencialmente para poços tubulares. Mesmo assim, os dados a respeito das características construtivas dos poços, parâmetros hidrogeológicos, estudo do aquífero, balanço hídrico, parâmetros hidroquímicos, etc., somente tornaram-se prática obrigatória com o advento da Portaria do Diretor-Geral do DNPM N° 222, de 07/08/97, quando passou a ser exigida a apresentação do estudo hidrogeológico da área, realização de testes de bombeamento com o acompanhamento do DNPM, entre outras exigências.

4.4.1.1.1 Descrição das Fontes

4.4.1.1.1.1 Fontes Caldas da Imperatriz - DNPM N° 002.360/41

Local: Caldas da Imperatriz

Município: Santo Amaro da Imperatriz

Manifesto de Mina n° :1.042, de 25/03/42

Concessionária: Companhia Hidromineral Imperatriz

Área: 4,000ha.

Captação das Fontes Naturais: na área ocorrem 4 fontes naturais, denominadas de “Fonte n°1”, “Fonte n°2”, “Fonte Figueira ou n°3” e “Fonte Piscina ou n°4”. As fontes 1 e 2 estão distantes entre si cerca de 11,5m, foram reunidas numa caixa de captação conjunta de 5,00m³.

Tabela 8 - Parâmetros hidráulicos disponíveis. Caldas da Imperatriz.

Fonte	Tipo de Captação	Vazão espontânea(l/h)
Caldas 1 e 2	Caixa de reunião	20.000
Figueira	Caixa	7.700
Piscina	Caixa	1.580

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico.

Litologias: rochas gnáissicas e graníticas fraturadas e cobertura coluvionar.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Oficial Segundo o Código de Águas Minerais:

Caldas 1 e 2: Água Mineral Fluoretada, Radioativa e Hipertermal na Fonte.

Figueira: Água Mineral Fluoretada, Radioativa e Hipertermal na Fonte.

Piscina: Água Mineral Fluoretada, Litinada, Radioativa e Hipertermal na Fonte.

Classificação Química: Quimicamente as fontes Caldas 1 e 2, Piscina e Figueira classificam-se como bicarbonatadas sódicas, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e de Stiff (Figura 6).

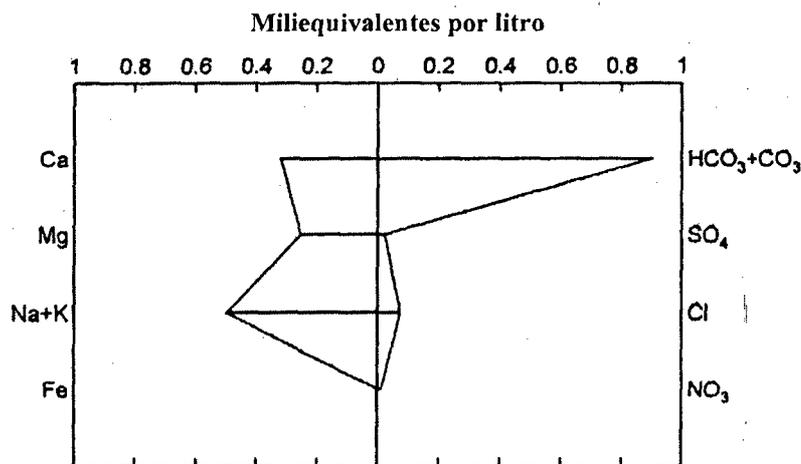


Figura 6 - Diagrama de Stiff. Caldas 1 e 2.

Usos: balneário/hotelaria e engarrafamento.

Produto: Água Mineral Imperatriz.

4.4.1.1.2 Fonte Plaza - DNPM N° 815.374/85

Local: Caldas da Imperatriz

Município: Santo Amaro da Imperatriz

Situação Legal: Portaria de Lavra N° 291, de 13/9/93 DOU 14/9/93

Concessionária: Sociedade Hoteleira Itatiaia S/A

Área: 42,62 ha

Captação: Três poços tubulares com: 9,90m; 8,40m e 6,90m, reunidos numa caixa de “sucção”, vazão espontânea total de 6.829,16l/h ou 150.000 l/dia

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico

Litologia: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas

Unidade Higrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Hipertemal e Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Quimicamente esta fonte classifica-se como bicarbonatada sódica, segundo os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 7).

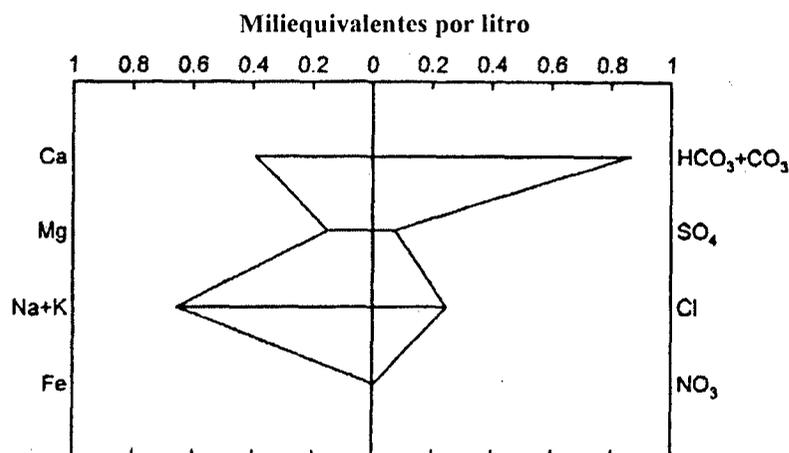


Figura 7 - Diagrama Stiff. Fonte Plaza.

Uso: hotelaria - Hotel Plaza Imperatriz

4.4.1.1.3 Fonte Águas Mornas – DNPM N° 809.74672

Local: Águas Mornas; Município de Águas Mornas

Concessionária: Águas Mornas Mineradora Ltda.

Situação Legal: Portaria de Lavra n° 1009, de 21.07.81 ; publicada no D.O.U de 21.07.81

Área: 23,60 ha

Captações:

Poço tubular

Fonte Natural: Captação por caixa, com profundidade de 7m e diâmetro de 3m.

Tabela 9- Características hidráulicas das captações. Águas Mornas.

Fonte	Profundidade (m)	Vazão (l/h)	NE (m)	ND (m)	Cap.Esp. (m ³ /h/m)
Nº 1	3,00	7.800	0,00		
Nº 2	46,00	35.000	0,75	3,4	10,29

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico.

Litologias: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas e cobertura coluvionar.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Oficial Segundo o Código de Águas Minerais:

Fonte 1: Água Mineral Fluoretada, Isothermal e Fracamente Radioativa na Fonte

Fonte 2: Água Mineral Fluoretada, Mesothermal na Fonte.

Classificação Química: Quando plotadas nos diagramas de Piper (Figura 3) e de Stiff (Figura 8), estas duas fontes classificam-se como bicarbonatadas sódicas.

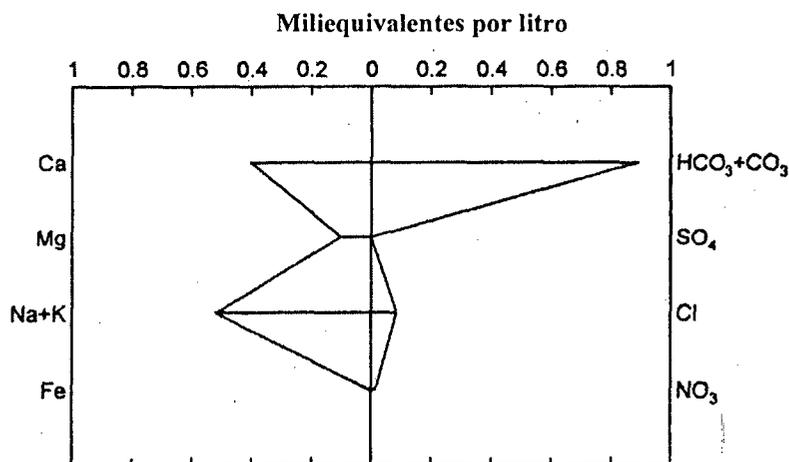


Figura 8 – Stiff. Fonte Águas Mornas 2.

Uso: hotelaria/balneário. Hotel Águas Mornas.

4.4.1.1.4 Fontes Chuá - DNPM Nº 804.147/72

Local: Termas do Chuá.

Município: Águas Mornas.

Situação Legal: Portaria de Lavra nº763, de 23/06/86

Concessionária: Koerich Termas do Chuá Águas Mornas Ltda.

Situação Atual: Suspensão de início de atividades de lavra.

Área: 5,48 ha.

Captação: As duas fontes foram reunidas numa captação única, fornecendo uma vazão de 8.154,166 l/h.

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico

Litologia: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água mineral fluoretada, radioativa e hipertermal na fonte.

Classificação Química: Tanto no diagrama de Piper (Figura 3), como no de Stiff (Figura 9), a água dessas duas fontes classifica-se como bicarbonatada sódica.

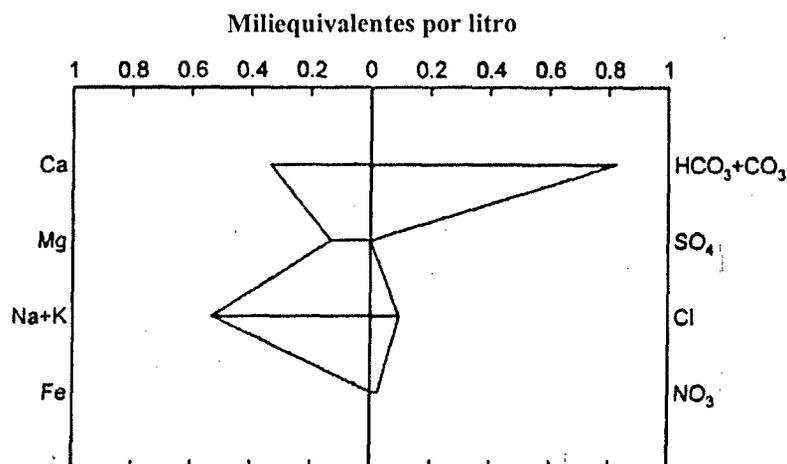


Figura 9 - Diagrama Stiff. Fonte Chuá.

Uso: balneário.

4.4.1.1.1.5 Fonte Crystal – DNPM N° 815.372/92

Localização: Águas Mornas

Município: Águas Mornas

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n°2.978, de 23/09/1993, publicado no D.O.U. de 27/09/93.

Relatório Final aprovado em 06/04/99, publicado no D.O.U. de 13/04/99

Plano de Aproveitamento Econômico apresentado em: 20/08/99

Área: 46,37 ha.

Tabela 10 - Características construtivas do poço. Crystal.

Profundidade	65,00 m
Diâmetro	de 0,00 a 5,00 m – 10” ; de 5,00 a 65,00 m – 6”
Cimentação	até 14,5 m
Lage	1,0mx1,0mx0,20 m
Revestimento	pvc geomecânico de 6” em toda a extensão
Filtros	pvc ranhurado: 16 a 20m, 32 a 36m, 38 a 42m, 56 a 58m
Entradas d'água	17m, 33m, 39m e 43m

Tabela 11 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Crystal.

Est.	Tempo	Vazão (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	s(m)	Q/s (m ³ /h/m)	s/Q (m/m ³ /h)
1º.	480 min	9,59	7,68	9,42	1,74	5,51	0,18
2º.	480 min	18,43	7,68	12,15	3,90	4,72	0,21
3º.	480 min	44,4	7,68	22,66	14,68	3,02	0,33

Transmissividade (T), calculada na recuperação: 3,18 m²/h ou 75,00 m²/dia.

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico

Litologia: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada, Radioativa e Hipertermal na Fonte.

Classificação Química: De acordo com os diagramas de Piper (Figura 3.) e de Stiff (Figura 10), a água classifica-se como bicarbonatada sódica.

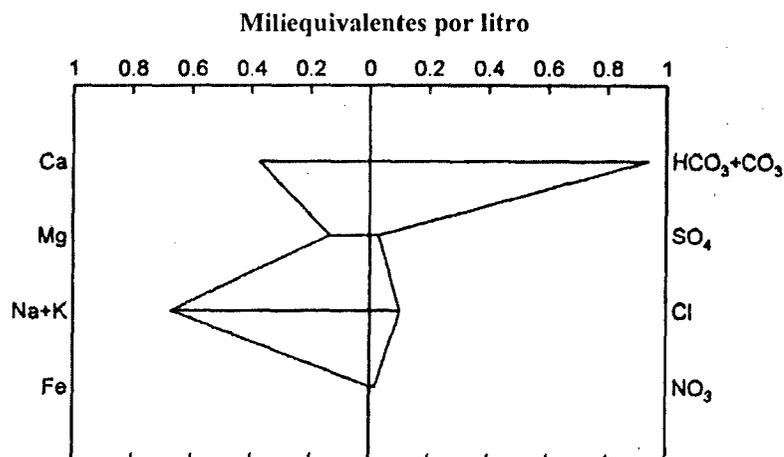


Figura 10 - Diagrama Stiff. Fonte Crystal.

Uso: balneário e engarrafamento.

4.4.1.1.1.6 Fonte Baden-Baden – DNPM N° 815.422/94

Local: Vargem Grande

Município: Santo Amaro da Imperatriz

Alvará de Pesquisa n°: 1.000, de 19/04/95, publicado no D.O.U de 24/04/95.

Situação Legal: Relatório Final de Pesquisa aprovado em 11/08/98, publicado no D.O.U de 19/08/98

Área: 48 ha.

Captação: Poço tubular

Profundidade: 100 metros

Revestimento: pvc geomecânico de 6" dos +0,50m aos 31,00 m.

Tabela 12 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Baden-Baden.

Est.	Vazão (m ³ /h)	NE	ND	Reb. (s)	Q/s (m ³ /h/m)	s/Q (m/m ³ /h)	T(m ² /dia)
1º.	16,5	1,50	4,08	2,58	6,39	0,15	69,6
2º.	33,0	1,50	6,82	5,32	6,20	0,16	241,0
3º.	49,5	1,50	9,66	8,16	6,06	0,16	249,6
4º.	60,9	1,50	11,24	9,74	6,25	0,16	

Vazão aprovada: 60.000 l/h

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico

Litologia: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada, Litinada, Radioativa e Hipotermal na Fonte.

Classificação Química: Quimicamente a água classifica-se como bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e de Stiff (Figura 11).

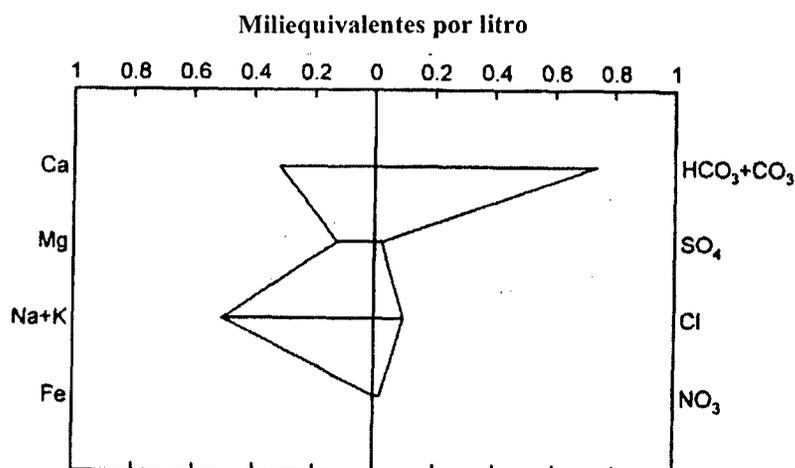


Figura 11 - Diagrama Stiff. Fonte Baden-Baden.

Uso: Balneário/Hotelaria e Engarrafamento.

4.4.1.1.7 Fonte Santa Catarina - DNPM N° 5.381/40

Local: Guarda do Cubatão

Município: Palhoça

Situação Legal: Decreto de Lavra nº 64.459, de 05/05/69, que retifica o D.L. 9.812, de 01/07/42.

Concessionário: Água Mineral Santa Catarina Ltda.

Área: 21,0776 ha.

Captação: a atual captação, edificada em 1975, consta de um poço jorrante com 6,0 m de profundidade, revestido de pvc rígido de 250 mm, fornece vazão de 15.000 l/h.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes/ Formação Cambirela.

Litologias: rochas graníticas e vulcânicas ácidas, recobertas por sedimentos aluviais.

Unidade hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral, Fluoretada, Isotermal e Radiodativa na Fonte.

Classificação Química: Segundo os diagramas de Piper (Figura 3) e de Stiff (Figura 12), a água classifica-se como bicarbonatada sódica.

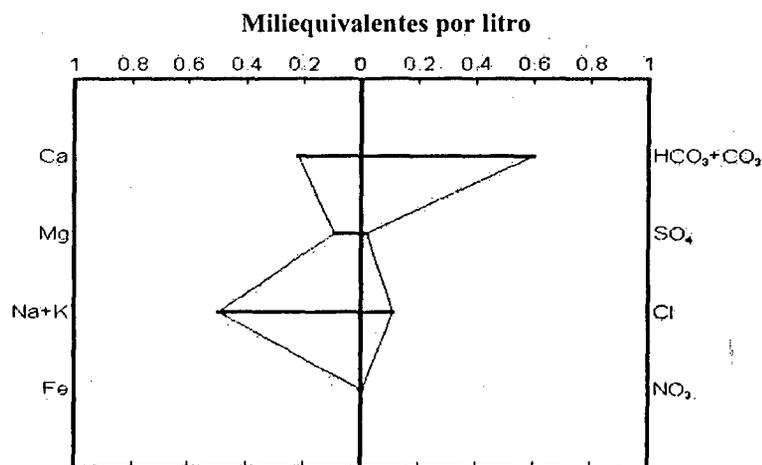


Figura 12 - Diagrama Stiff. Fonte Santa Catarina.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Santa Catarina

4.4.1.1.1.8 Fonte Verani – DNPM N°815.213/89

Local: Praia da Praça

Município: São José

Situação Legal: Portaria de Lavra nº029, de 06/02/97

Concessionário: Verani & Ganzo e Cia Ltda.

Área: 50 ha

Captação: Caixa de concreto e alvenaria

Vazão espontânea: 1000 l/h.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologia: rochas graníticas fraturadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Cloretada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e de Stiff (Figura 13).

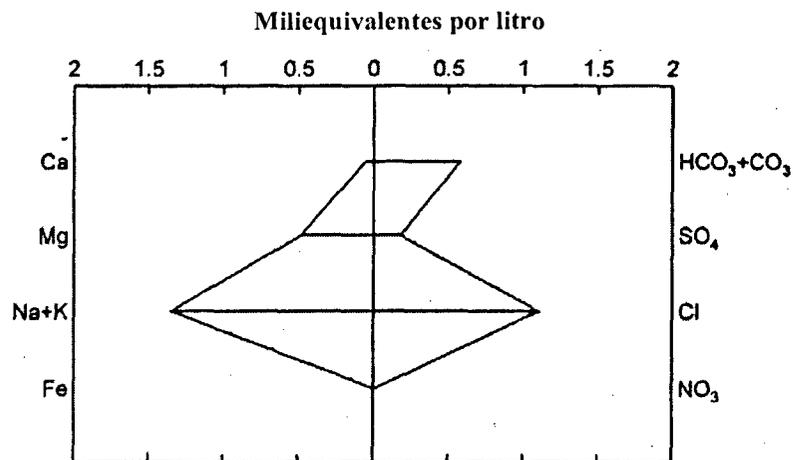


Figura 13 - Diagrama Stiff da Fonte Verani.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Vida Natural.

4.4.1.1.1.9 Fontes do Sul – DNPM Nº 815.286/94

Localização: Área Industrial.

Município: São José.

Situação Legal: Portaria de Lavra nº125, de 02/04/98, publicada no D.O.U. de 03/04/98.

Concessionário: Valda Regina Filomeno Abreu Ltda.

Área: 41,19 ha

Captação: poço tubular

Vazão: 1.350 l/h.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologia: rochas graníticas cataclásticas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada e Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 14).

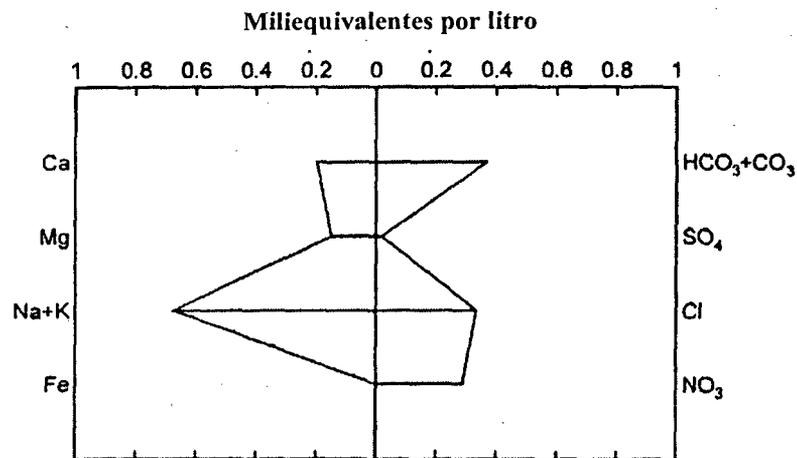


Figura 14 - Diagrama Stiff. Fontes do Sul.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Fontes do Sul.

4.4.1.1.10 Fonte Nadia Amin – DNPM Nº 815.880/95

Local: Barreiros

Município: São José

Concessionária: Nadia Amin

Situação Legal: Alvará de Pesquisa nº 355, de 06/03/97, publicado nº D.O.U de 13/03/97.

Área: 49,0 ha.

Captação: poço tubular

Tabela 13 - Principais características construtivas do poço. Nadia Amin.

Prof	Diâm. de perfuração	Filtro	Pré-filtro	Revestimento
71,0	12" até 16 m 10" de 16 a 34 m 8" de 34 a 71m de 62 a 71 m concretado	pvc ranhurado de 37 a 39m	de 16 a 62m	pvc de +0,50 a 62m

Tabela 14 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Nádia Amin.

Vazão(m ³ /h)	NE	ND	Q/s (m ³ /h/m)	s/Q (m/m ³ /h)	Reb. (s)	T(m ² /dia)
9,0	0,40	21,0	0,43	2,28	20,60	1,5

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas cataclasadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Oficial Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 15).

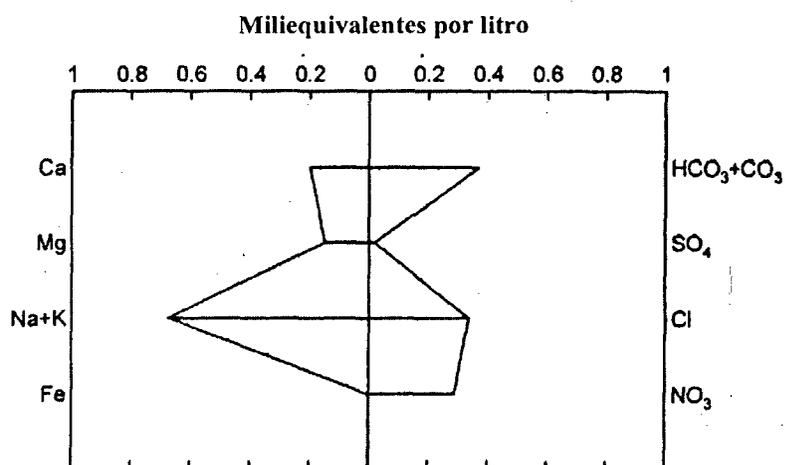


Figura 15- Diagrama Stiff. Fonte Nadia Amin.

Uso: engarraçamento

4.4.1.1.11 Fonte Gravatal – DNPM N^o1212/42

Local: Tiradentes - Termas do Gravatal

Município: Gravatal

Situação Legal: Decreto de Lavra n^o 20608, de 19/02/1946.

Concessionária: Companhia Termas do Gravatal Ltda.

Área de Proteção: 1.318,75 ha.

Captação: tipo caixa.

Vazão: 144.000 l/h.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas cataclásticas recobertas por depósito aluvionar.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Mineração: Água Mineral Fluoretada Fortemente Radioativa e Isotermal na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 16).

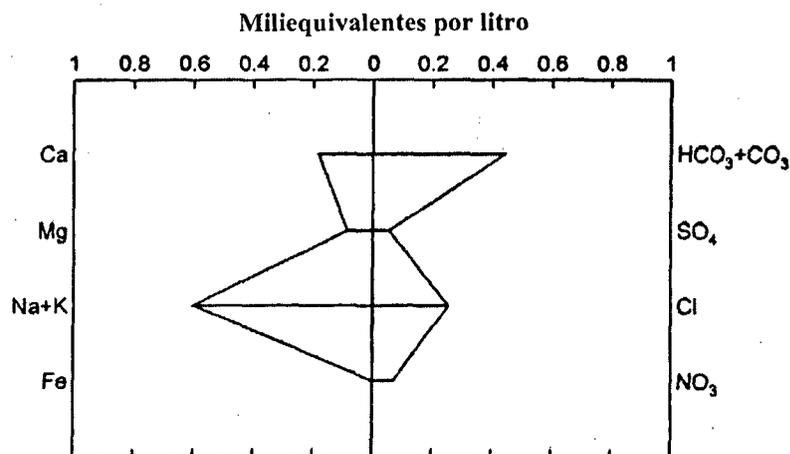


Figura 16 - Diagrama Stiff. Fonte Gravatal.

Uso: balneário.

4.4.1.1.12 Fonte Santa Terezinha - DNPM N° 805.135/75

Local: Sanga Morta/Santa Terezinha.

Município: Armazém.

Situação Legal: Portaria de Lavra n°223, de 03/03/86, DOU de 06/03/86

Concessionária: Empresas São Lourenço Ltda.

Área: 24 ha.

Captação:

Fonte Santa Terezinha: caixa de captação de 14m x 10,25m, revestida internamente com azulejos brancos. Sobre esta caixa foi construída uma edificação de alvenaria de 7,25m x 6,50m. Reúne cerca de 60 surgências.

Vazão Espontânea: 21.240 l/h.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologia: rochas graníticas cataclásticas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada, Mesotermal, Fracamente Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme as classificações de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 17).

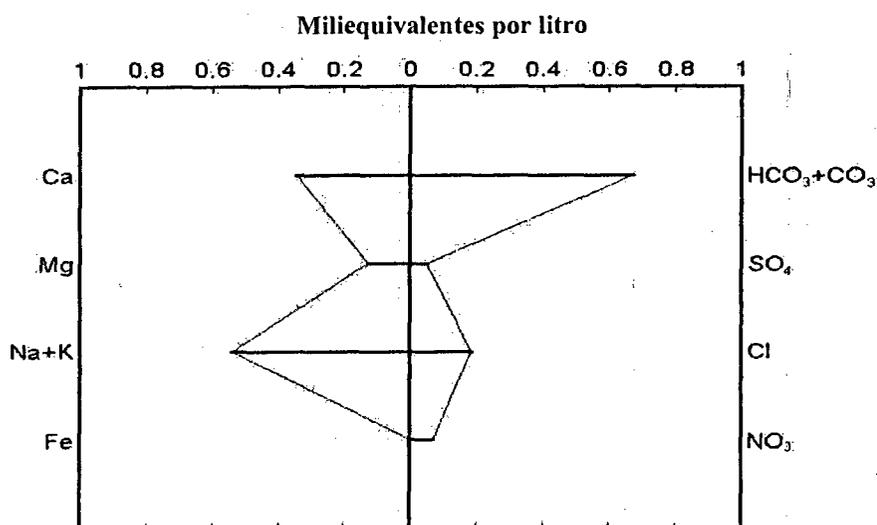


Figura 17 - Diagrama Stiff. Fonte Santa Terezinha.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Levíssima.

4.4.1.1.13 Fontes Santo Anjo Da Guarda - DNPM N° 2.014/41

Local: Guarda

Município: Tubarão

Situação Legal: Decreto de Lavra n° 18.273, de 04/04/45, DOU de 07/04/45.

Decreto de Área de Proteção n° 47.106, de 27/10/59, publicado no D.O.U. de 03/11/59, estabeleceu área de proteção de 57 ha.

Concessionária: Termas Santo Anjo da Guarda Ltda.

Área: 12,256 ha.

Captações:

Fonte n°1: captação por caixa. Poço escavado, com 8,0m de diâmetro, por 5,5m de profundidade.

Fonte nº2: Captação por caixa. Poço escavado, com 22x11,80m, por 1,60m de profundidade. Capacidade para 415.000 litros.

Tabela 15 - Principais parâmetros das fontes. Santo Anjo da Guarda.

Fonte	Vazão (l/h)	Temperatura	pH	Radioatividade
Nº1	20.833	37,8	6,09	50,52
Nº2	5.538	36,0	6,01	35,48
Nº3	5.833	38,4	5,75	46,12

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologia: rochas graníticas fraturadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais:

Fonte 1: Água Mineral Fluoretada, Fortemente Radioativa e Isotermal na Fonte.

Fonte 2: Água Mineral Fluoretada, Fortemente Radioativa e Mesotermal na Fonte.

Fonte 3: Água Mineral Fluoretada, Fortemente Radioativa e Hipertermal na Fonte.

Classificação Química: Conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 18) as águas dessas três fontes classificam-se como bicarbonatadas sódicas.

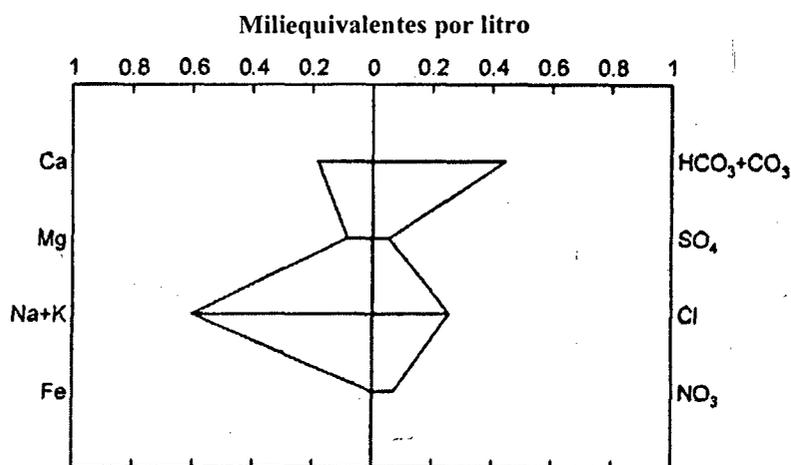


Figura 18 - Diagrama Stiff. Fonte Guarda 1.

Usos: balneário/hotelaria e engarrafamento.

Produto: Água Mineral Da Guarda.

4.4.1.1.14 Fonte Rio do Pouso - DNPM Nº 4.227/41

Local: Rio do Pouso

Município: Tubarão

Situação Legal: Decreto de Lavra nº 24.398, de 28/01/48, publicado no D.O.U. de 18/02/48, ratificado pela Portaria nº 1.203, de 30/08/84, publicada no D.O.U. de 10/09/84.

Concessionário: Mineração Rio do Pouso Ltda.

Área: 2,95 ha.

Captação: Poço Tubular.

Tabela 16 - Características principais do poço. Rio do Pouso.

Profundidade	Revestimento	Crivo da bomba	Vazão(l/h)	Temp.	NE
69,50	0,50 a 22,00	61,00	34.434	37,4	0,00

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas catacladasas recobertas por depósitos colúvio-aluvionares.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada, Radioativa e Isothermal na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 19).

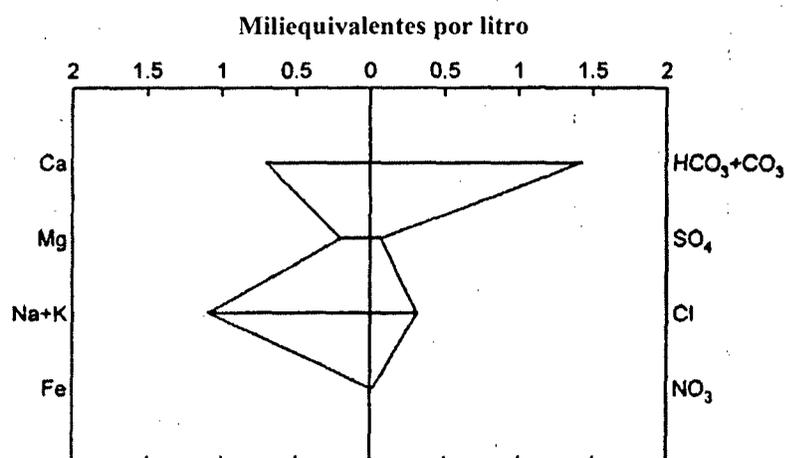


Figura 19- Diagrama Stiff. Fonte Rio do Pouso.

Usos: hotelaria/ balneário

4.4.1.1.15 Fonte São Pedro - DNPM N° 4.535/41

Local: Linha Uruçanga ou Uruçanga Baixa.

Município: Cocal do Sul.

Área: 30,25 ha.

Concessionária: Mineração Nossa Senhora do Carmo Ltda.

Situação Legal:

Decreto de Lavra nº 30.072, de 17/10/51, publicado no DOU de 22/10/51. Área de Proteção de 153 ha. Decreto nº 86.768, de 22/12/81, DOU de 23/12/81.

Em 1987, foi solicitada a suspensão temporária de lavra de água mineral, por prazo indeterminado, tendo em vista a incompatibilidade das atividades de pesquisa e lavra de fluorita, com a água mineral.

Em 29/05/87, foi apresentado o relatório final de pesquisa para fluorita, tendo sido cubadas 895.379,1 toneladas, com 47% de CaF₂, como reserva medida e, 978.486,0 toneladas, com 47% de CaF₂, como reserva indicada.

Em 16/10/98, foi solicitada a desativação da Mina São Pedro.

Tabela 17 - Principais parâmetros da água mineral ao longo do tempo. São Pedro.

Ano	Vaz(l/h)	pH	Temp	Rad	Cond.(mhos/cm)	Res.a 80°C(g/L)
1943	4.200	7,8	32,0	2,9	2,2x10 ⁻⁴	0,500
1949	15.312	7,4	32,2	5,1	8,25x10 ⁻⁵	0,498
1964	54.266	7,6	32,2	15,78	7,75x10 ⁻⁵	0,515
1964*	1.730	7,6	29,4		7,75x10 ⁻⁵	0,496

Tabela 18 - Concentração iônica (g/l) em diversos períodos. São Pedro.

Ano	Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl
1943	0,1320	0,0011	0,0407	0,0014	0,0030	0,1424	0,1157	0,1086
1944	0,1321	0,0022	0,0446	0,0013	0,0072	0,1405	0,1147	0,1137
1949	0,1314	0,0027	0,0422	0,0020	0,0036	0,1369	0,1183	0,1141
1964	0,1230	0,0040	0,0411	0,0043	0,0006	0,1520	0,1064	0,1108
1964	0,1230	0,0040	0,0429	0,0039	0,0000	0,1532	0,1092	0,1108

*Fonte Santo Antônio - captada a 11 m da São Pedro

Tabela 19 - Perfil do poço 132. São Pedro.

Intervalo (m)	Litologia
0,00 a 1,50	Aterro
1,50 a 5,00	Argila
5,00 a 12,00	Cascalho
12,00 a 13,50	granito pórfior alterado - zona fraturada
13,50 a 15,00	granito pórfiro são

Nível Estático do Poço: + 2,5 m.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: quartzo monzonitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Química: Cloretada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 20).

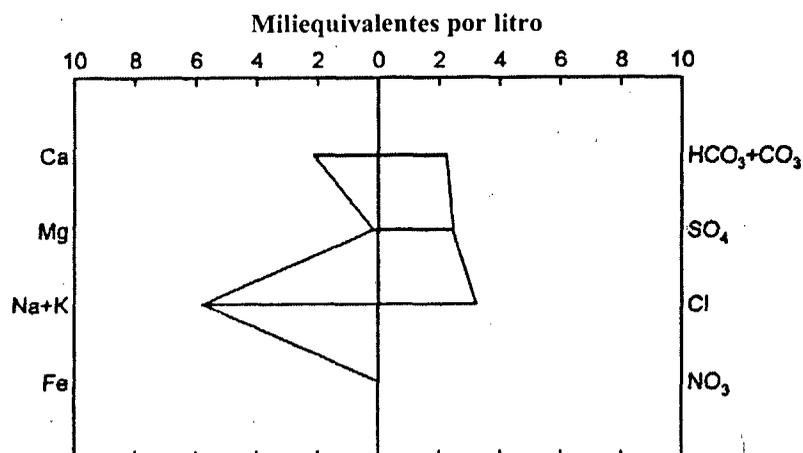


Figura 20 - Diagrama Stiff. Fonte São Pedro.

4.4.1.1.16 Fonte Urca - DNPM N° 815.259/88

Localização: Rio Guabiroba.

Municípios: São Martinho, Armazém, Rio Fortuna e Braço do Norte.

Situação Legal: Portaria de Lavra n° 279, de 12/08/98.

Concessionária: Urca Mineração Ltda.

Área: 50 ha.

Captação: Poço tubular.

Tabela 20 - Características construtivas do poço tubular. Urca.

Prof.	Diâmetro	Revestimento	Entradas d'água	Vazão (l/h)
25,00	8"	6"	15 a 25	36.000

Tabela 21 - Perfil descritivo do poço tubular. Urca.

Intervalo(m)	Litologia
0,00 a 6,00	solo argiloso
6,00 a 15,00	granito cataclasado intemperizado
15,00 a 25,00	granito cataclasado compacto, com entradas d'água

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas cataclásticas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada e Hipotermal na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 21).

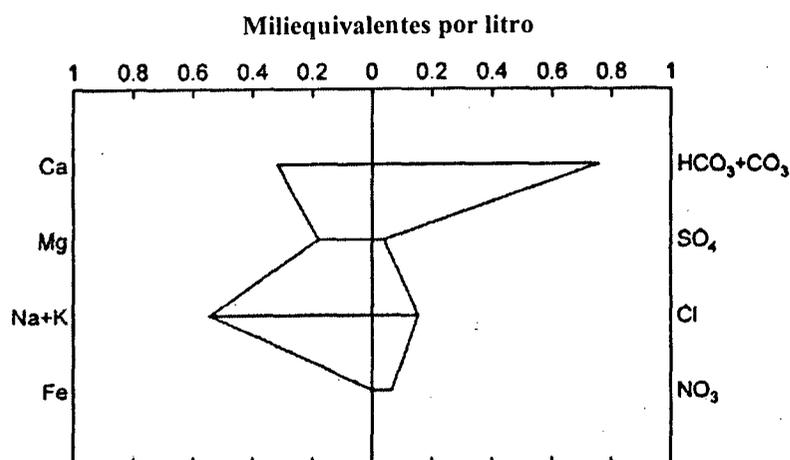


Figura 21 - Diagrama Stiff. Fonte Urca

Uso: engarrafamento.

Situação Atual: solicitação de prorrogação para início da lavra.

4.4.1.1.17 Fontes Minerale - DNPM N° 815.174/91.

Local: Águas Mornas.

Município: Imaruí.

Situação Legal: Alvará n°390, de 10/03/92, publicado no DOU de 11/03/92.

Concessionária: Minerale – Indústria e Comércio de Bebidas Ltda.

Área: 49,10ha .

Captações: dois poços tubulares: P1 e P2

Tabela 22 - Características construtivas dos poços tubulares. Minerale.

Poço	Prof	Diâmetro de perfuração	Revestimento
P1	100,00	0,00 a 2,0 – 12"; 2,00 a 21,60 – 8"; 21,60 a 100,00 – 6"	aço inoxidável de +0,40 a 21,60 m
P2	60,00	0,00 a 4,0 – 12"; 4,0 a 15,0 – 8"; 15,00 a 60,0 – 6"	aço inoxidável de +0,40 a 15,0 m

Tabela 23 - Principais características hidráulicas – P1. Minerale.

Est.	Vazão (m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q(m/ m ³ /h)
1°	19,31	8,2	8,87	0,72	26,81	0,037
2°	28,28	8,2	9,32	1,12	25,25	0,039
3°	30,46	8,2	9,32	1,12	27,19	0,036

Tabela 24 - Principais características hidráulicas - P2. Minerale.

Est.	Vazão (m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q(m/ m ³ /h)
1°	25,54	0,67	3,82	3,15	8,10	0,12
2°	28,28	0,67	4,33	3,66	7,72	0,13
3°	31,68	0,67	4,40	3,73	8,49	0,12

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas catacladasas recobertas por sedimentos coluvionares.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada Hipotermal e Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 22).

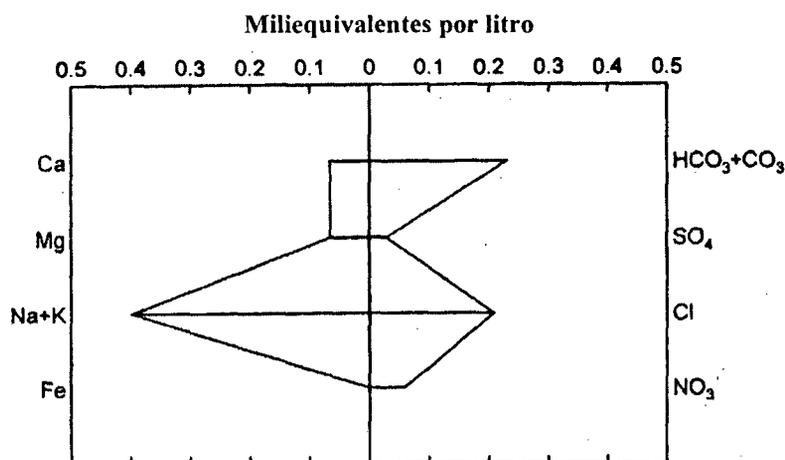


Figura 22 - Diagrama Stiff. Fonte Minerale 1.

Uso: engarrafamento.

4.4.1.1.18 Fontes São Bonifácio - DNPM N° 815.028/84

Local: Rio Preikoff

Município: São Bonifácio

Situação Legal: Alvará de Pesquisa n° 6.896, de 13/11/85, publicado no D.O.U. 20/11/85, retificado pelo Alvará n°665, de 12/04/93, publicado no D.O.U. de 14/04/93.

Concessionária: Estância Hidromineral São Bonifácio Ltda.

Área: 48 ha.

Captações: Três fontes naturais, surgentes, foram captadas por caixas.

Vazão Total: 33.200 litros/hora.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Pedras Grandes.

Litologias: rochas graníticas fraturadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada, Radioativa e Hipotermal na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 23).

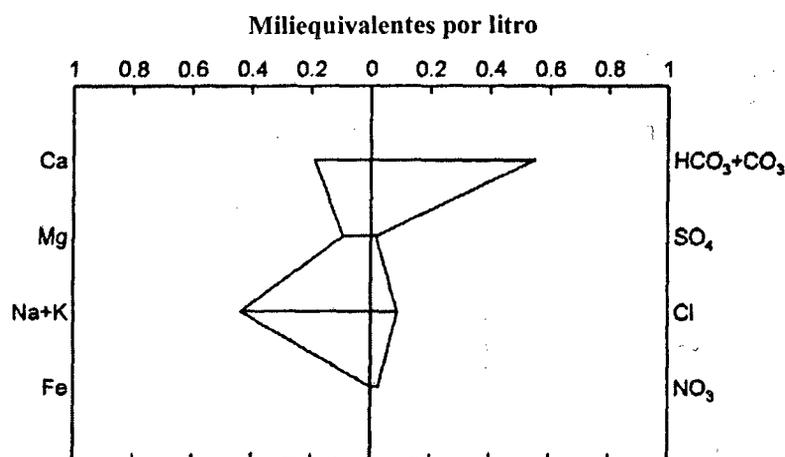


Figura 23- Diagrama Stiff. Fonte São Bonifácio 1.

Usos: balneário e engarrafamento

4.4.1.1.19 Fontes Santa Rosa de Lima – DNPM N^o 815.353/92

Localização: Águas Mornas.

Município: Santa Rosa de Lima.

Situação Legal: Alvará de Pesquisa n^o 412, de 24/03/94, publicado no D.O.U de 29/03/94.

Concessionário: Egidio Alberto Locks.

Área: 2,26 ha.

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico.

Litologias: rochas graníticas e gnáissicas cataclasadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Captações: poços tubulares, P1 e P2

Tabela 25 - Principais características dos poços tubulares. Santo Rosa de Lima.

Poço	Prof.	vazão (l/h)	Temp	pH	Radiat.	Cond(mhos/cm)	Res.seco a 180 ^o (mg/L)
P1	29,70	2.500	25,40	6,06	44,51	7,42x10 ⁻⁵	50,60
P2	29,00	15.000	35,1	6,43	29,2	7,27x10 ⁻⁵	53,00

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais:

Poço P1: Água Mineral Fluoretada Hipotermal e Radioativa na Fonte.

Poço P2: Água Mineral Fluoretada Mesotermal e Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Conforme os diagramas de Piper (Figura 3) e Stiff (Figura 24 e Figura 25) as águas dos dois poços classificam-se como bicarbonatadas sódicas.

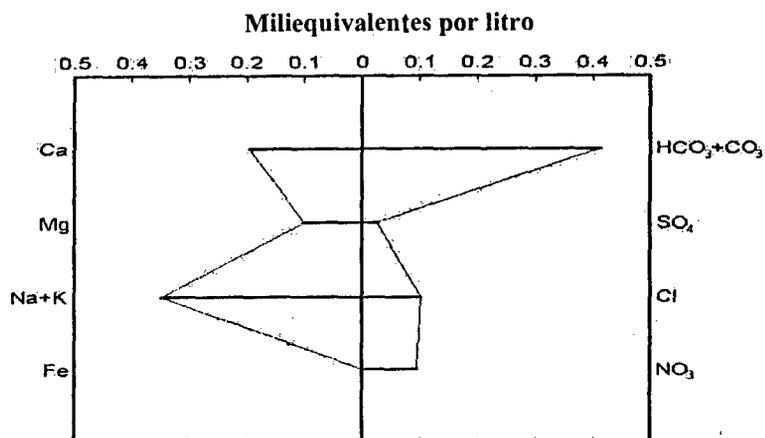


Figura 24- Diagrama Stiff. Santa Rosa de Lima 1.

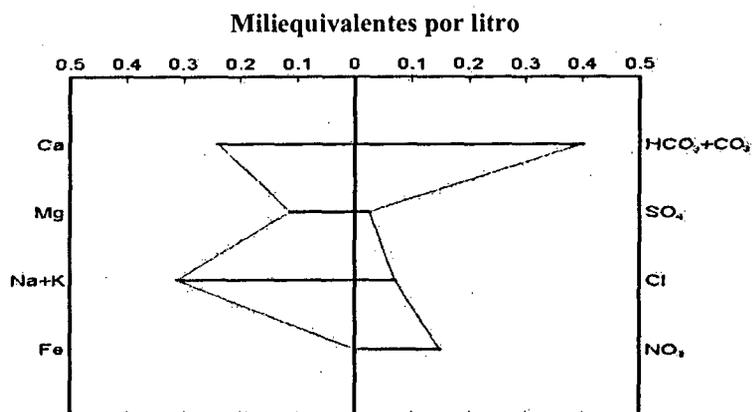


Figura 25- Diagrama Stiff. Santa Rosa de Lima 2.

Usos previstos:

Poço P1: abastecimento da comunidade de Santa Rosa de Lima.

Poço P2: balneário.

4.4.1.1.1.20 Fonte GL - DNPM N° 815.377/94

Local: Águas Mornas.

Município: Águas Mornas.

Situação Legal:

Requerimento de Pesquisa.

Alvará de Pesquisa nº 1.556, de 30 de julho de 1997, publicado no D.O.U. de 04/08/97.

Titular: José Ademir De Champs.

Área: 41,45 ha.

Captação: Poço tubular com profundidade de 100 metros.

Unidade Estratigráfica: Complexo Granito-Gnáissico.

Litologia: rochas graníticas e gnáissicas fraturadas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Meridional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme o diagrama de Piper (Figura 3).

Uso previsto: engarrafamento.

4.4.1.2 DOMÍNIO CENTRAL

Este domínio é caracterizado por englobar as rochas do Complexo Metamórfico Brusque, granitos intrusivos das suítes Valsungana/Guabiruba, além dos sedimentos e vulcânicas associadas do Grupo Itajaí, estruturados segundo uma faixa com direção geral N45-50°E. Apresenta dobramentos em estilos complexos, bem como, estruturas rúpteis, principalmente falhas de cizalhamento e reversas, orientadas, preferencialmente, segundo a direção geral do cinturão N45-50°E, além de falhamentos N20-30°E e N10-30°W (Mapa anexo).

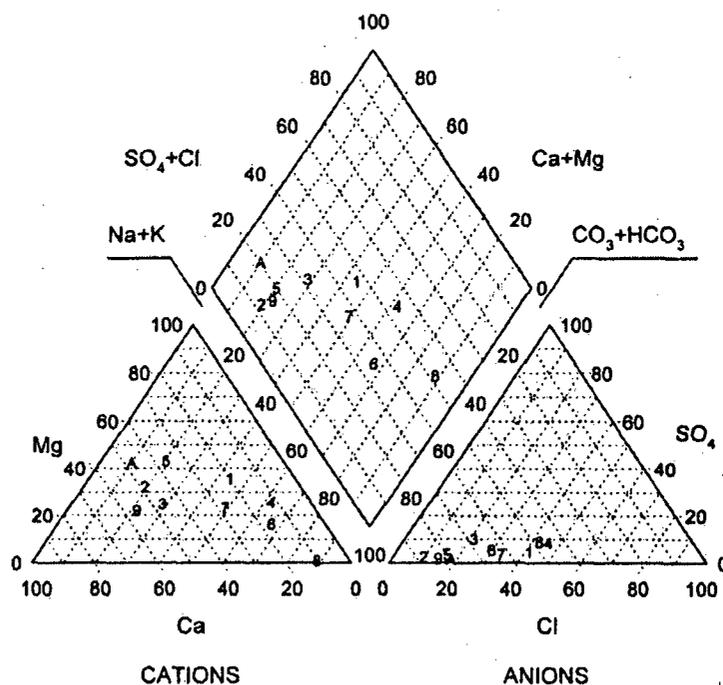
As águas minerais deste domínio apresentam certas características físico-químicas que as distinguem das águas do domínio anterior, como: temperatura (fontes frias), maior grau de mineralização, condutividade elétrica e resíduo de evaporação mais elevados, maior grau de dureza, etc (Tabela 26).

Tabela 26 - Principais Características Físico-Químicas das Águas Minerais do Domínio Central.

Fonte	Temp.(°C)	pH	Rad (maches)	Cond.Elétrica (mhos/cm)	Res.a180°C (mg/L)	Dureza total (CaCO ₃)
Ariribá (fonte)	20,0	6,10	2,10	1,65x10 ⁻⁴	114,8	48,09
Aririba2(poço)	22,0	7,15	0,78	3,74x10 ⁻⁴	231,85	142,78
Atalaia	21,4	6,26	3,79	2,30x10 ⁻⁴	169,50	103,11
São Marcos	22,0	7,00	0,07	4,60x10 ⁻⁴	280,00	209,41
Canhanduba	20,4	6,26	1,90	1,65x10 ⁻⁴	82,00	54,45
Brilhante	19,8	5,60	17,77	5,36x10 ⁻⁵	48,50	9,51
Santa Luzia	22,1	6,70	3,54	3,63x10 ⁻⁴	245,07	180,00
Limeira 1	19,8	6,18	19,50	6,72x10 ⁻⁵	63,56	11,02
Limeira 2	18,6	6,29	6,31	9,88x10 ⁻⁵	78,14	24,25
Nova Trento	23,0	8,0	12,94	10,43x10 ⁻⁴	565,00	56,11

Essa heterogeneidade de características físico-químicas evidenciada pelas águas deste domínio, deve-se, principalmente, à grande diversidade litológica presente. Ocorrem desde metarenitos, quartzitos, quartzo-mica xistos, filitos, metavulcânicas ácidas a básicas, calcoxistos, calcários calcíticos e dolomíticos, etc. (Complexo Brusque), até granitos intrusivos, formando grandes batólitos, corpos marginais, pequenas apófise, diques, etc., com composição mineralógica e química particular (Suítes Valsungana/Guabiruba).

Como pode ser visualizado no diagrama de Piper (Figura 26), as águas minerais deste domínio distribuem-se no campo das águas bicarbonatadas sódicas, cálcicas e magnesianas, além de uma fonte situar-se no campo das águas cloretadas sódicas.



- 1- Ariribá 1 3- Atalaia 5- Canhanduba 7- Limeira 2 2- Ariribá 2 4- Brillhante
6- Limeira 1 8- Nova Trento 9- Santa Luzia 10- São Marcos

Figura 26 - Diagrama de Piper do Domínio Central.

O diagrama de Schoeller (Figura 27), que relaciona os principais cátions e ânions em escala semi-logarítmica, também mostra uma heterogeneidade de comportamento neste domínio.

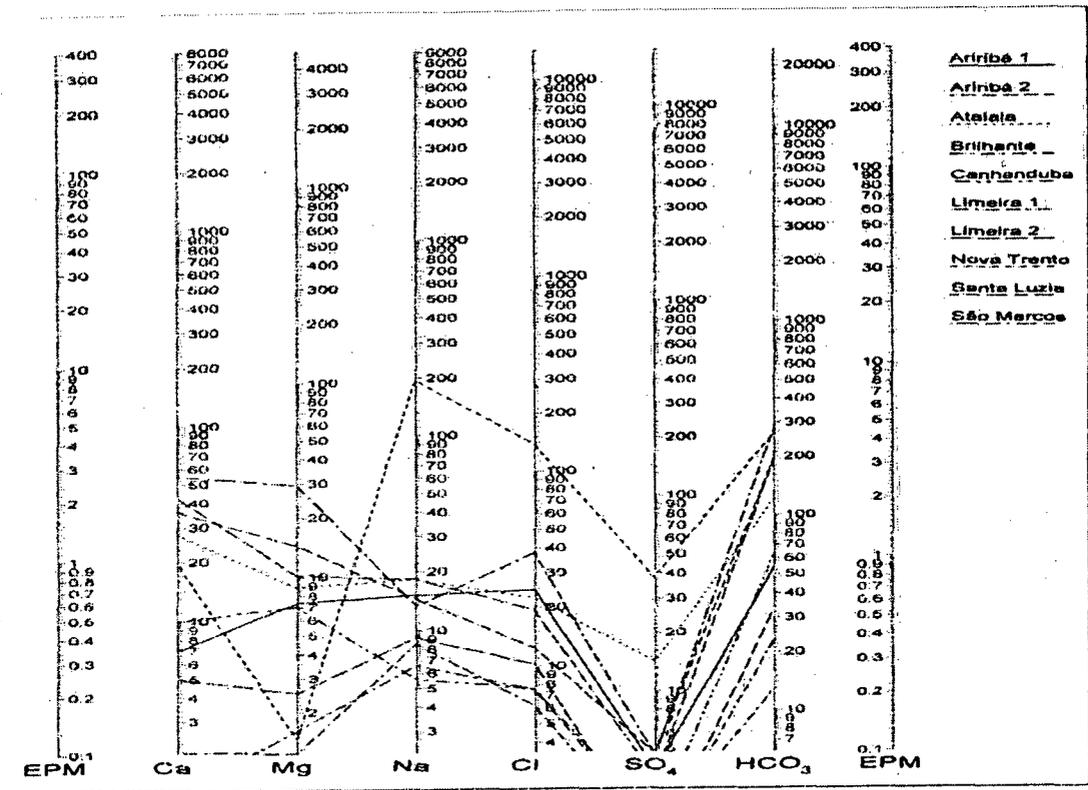
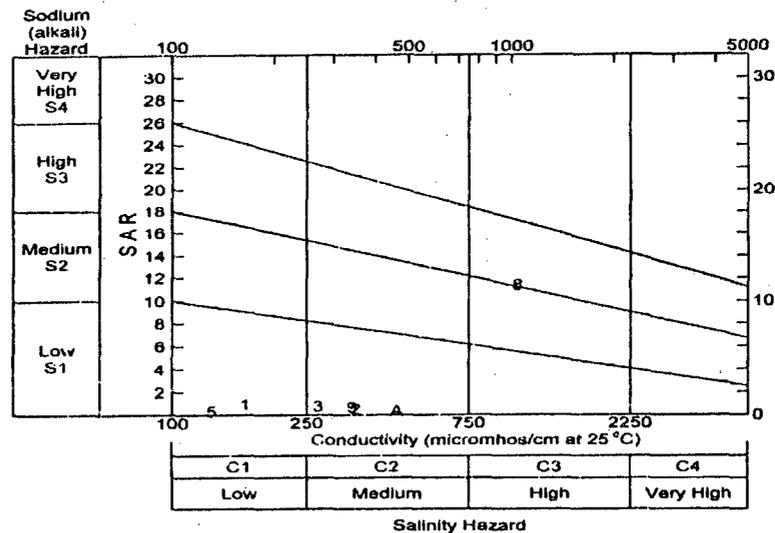


Figura 27 – Diagrama de Schoeller do Domínio Central.

No diagrama de Wilcox (Figura 28), que relaciona o risco devido a alcalinidade em sódio com o risco devido a condutividade elétrica, observa-se que as águas desse domínio situam-se no campo de baixo e médio risco. Apenas a fonte Nova Trento situa-se no campo de médio a alto risco.



- 1 Ariribá 1
- 2 Ariribá 2
- 3 Atalaia
- 4 Brilhante
- 5 Canhanduba
- 6 Limeira 1
- 7 Limeira 2
- 8 Nova Trento
- 9 Santa Luzia
- A São Marcos

Figura 28- Diagrama de Wilcox do Domínio Central.

4.4.1.2.1 Descrição das Fontes

4.4.1.2.1.1 Fontes Ariribá – DNPM Nº 815.310/83

Local: Ariribá

Município: Balneário Camboriú

Situação Legal: Portaria de Lavra no 1.521, de 03/10/85, publicada no D.O.U de 07/10/85

Concessionária: Ariribá Mineração Ltda.

Área : 05 ha.

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque.

Litologias: as litologias dominantes são xistos e filitos, localmente cataclasados, e depósitos colúvio-aluvionares recentes.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Captação: Fonte Agostinho. Caixa de captação de concreto e alvenaria.

Vazão Espontânea: 3.000l/h.

Classificação Segundo o Código de Mineração: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 29).

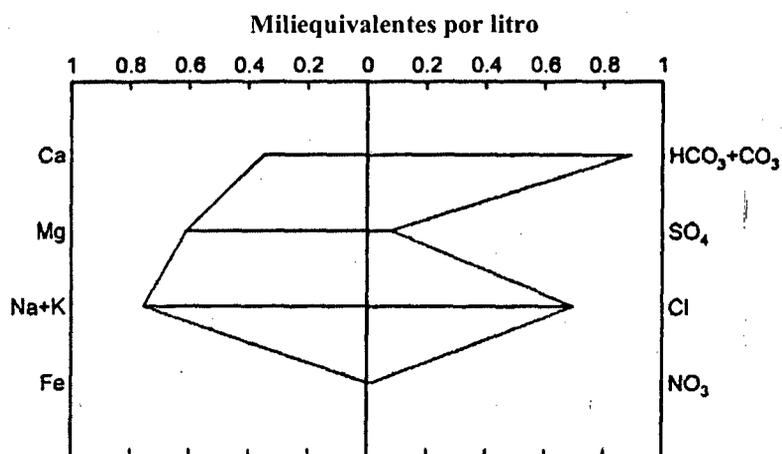


Figura 29- Diagrama Stiff. Fonte Agostinho.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Rio do Ouro

4.4.1.2.1.2 Fonte Atalaia – DNPM Nº 815.166/91

Local: Bairro Fazenda.

Município: Itajaí.

Situação Legal: Portaria de Lavra nº120, de 31/03/98.

Concessionária: Atalaia Mineração Ltda.

Área: 50 ha.

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque. Seqüência Terrígena Superior.

Litologias: micaxistos e filitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central

Tipo de Aquífero: fraturado.

Captação: Poço tubular.

Tabela 27- Principais características construtivas do poço. Atalaia.

Prof.	Diâm. de perf.	Revest. pvc	Entradas d'água	Cimentação	Vazão (l/h)
110,0	10" até 20,00	6" de +0,50 a 24,00	45,00	0,0 a 24,0	2.400
	8"- 20 a 23,00		50,00		
	6"-23 a 110,0				

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada..

Classificação Química: Bicarbonatada cálcica, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 30).

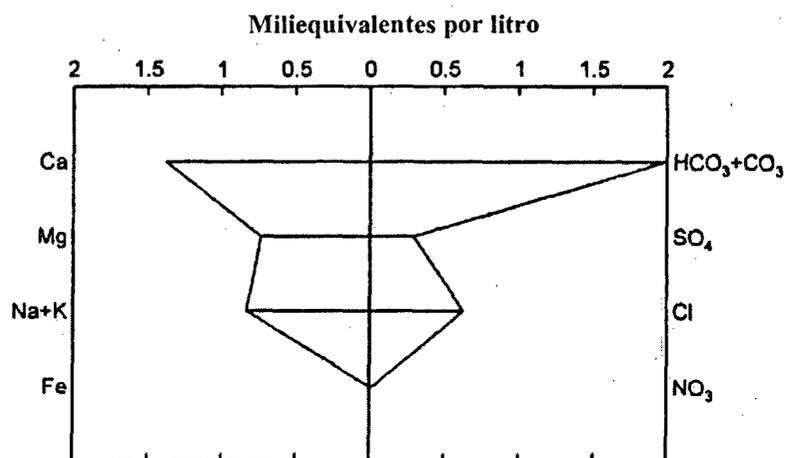


Figura 30- Diagrama Stiff. Fonte Atalaia.

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Única.

4.4.1.2.1.3 Fonte São Marcos - DNPM N° 815.117/91

Localização: Praia Brava.

Município: Itajaí.

Concessionária: Michelon Hidromineral Ltda.

Situação Legal: Portaria de Lavra nº 107, de 16/04/97, publicada no D.O.U. de 17/04/97.

Área: 40,00 ha.

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque.

Litologias: calcários dolomíticos e calcíticos, com xistos e filitos subordinados.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: cárstico/fraturado.

Captação: Fonte São Marcos - Poço tubular – P1

Tabela 28 - Principais características construtivas do poço P1. São Marcos.

Prof.	Diâm. de perf.	Revest.	Selo sanit.	Des. físico	Des.quím.
46,0	10" até 2,3 8e2/3" até 38,60 6" de 38,60 a 46,00	aço inoxidável de 7 1/2"+0,50 a 46,00	1,5 m ³	air lift	Hexametafosto de sódio

Tabela 29- Principais parâmetros hidráulicos de P1. São Marcos.

Est.	Vazão(m ³ /h)	NE	ND	Reb. (s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q(m/m ³ /h)
1°	41,784	6,46	6,55	0,09	464,26	0,002
2°	66,00	6,46	7,41	0,95	69,47	0,014
3°	79,200	6,46	7,69	1,23	64,39	0,015

Parâmetros Hidrodinâmicos:

Porosidade: o aquífero apresenta porosidade primária e secundária. A primeira corresponde aos vazios da rochas e a segunda é originada pela deformação das rochas por fenômenos tectônicos aliados aos processos de dissolução posterior.

Transmissividade: 630 m²/dia no 1°estágio; 533 m²/dia no 2° estágio de bombeamento.

Vazão: 66.000 litros/hora.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Alcalinoterrosa cálcica, Brometada e Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada cálcica, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 31).

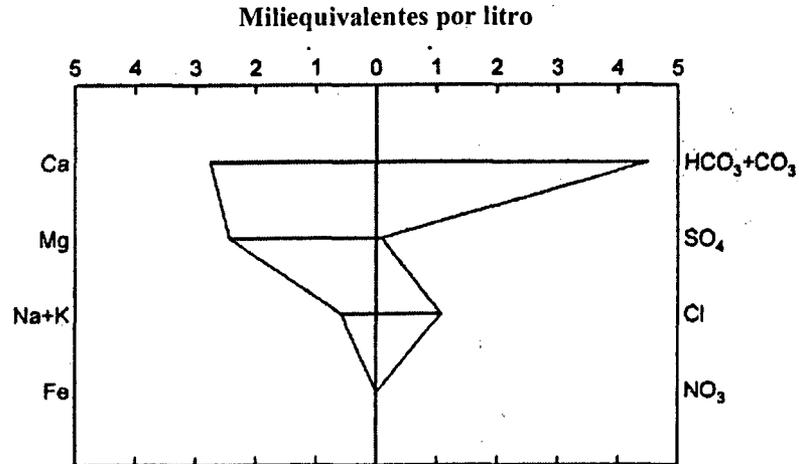


Figura 31 - Diagrama Stiff. Fonte São Marcos.

Uso: Engarrafamento.

Produto: Água Mineral K2.

4.4.1.2.1.4 Fonte Canhanduba -DNPM N° 815.389/92

Local: Vale do Ranchinho-Canhanduba

Município: Balneário Camboriú

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n°42, de 26/01/94, publicado no D.O.U. de 31/01/94.

Relatório de pesquisa aprovado em 15/09/98, publicado no D.O.U. de 04/11/98.

Plano de aproveitamento econômico apresentado em 12/03/99.

Concessionário: Marcos Paul/Aqua Vit – Comércio de Águas Minerais Ltda.

Área: 49,50 ha.

Captação: Poço Tubular.

Características Construtivas:

Profundidade: 27,00 m;

Revestimento: PVC geomecânico de 4 polegadas, de 0,50 até 10,00 m;

Filtros: PVC de 4 polegadas, até 16,00 m;

Pré-filtros: Tipo pérola

Tabela 30- Principais parâmetros hidráulicos do poço. Canhanduba.

Vazão(m ³ /h)	NE	ND	Reb(s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q(m/m ³ /h)	T (m ² /dia)
9,00	0,96	19,39	18,43	0,488	2,047	7,58

Vazão Aprovada: 7,00 m³/h

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque.

Litologias: xistos e filitos recobertos por depósitos aluviais e eluvias.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada magnésiana, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 32).

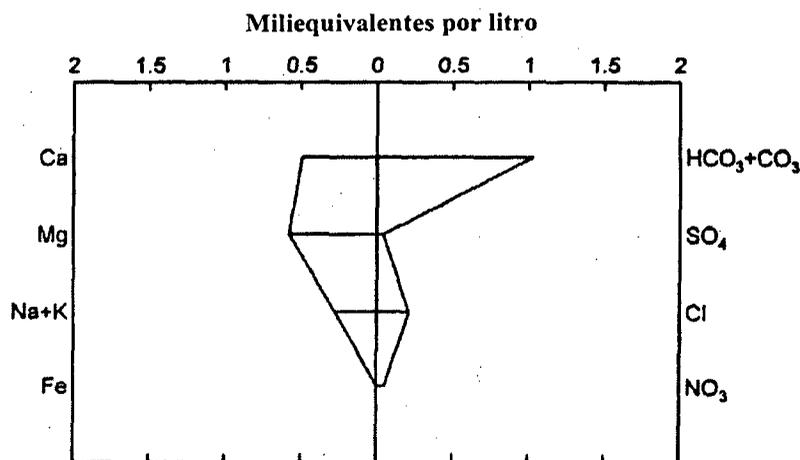


Figura 32- Diagrama Stiff. Fonte Canhanduba.

Uso: engarrafamento.

4.4.1.2.1.5 Fonte Brilhante – DNPM Nº 815.119/91

Local: Rio do Meio/Fazenda Sansão

Município: Camboriú/Itajaí/Brusque

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa Nº512, de 01/04/93, publicado no D.O.U. de 02/04/93. Plano de Aproveitamento econômico Protocolizado.

Concessionário: Sansão e Sansão Ltda.

Área: 50 ha.

Captação: por caixa de alvenaria e concreto.

Vazão Espontânea: 3 m³/h.

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque.

Litologias: xistos e filitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Cloretada sódica conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e de Stiff (Figura 33).

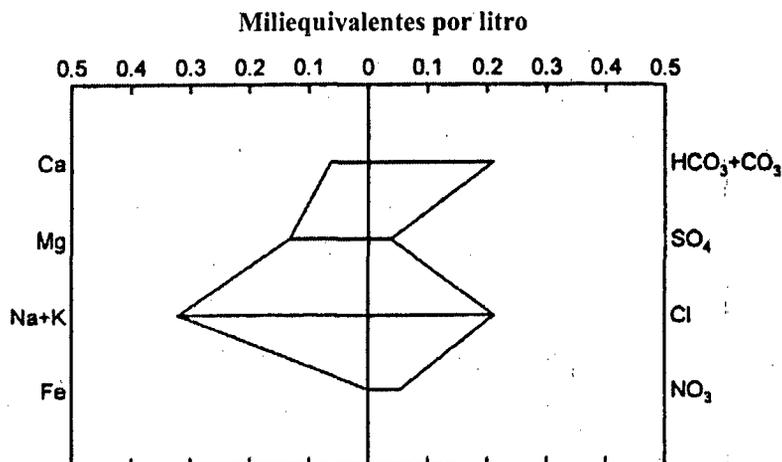


Figura 33- Diagrama Stiff. Fonte Brilhante.

Uso: engarrafamento.

4.4.1.2.1.6 Fonte Santa Luzia – DNPM N° 815.113/95

Local: Santa Luzia

Município: Porto Belo/ Tijucas

Situação Legal: Alvará de Pesquisa para Quartzo N° 593, de 28/12/96, D.O.U. de 07/03/96.

Concessionário: Sérgio Luiz Biehler

Área: reduzida para 49 ha.

Captação: Poço tubular.

Tabela 31- Características construtivas do poço. Santa Luzia.

Prof.	Diâmetro de perf.	Revestimento	Filtros	Cimentação
70,00*	12" de até 2,00 10" de 2,00 a 40,00 8" de 40,00 a 70,00	pvc de +0,50 a 50,00 m	pvc de 20,00 a 46,00 m	até 10,0

*de 50,00 a 70,00 m o poço foi concretado

Tabela 32 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Santa Luzia.

Vazão (m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q (m/ m ³ /h)	T (m ² /dia)
15,84	4,27	16,38	12,11	1,3	0,76	18,31

Vazão Aprovada: 12,67 m³/h.

Unidade Estratigráfica: Complexo Metamórfico Brusque.

Litologias: xistos, filitos e metavulcânicas ácidas a básicas recobertos por depósitos coluvio-eluvionares.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Alcalinoterrosa e Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada cálcica, segundo os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 34).

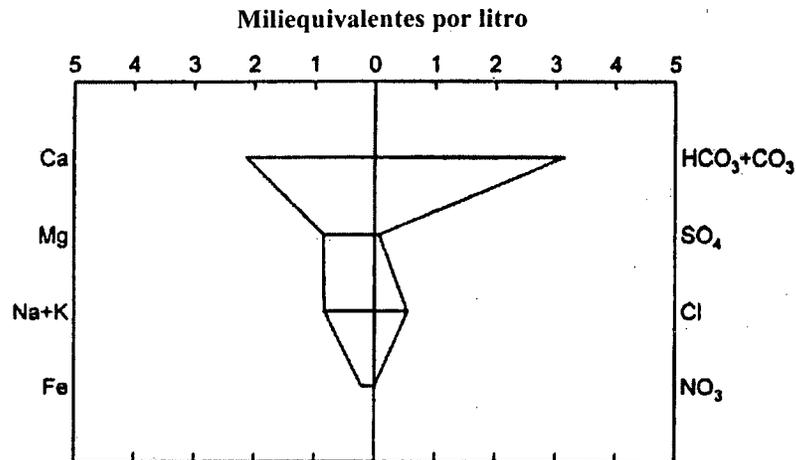


Figura 34- Diagrama Stiff. Fonte Santa Luzia.

Usos previstos: engarrafamento e balneário/hotelaria.

4.4.1.2.1.7 Fontes Limeira – DNPM N° 815.183/96

Local: Serra da Limeira – Sítio Rocha

Município: Camboriú

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n° 1.091, de 02/06/97, publicado no D.O.U de 06/06/97.

Relatório Final de Pesquisa apresentado em 09/10/97

Concessionário: Ademar Rocha.

Área: 50 ha.

Captações:

Fonte 1: caixa de captação encravada na rocha alterada, com aproximadamente 1,40 X 1,4 m e profundidade de 0,8 m. Diversas nascentes são canalizada para a caixa de captação por gravidade. Vazão média: 1.100l/h ou 26.500 litros por dia.

Fonte 2: distante da fonte 1 cerca de 540 m, foi captada próxima a um fraturamento NE-SW, em posição topograficamente mais elevada. A vazão definida está em torno de 41.000 litros por dia ou 1.700 litros por hora.

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Valsungana/Guabiruba.

Litologias: rochas graníticas porfiroblásticas grosseiras e granitos médios a finos em direção ao topo. Depósitos colúvio-eluvionares recobrem as rochas graníticas.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Mineração: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 35).

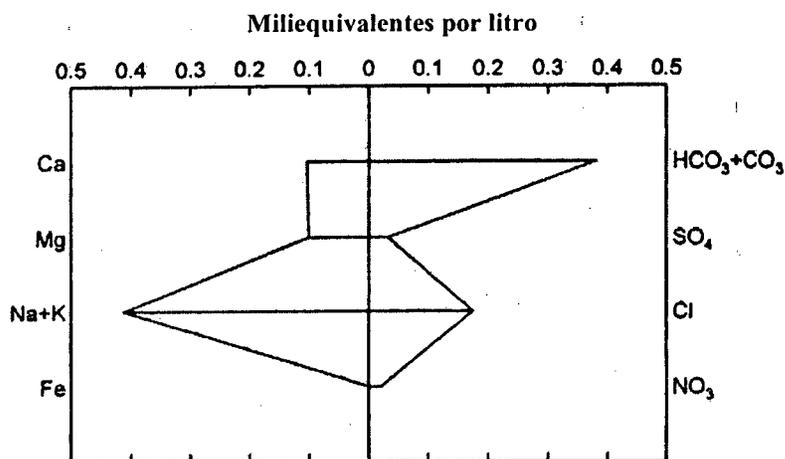


Figura 35- Diagrama Stiff. Fonte Limeira 1

Uso previsto: Engarrafamento.

4.4.1.2.1.8 Fonte Nova Trento – DNPM N° 815.474/86

Local: Nova Trento

Município: Nova Trento

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n°80, de 16/01/89, publicado no D.O.U de 20/01/89. Relatório Final de Pesquisa aprovado em 26/04/96, publicado no D.O.U de 22/05/96. Plano de Aproveitamento Econômico apresentado em 21/05/97.

Concessionário: Mineração Nova Trento S/A

Área: 45,53 ha.

Captação: Poço tubular

Tabela 33 - Características construtivas do poço. Nova Trento.

Prof.	Vazão(l/h)	Diâmetro de perf.	Entradas de água
144,00	21.400 l	10"até 11,00; 6"de 11,00 a 144,00m	15; 18 e 115 m

Perfil de sondagem:

Solo areno-argiloso: de 0,00 a 11,00 m;

Granito cinza esverdeado, com fratura aos 15,00; aos 18,00 e aos 115,00m

Unidade Estratigráfica: Suíte Intrusiva Guabiruba.

Litologias: granitos de granulação média, cinza, porfiróides.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Central.

Tipo de Aquífero: fraturado

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Alcalina Bicarbonatada, Fluoretada, Litinada e Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 26) e Stiff (Figura 36).

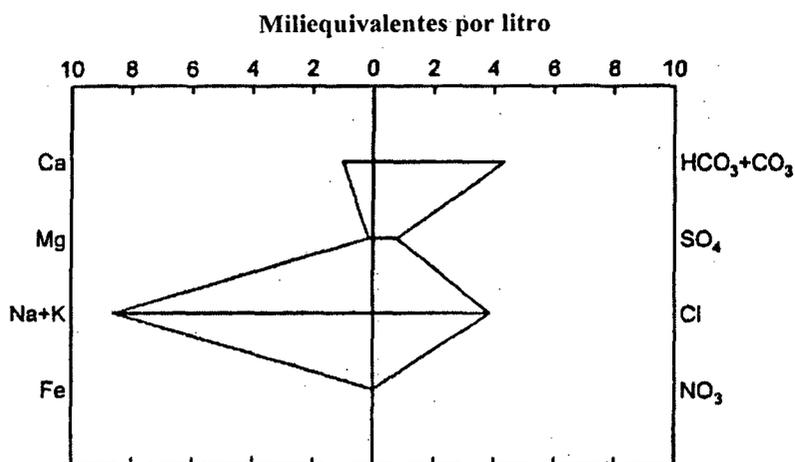


Figura 36- Diagrama Stiff. Fonte Nova Trento

Uso previsto: hotelaria/balneário

4.4.1.3 DOMÍNIO SETENTRIONAL

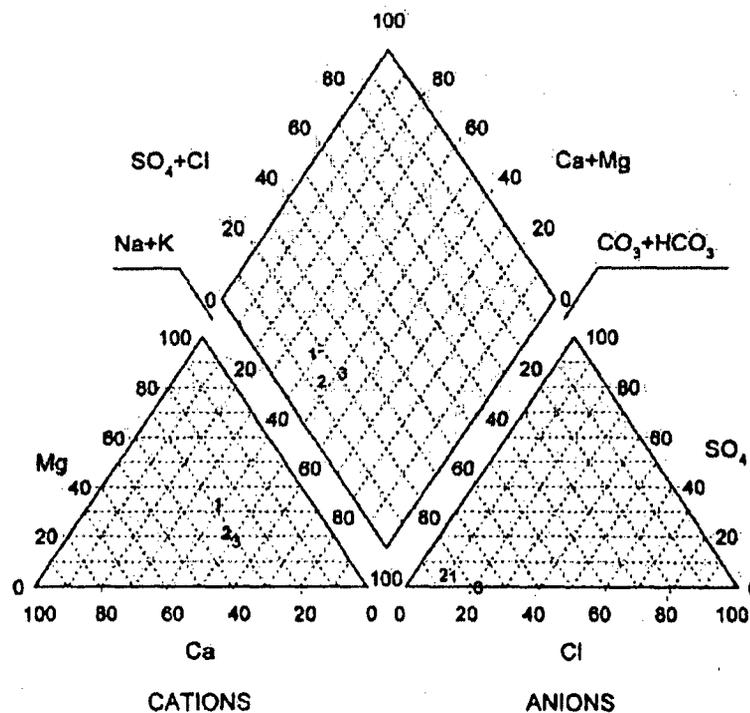
Ainda não bem estudado em relação às águas minerais, este domínio engloba as rochas de alto grau de metamorfismo do Complexo Granulítico de Santa Catarina, a cobertura eo-paleozóica do Grupo Campo Alegre e os granitos intrusivos da Serra do Mar (Mapa anexo).

O armazenamento de água está limitado à rede de fraturas, destacando-se os sistemas N20-30° E, N10-30° W, N40-60° E e N70-80° E.

BAGIO (1997), ao estudar a hidrogeologia da região de Joinville, no nordeste do Estado, cadastrou 113 poços tubulares implantados no “aquífero fraturado de Joinville”, que fornecem, em conjunto, uma vazão de 690.000 l/h. Obteve os seguintes parâmetros: 88% dos poços foram considerados produtivos (vazões acima de 1.000 l/h); a profundidade ideal para captação de água através de poços tubulares é de cerca de 100 metros; a maioria das vazões obtidas está entre 1.000 e 3.000 l/h. Constatou que 81,4% dos poços foram locados sem qualquer critério técnico; sendo que 8,8% foram locados

com algum critério, como análise de fotografias aéreas, resultando vazões entre 9.000 e 15.000 l/h; em 5,8% dos poços foram realizados estudos hidrogeológicos, fornecendo vazões entre 15.000 e 25.000 l/h. Verificou ainda, que 61% dos poços apresentam nível estático entre 0,70 m e 6,00 m; 90% dos poços apresentaram capacidade específica menor que 500 l/h/m. As profundidades das entradas de água situam-se entre 20 e 100 m (90%), diminuindo a partir dos 40 m.

Os poucos dados químicos disponíveis no Domínio Setentrional não permitem a realização de qualquer tratamento estatístico. A Figura 37 apresenta o diagrama de Piper, com a indicação das fontes deste domínio situando-se no campo das águas bicarbonatadas sódicas.



1- Carolina I 2- Carolina 2 3- Itinga

Figura 37- Diagrama Piper do Domínio Setentrional

Quando plotadas no diagrama de Schoeller (Figura 38), mostram boa homogeneidade, apresentando a predominância dos íons sódio e bicarbonato.

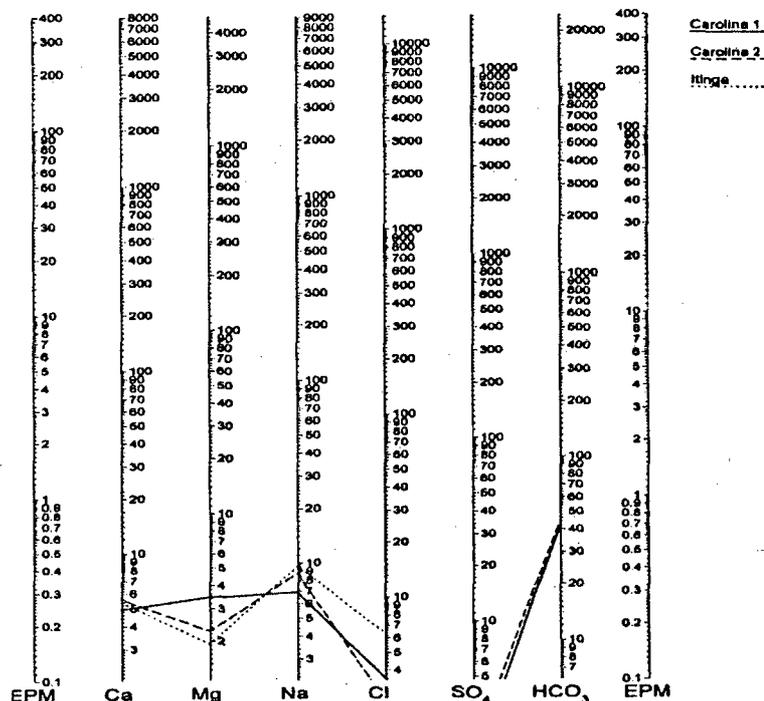


Figura 38- Diagrama Schoeller do Domínio Setentrional.

4.4.1.3.1 Descrição das Fontes

4.4.1.3.1.1 Fontes Carolina - DNPM N° 815.097/91

Local: Belchior Alto

Município: Blumenau/Gaspar

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n° 812, de 22/04/93, DOU de 28/04/93 (reduzida a área na aprovação).

Concessionário: Albano João Teiss

Área: 49,25ha.

Captações:

1. Fonte Alfa: surgência natural aprofundada até o encontro com a rocha sã e construção de caixa de captação de concreto encravada na rocha.

Vazão espontânea: 3.800 l/h

Classificação segundo o Código de Águas Minerais:

Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 37) e Stiff (Figura 39).

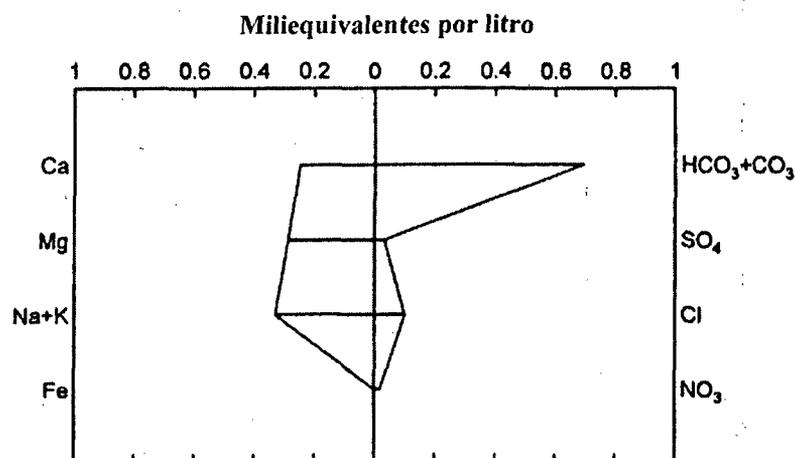


Figura 39- Diagrama de Stiff da Fonte Carolina - Alfa

2. Fonte Beta: Poço tubular com 84,00m de profundidade, perfurado em 10 polegadas até os 16,5m, onde foi reduzido para 8 polegadas até o final. Está revestido até 9,50m.

Tabela 34 - Principais características hidráulicas da Fonte Beta. Carolina.

Vazão(m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h)	s/Q(m/ m ³ /h)	T(m ² /dia)
9,00	2,45	26,20	23,75	0,0078	2,6	12,43

Unidade Estratigráfica: Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Litologias: gnaisses quartzo-feldspáticos e granulitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Setentrional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 37) e Stiff (Figura 40).

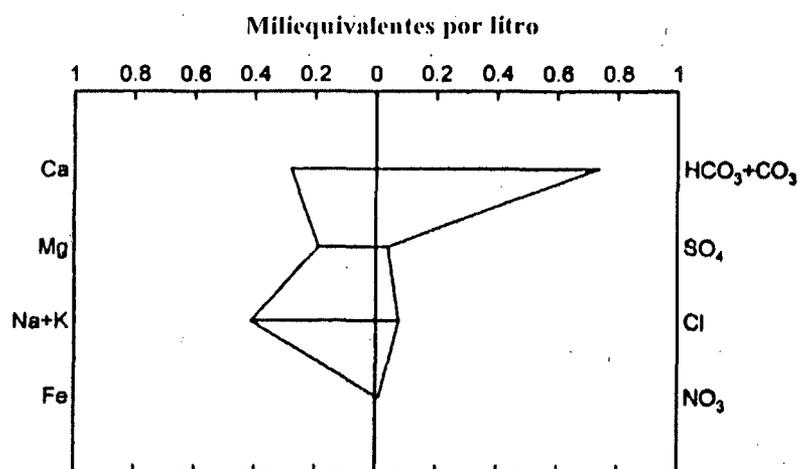


Figura 40- Diagrama de Stiff da Fonte Carolina- Beta

Usos previstos: balneário e engarrafamento.

4.4.1.3.1.2 Fonte Itinga - DNPM N° 815.252/85

Local: Itinga

Município: Joinville.

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n°3.061, de 20/06/86, publicado no D.O.U de 30/06/86.

Plano de Aproveitamento Econômico protocolizado em 30/04/99.

Relatório Final Aprovado em 09/04/98, publicado no D.O.U de 04/05/98.

Concessionário: Água Mineral Joinville Ltda.

Área: 49 ha.

Captação:

Fonte natural aprofundada até o contato com a rocha sã, captada por caixa de concreto.

Vazão Espontânea: 468 l/h

Unidade Estratigráfica: Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Litologias: granulitos intermediários a básicos.

Unidade Hidrogeológica: Província Cristalina. Domínio Setentrional.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais:

Água Potável de Mesa.

Classificação Química:

Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 37) e de Stiff (Figura 41).

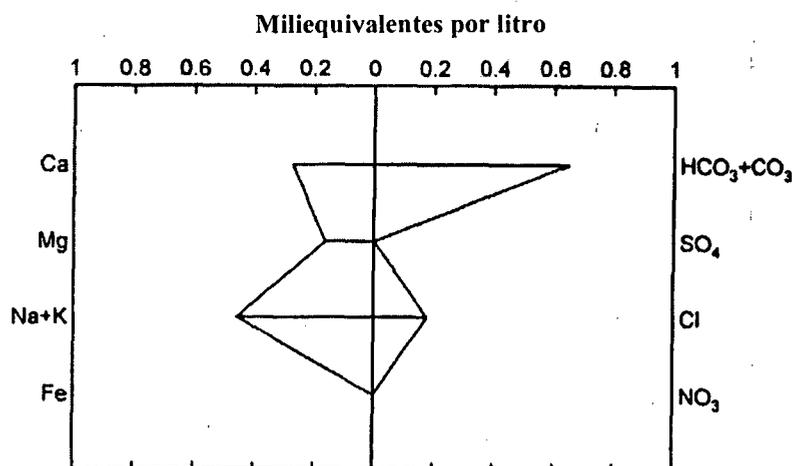


Figura 41- Diagrama de Stiff . Fonte Itinga

Uso previsto: engarrafamento.

4.4.2 PROVÍNCIA PALEOZÓICA

Esta província inclui todas as unidades litoestratigráficas da espessa seqüência sedimentar da Bacia do Paraná, com mais de 3.000 metros de espessura. Aflora numa faixa que corta o Estado em sua posição aproximadamente central, com largura variável entre 20 e 160 km (BRITO NEVES et al, 1979). Corresponde, em parte, à Província Paraná de MME/DNPM (1983), englobando os grupos Paraná, Itararé, Guatá e Passa Dois (Mapa anexo).

Os principais aquíferos estão representados pela Formação Furnas, com pequena área de afloramento no norte, e Formação Rio Bonito, com grande importância no sul do Estado. Ambas as formações incluem espessos pacotes de arenitos. A Formação Furnas, segundo o mapa de isópacas (NORTHFLEET et al, 1969), ocorre a profundidades sempre superiores a 500 m, tendo ocorrência restrita no norte de Estado.

A Formação Rio Bonito é composta pelos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis (SCHNEIDER et al, 1974). Os membros Triunfo (inferior) e Siderópolis (superior) são essencialmente arenosos, com intercalações de siltitos e folhelhos subordinados. O Membro Paraguaçu é constituído por uma seqüência de siltitos e folhelhos, com intercalações de arenitos finos. Aflora numa larga faixa na borda leste do Estado, prolongando-se em direção ao centro da bacia, confinado por camadas de baixa permeabilidade (formações Palermo, Irati, e superiores), constituindo-se, quando confinado, de um aquífero de grande importância estratégica.

A recarga deste aquífero se dá diretamente pela infiltração das águas meteóricas que incidem sobre suas áreas de exposição, constituindo-se, segundo BRITO NEVES et al (1979) num volume precipitado da ordem de $10,5 \times 10^6$ m³/ano, considerando-se uma pluviometria de 1.500 mm anuais, para uma área de exposição de cerca de 7.000 Km². Além de uma alimentação adicional por drenança. Nas áreas em que está confinado, a circulação das águas ocorre no sentido do interior da bacia, sob um determinado gradiente hidráulico. Quando constitui aquífero livre, o sentido geral do fluxo se dá em direção às escarpas geradas pela erosão regressiva dos rios Hercílio, Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste.

As características hidrodinâmicas desta formação são pouco conhecidas, devido à deficiência de testes de bombeamento que permitam a definição de seus índices.

ÁVILA (1992), estudando o aquífero Rio Bonito na região de Siderópolis e adjacências, no sul do Estado, cadastrou sessenta e dois poços e seus respectivos

relatórios técnicos, dos quais, vinte e cinco não puderam ser aproveitados para o tratamento estatístico dos dados.

Tabela 35 -Características principais do aquífero Rio Bonito na região de Siderópolis:

	Mínimo	Máximo	Média
Profundida(m)	40,00	183,22	97,71
NE (m)	01,00	09,91	29,70
Vazão (m ³ /h)	01,50	80,00	13,96
Trans.(m ² /dia)	0,77	202,70	52,20
V. Esp.(m ³ /h/m)	0,02	05,11	01,80

ÁVILA (1992), modificado.

BRITO NEVES et al (1979) incluíram as seqüências litoestratigráficas do Grupo Itararé, a Formação Palermo do Grupo Guatá, o Grupo Estrada Nova e a Formação Rio do Rasto, como “aquicludes”, isto é, formações geológicas ou camadas capazes de armazenar grandes quantidades de água, mas que só permitem uma circulação extremamente lenta, ou praticamente nula. Ressalvando que dada a extrema variação litológica e de espessura, essas unidades litoestratigráficas permitem, localmente, condicionados por uma litologia arenosa e ou geomorfologia favorável, que os poços perfurados apresentem resultados positivos.

ÁVILA (1992) considera as formações Palermo, Irati e Serra Alta, que ocorrem na região de Siderópolis, como “aquitardos”, isto é, formações geológicas ou camadas, capazes de armazenar importantes volumes de água, mas sem condições significativas de circulação, devido aos baixos valores de transmissividade e armazenamento.

Na região de Mafra-Rio Negro, norte do Estado, onde ocorrem as formações basais do Grupo Itararé (Campo do Tenente e Mafra), com maior percentagem de arenitos, são encontradas índices hidrodinâmicos mais expressivas.

Tabela 36 - Principais características dos poços do Grupo Itararé

	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (l/h)	V.Esp.(l/h/m)
Mínima	60	03	20	250	80
Média	140	15	65	4.200	82
Máxima	220	26	220	12.000	840

BRITO NEVES et al (1979), modificado.

As formações basais do Grupo Passa Dois (Irati e Serra Alta), constituídas essencialmente por argilitos e folhelhos, litologias de permeabilidade e transmissividade praticamente nulas, se comportam como verdadeiros “aquitardes”. Enquanto que as formações superiores, Terezina e Rio do Rasto, devido a grande variação horizontal e vertical de litologias, intercalando camadas e lentes arenosas, com níveis de siltitos e argilitos, constituem aquíferos com características hidrodinâmicas complexas.

No Mapa Hidrogeológico do Brasil, MME/DNPM (1983), a Formação Rio do Rasto foi incluída no “Sistema Aquífero TRKb”, juntamente com as formações Pirambóia e Botucatu, por constituírem “aquíferos contínuos de extensão regional a regional limitada, livres e/ou confinados”.

Tabela 37 - Principais características dos poços do Grupo Passa Dois:

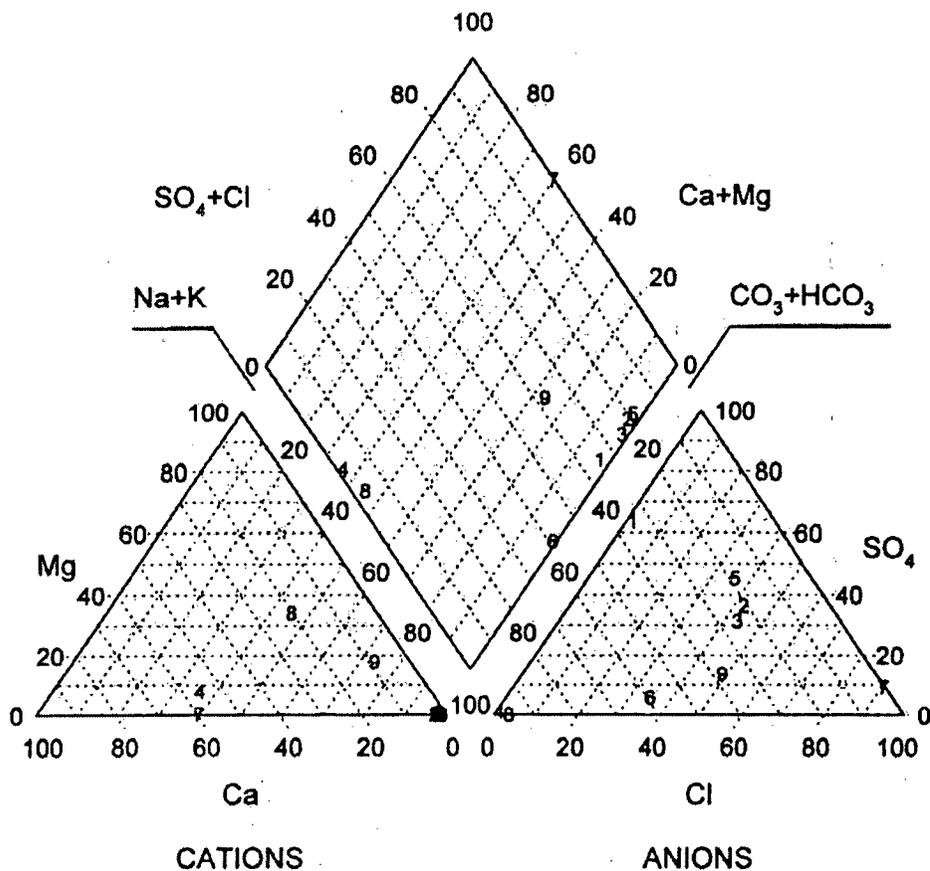
	Prof. (m)	N.E (m)	N.D (m)	Vazão (l/h)	V.Esp.(l/h/m)
Mínima	85	02	25	2.000	35
Média	135	07	55	8.900	340
Máxima	200	12	85	12.000	750

BRITO NEVES et al (1979), modificado.

Segundo ZALÁN et al (1986), a Bacia do Paraná apresenta “um marcante padrão de feições lineares em forma de X”, que podem ser divididas em três grupos: NW-SE, NE-SW e E-W. As direções NW-SE e NE-SW são consideradas zonas de fraquezas antigas, que foram recorrentemente reativadas, desde o Siluriano até o Jurássico inferior, tendo controlado os eventos deposicionais e magmáticos na Bacia do Paraná.

Os dados relativos às águas minerais nesta província são muito restritos, limitando-se às ocorrências de águas sulfurosas de Braço do Trombudo e Correia Pinto, que estão instaladas no Grupo Passa Dois, além dos poços tubulares de Porto União e Irineópolis, localizados na Unidade Aquífera Rio do Rasto e do poço tubular profundo no Município de São João do Sul, que seccionou diversas formações paleozóicas.

A Figura 42 mostra o diagrama de Piper, onde estão plotadas as águas das províncias Paleozóica e Mesozóica. Observa-se que a fonte do Braço do Trombudo situa-se no campo das águas bicarbonatadas sódicas, enquanto que a de São João do Sul está plotada no campo das águas cloretadas cálcicas.



- 1- Águas de Prata 1 2 Águas de Prata 2 3- Águas de Chapecó 4- Fahdu
 5- Ilha Redonda 6- Piratuba 7- São João do Sul 8- Trombudo Central
 9- Ávila

Figura 42- Diagrama Piper das Províncias Paleozóica e Mesozóica

No diagrama de Schoeller (Figura 43), onde estão plotadas amostras das províncias Paleozóica e Mesozóica, observa-se que a fonte de São João do Sul destaca-se por apresentar alto teor de cloretos e de cálcio.

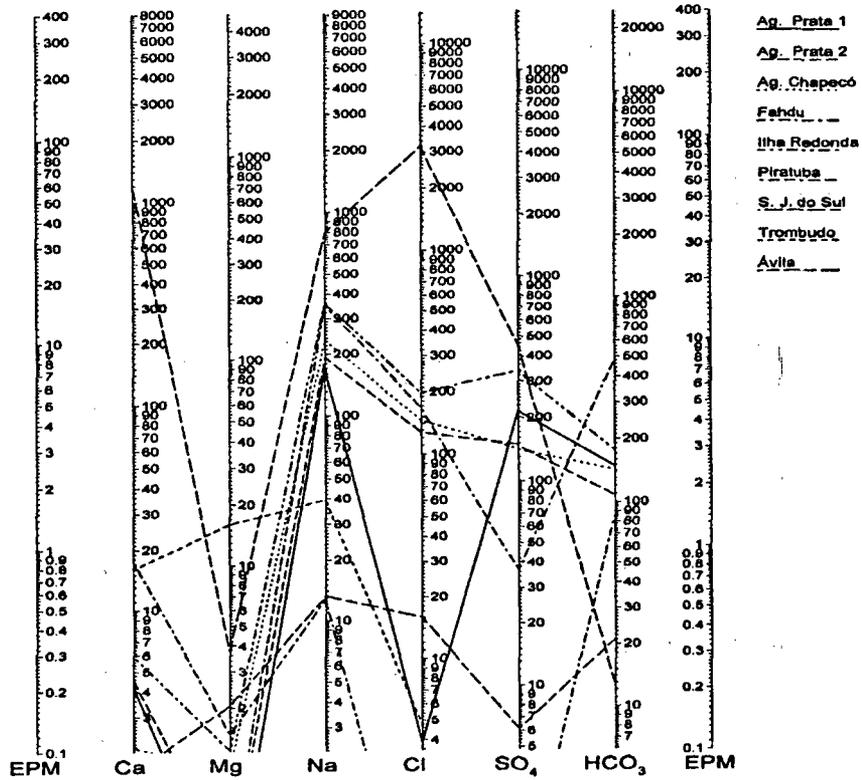
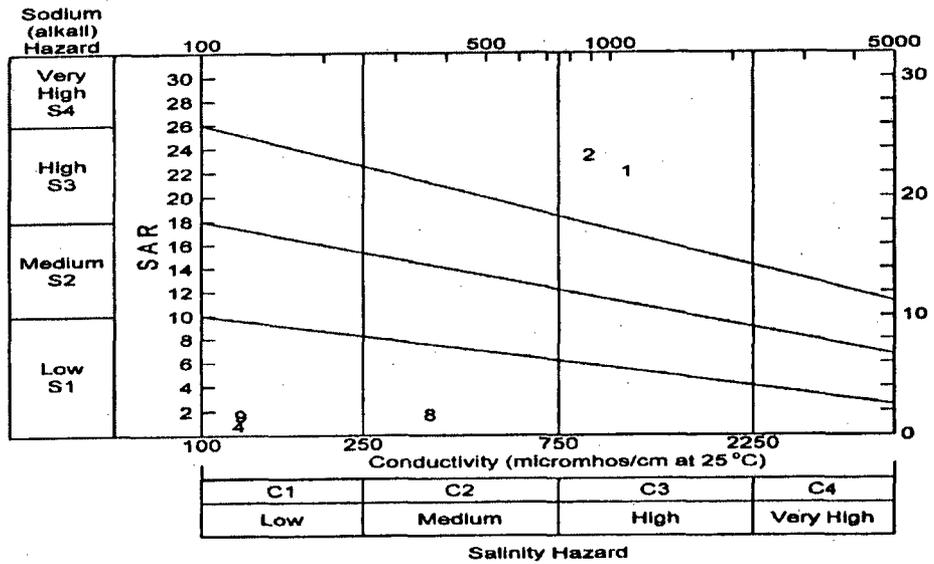


Figura 43- Diagrama de Schoeller das Províncias Paleozóica e Mesozóica



- 1 Ag. Prata 1
- 2 Ag. Prata 2
- 3 Ag. Chapecó
- 4 Fahdu
- 5 Ilha Redonda
- 6 Piratuba
- 7 S. J. do Sul
- 8 Trombudo
- 9 Ávila

Figura 44- Diagrama de Wilcox das Províncias Paleozóica e Mesozóica

O diagrama de Wilcox (Figura 44) que relaciona a alcalinidade em sódio com a condutividade elétrica mostra a distribuição de amostras das províncias Paleozóica e

Mesozóica. Observa-se que as fontes de Águas de Prata (1 e 2) situam-se no campo de alta salinidade.

4.4.2.1.1 Descrição das Fontes

4.4.2.1.1.1 Fonte São João do Sul – DNPM N° 815.086/85

Local: Vila Conceição.

Município: São João do Sul.

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa n° 1.856, de 17/08/94, publicado no D.O.U de 22/08/94.

Relatório Final de Pesquisa aprovado em 20/01/99, publicado no D.O.U de 10/03/99. Plano de Aproveitamento Econômico apresentado em 19/07/99.

Concessionário: São João do Sul Recursos Hidrominerais Ltda

Área: 31,99 ha.

Captação:

O poço aproveitado para captação de água mineral foi perfurado pela CPRM na década de 1970, com profundidade de 804 m. Durante os trabalhos de pesquisa este poço foi reaberto em 8”.

Tabela 38 - Perfil esquemático do poço: São João do Sul.

Formação	Intervalo		Espessura
Sedimentos Recentes	0,00	36,7	36,7
Botucatu	36,7	52,7	16,0
Rio do Rastro	52,7	58,0	5,3
Serra Geral	58,0	63,0	5,0
Rio do Rastro	63,0	302,0	239,0
EstradaNova(Sub-Gupo)	302,0	481,0	179,0
Irati	481,0	567,0	86,0
Palermo	567,0	670,8	103,8
Rio Bonito	670,8	799,93	129,13
Rio do Sul	799,3	804,0	4,7
Granito Pedras Grandes	804,0		

Tabela 39 - Parâmetros hidráulicos do poço. São João do Sul

Vazão(m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h/m)	s/Q(m/m ³ /h)	T(m ² /dia)
10,75	+0,45	35,13	35,58	0,302	3,30	20,73

Vazão de Aprovação: 8,60 m³/h.

Tabela 40- Principais parâmetros físico-químicos. São João do Sul.

Temp	pH	Rad(maches)	Cond.(mhos/cm)	Res.a180°(mg/l)	Dureza tot.
40,1	7,8	1,52	3,02x10 ⁻²	7.065,90	430,00

Unidade Estratigráfica: seqüência paleozóica.

Litologias: toda a seqüência paleozóica da Bacia do Paraná, incluindo o embasamento cristalino.

Unidade Hidrogeológica: Província Paleozóica

Tipo de Aquífero: poroso/fraturado (?), confinado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Cloretada, Fluoretada, Litinada e Hipertermal na Fonte.

Classificação Química: Cloretada cálcica, segundo os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 45).

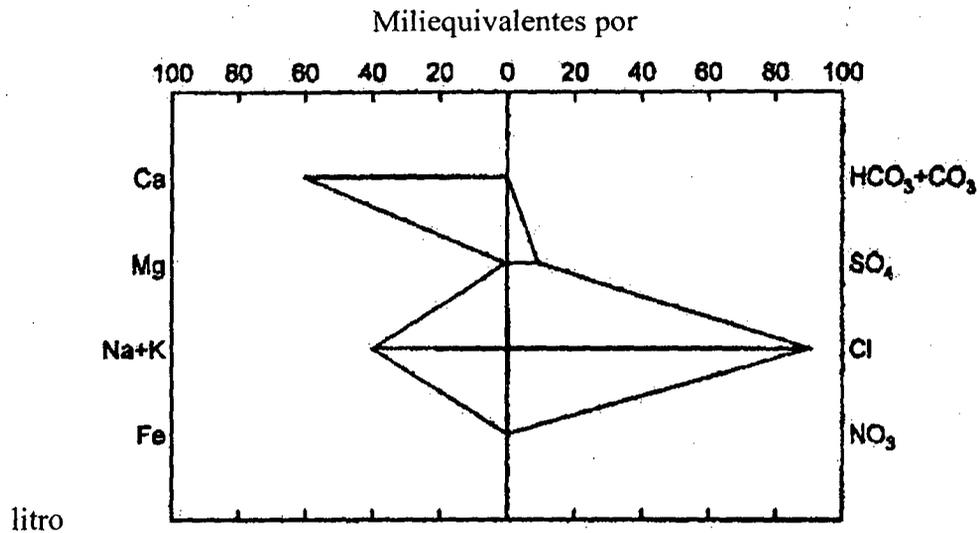


Figura 45 - Diagrama de Stiff. São João do Sul.

Uso: balneário

4.4.2.1.1.2 Fonte Doble "W" - DNPM N^o 815.270/90

Local: Bairro Santa Rosa.

Município: Porto União

Situação Legal: Portaria de Lavra N^o 134, de 17/04/96, D.O.U. de 18/04/96.

Concessionária: Distilaria "W" Exportação E Importação Ltda.

Área: 12,25 ha.

Captação: poço tubular

Tabela 41- Características construtivas do poço. Doble "W"

Prof.(m)	Revestimento pvc	Crivo	Cimentação
120,00	6" até 49,00 m	66,00m	até 13,0 m

Tabela 42 - Principais parâmetros hidráulicos do poço. Doble "W".

Vazão (m ³ /h)	NE	ND	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h)	T (m ² /dia)
7,9	3,32	23,00	19,68	0,40	11,99

Unidade Estratigráfica: Formação Rio do Rasto.

Litologias: siltitos, argilitos e arenitos finos subordinados.

Unidade Hidrogeológica: Província Paleozóica.

Tipo de Aquífero: poroso, confinado.

Classificação segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Alcalina Bicarbonatada Litinada.

Classificação Química: Bicarbonatada Sódica, segundo o diagrama Stiff (Figura 46).

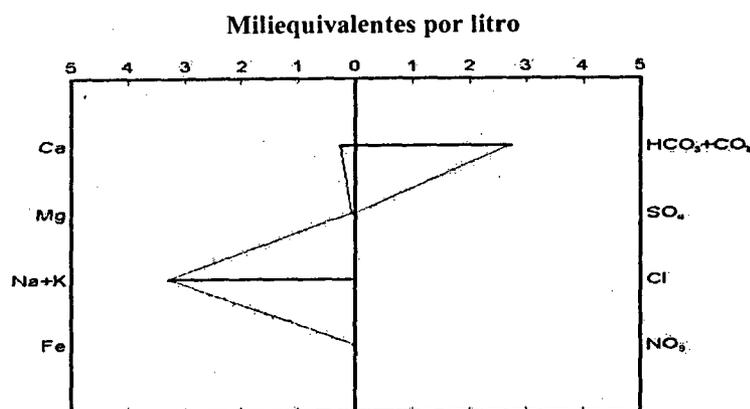


Figura 46 - Diagrama de Stiff. Doble "W".

Uso: engarrafamento.

Produto: Água Mineral Doble "W".

4.4.2.1.1.3 Fonte São Jorge - DNPM N°815.350/93

Local: área urbana de Irineópolis

Município: Irineópolis

Situação Legal: Alvará de Pesquisa n° 1.258, de 17/06/97

Titular: Léa Luiza Unterstell Corrêa

Área: 49ha.

Captação: resulta de sondagem para petróleo executada durante os anos de 1927/28/29, com 510,47m de profundidade, que intercepta diversas formações paleozóicas, conforme Tabela 43.

Tabela 43 - Coluna Geológica da Sondagem n°65. São Jorge.

	Prof.(m)	Elevação (m)	Espessura (m)
Boca do Furo	-	760	-
Base Série São Bento	13,07	716,49	43,06
Base Série Passa Dois	251,60	508,40	208,50
Base do corpo de diabásio	312,80	447,20	61,20
Série Tubarão até o fundo	510,51	249,49	197,71

(LUZ, 1951 apud NOGUEIRA, 1951)

Principais características físico-químicas (LUZ, 1951 apud NOGUEIRA, 1951):

- Aspecto: límpido, incolor
- Sabor: nitidamente alcalino
- Reação pH a 18°C: 9,2
- Resíduo a 105°C: 420,00 mg/l
- Alcalinidade à fenolftaleína: 1,58 cm³ N/C
- Alcalinidade total: 5,45
- Alcalinidade total em NaHCO₃: 450,0 mg/l
- Nitratos e sulfetos: Não contém
- Cloretos: Reação muito fraca
- Sulfatos: Reação fraca.

Classificação: “Água alcalina bicarbonatada, segundo a classificação adotada no Código de Águas Minerais” (GEISEL, 1951 apud NOGUEIRA, 1951).

Características Atuais da Captação: o poço foi desobstruído até a profundidade de 141m, apresentando os seguintes dados: NE: 0,00m; ND: 37m; Vazão: 12.000l/h.

Situação Atual: Relatório Parcial de Pesquisa, com pedido de prorrogação de Alvará.

Unidade Estratigráfica: Formação Rio do Rasto (?).

Litologias: arenitos, siltitos e argilitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Paleozóica.

Tipo de Aquífero: poroso, confinado.

4.4.2.1.1.4 Fonte Braço do Trombudo – DNPM Nº 815.057/84

Local: Braço do Trombudo.

Município: Trombudo Central.

Situação Legal:

Alvará de Pesquisa nº 8.131, de 27/11/84, D.O.U. de 12/12/84.

Relatório Final de Pesquisa apresentado em 05/11/85.

Titular: Arnoldo Rinnert

Área: 49,00 ha.

Unidade Estratigráfica: Grupo Passa Dois. Formações Serra Alta e Irati.

Litologias: folhelhos siltico-argilosos, siltitos argilosos, siltitos arenosos, argilitos e folhelhos pirobetuminosos.

Unidade Hidrogeológica: Província Paleozóica.

Tipo de Aquífero: fraturado, livre.

Captação: Fonte natural que ascende pelas fraturas do folhelho pirobetuminoso da Formação Irati, com presença de pirita e/ou marcasita, captada através de caixa de alvenaria e concreto encravada na rocha.

Vazão Espontânea: 568 litros/hora

Tabela 44 -Principais parâmetros físico-químicos. Braço do Trombudo.

Temp(°c)	Ph	Cond.(Mhos/Cm)	Res. a 180°C	Dureza Total	H ₂ S
19	7,6	3,65X10 ⁻⁴	224,00	108,32	18,86

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 47).

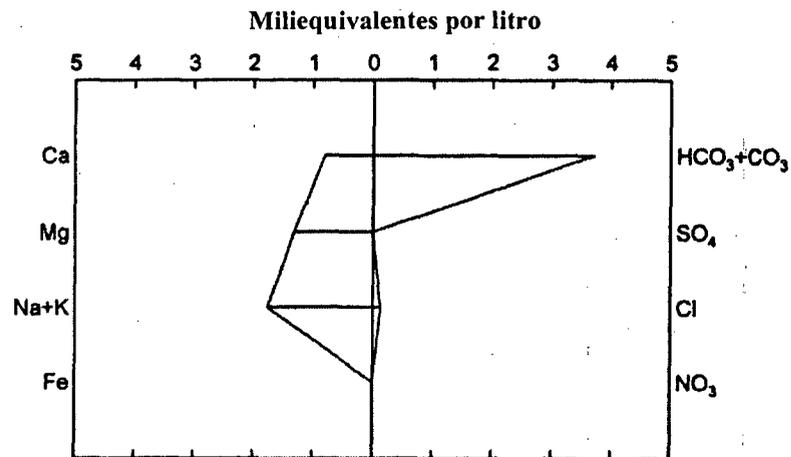


Figura 47- Diagrama de Stiff. Braço do Trombudo

4.4.3 PROVÍNCIA MESOZÓICA

Como pode ser observado no mapa anexo, a Província Mesozóica (BRITO NEVES et al, 1979) engloba as formações aquíferas Botucatu/Pirambóia e Serra Geral, constituintes da unidade geomorfológica do “Planalto Basáltico”.

4.4.3.1 AQUÍFERO BOTUCATU/PIRAMBÓIA

Também denominado “Aquífero Gigante do Mercosul” (ARAÚJO et al, 1995) o pacote de arenitos eólicos do Botucatu/Pirambóia em Santa Catarina, tem espessura variável, desde ausente em determinados locais, mais freqüentemente variando de 100 a 480 m. Espessa-se de leste, onde aflora ao longo da escarpa da Serra Geral, em direção ao oeste, ocorrendo confinado sob a cobertura basáltica e tendo por base os sedimentos

impermeáveis da Formação Rio do Rasto (BRITO NEVES et al, op.cit.). Sua área de ocorrência extrapola a porção brasileira da Bacia do Paraná, com mais de 839.000 km², sendo 49.200 km² em Santa Catarina (ARAÚJO et al, op.cit.).

A alimentação desse aquífero se dá, diretamente pela infiltração ao longo das áreas aflorantes da escarpa e nos patamares assentados sobre os sedimentos paleozóicos, bem como, indiretamente através de fendas e fraturas que atravessam as camadas basálticas da Formação Serra Geral.

A direção do fluxo da água infiltrada nos arenitos é para oeste e sudoeste, no sentido do mergulho regional. Os principais exutórios são a evapotranspiração na zona de recarga e a infiltração vertical, ascendente para os basaltos, e descendente em direção aos sedimentos da Formação Rio do Rasto, onde as condições locais favoreçam.

ZALÁN et al (1986) destacam que a deposição dos arenitos Botucatu e Pirambóia foi fortemente influenciada por um domo termal pré-refte, atuante na área do Arco de Ponta Grossa, bem como, uma “razoável influência” dos trendes E-W.

Dados coligidos de perfurações realizadas no Botucatu nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, definem uma vazão específica de 1.000 a 15.000 l/h, com uma média de 2.500 l/h/m. Sua transmissividade admitida está no intervalo entre 10⁻³ a 10⁻² m³/s/m (BRITO NEVES et al, op.cit.).

A maior produtividade apresentada pelos arenitos do Botucatu se dá quando este encontra-se confinado sob os derrames basálticos da Formação Serra Geral, onde, freqüentemente apresenta condições de artesianismo. Poços localizados próximo a calha do rio Uruguai, onde a espessura da capa de basaltos situa-se na faixa de 500 m, geralmente fornecem ótimas vazões (Piratuba, com vazão de 350.000l/h), e condições de surgência.

4.4.3.1.1 Descrição das Fontes

4.4.3.1.1.1 Fonte Ávila – DNPM N°815.097/90

Local: Furnas.

Município: Sombrio.

Situação Legal: Portaria de Lavra n°066/94, de 03/03/94, publicada no D.O.U de 04/03/94.

Concessionária: Mineração Zanatta Ltda.

Área: 47,60 ha.

Captação: poço tubular.

Tabela 45 - Características construtivas do poço tubular. Ávila

Prof.(m)	Diâm.	Revest.6"	Filtros	Pré-filtros	Cimentação	Laje
45,00	12"	+1 ^a 45,0m	2,0 a 42,0	Biguaçú	1:1:0,18	0,20m ³

Tabela 46- Principais parâmetros hidráulicos do poço. Ávila.

Vazão(m ³ /h)	NE	ND	T (m ² / dia) – rebaixamento	T(m ² /dia)-recuperação
2,03	2,00	24,81	41,58	9,15

Tabela 47- Principais parâmetros físico-químicos da água. Ávila.

Temp °C	Rad(maches)	Cond(mhos/cm)	Res.Secoa180°C(mg/L)	Dureza total
21,0	5,44	1,25x10 ⁻⁴	68,00	13,20

Unidade Estratigráfica: Formação Botucatu.

Litologia: arenitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Mesozóica. Aquífero Botucatu.

Tipo de Aquífero: poroso, livre.

Classificação segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fracamente Radioativa na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, segundo os diagramas de Piper (Figura 42) e Stiff (Figura 48).

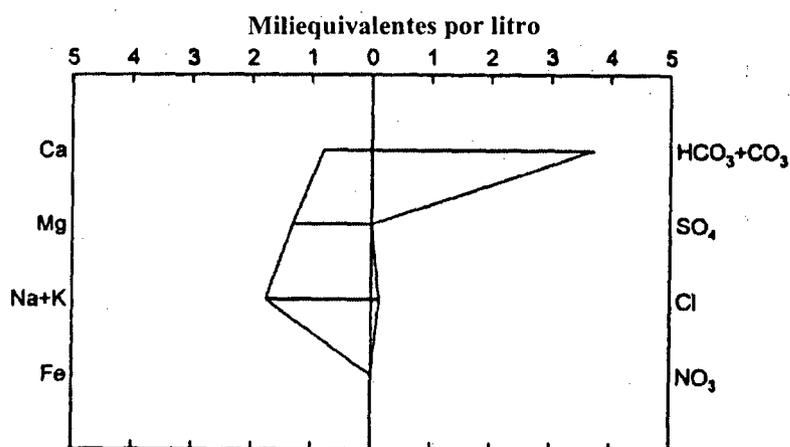


Figura 48- Diagrama Stiff. Fonte Ávila.

Uso: Engarrafamento.

Produto: Água Mineral Cristalina do Monte.

4.4.3.1.1.2 Fonte Piratuba– DNPM N° 815.424/86

Local: Balneário Piratuba.

Município: Piratuba.

Situação Legal: Portaria de Lavra: 098, de 09/04/97, publicada no D.O.U de 10/04/97.

Área: 50 ha.

Concessionária: Companhia Hidromineral de Piratuba S/A.

Captação: poço tubular profundo, com 2.416m de profundidade, realizado pela PETROBRÁS em 1964. Este furo atravessou litologias distintas, com presença de diversos tipos de água, nem sempre de boa qualidade. A Formação Botucatu, principal aquífero da Bacia do Parará, foi interceptada na profundidade de 539 metros, tendo sua base nos 718 metros, com uma intercalação de 43 metros de diabásio. Para evitar sua contaminação com água de má qualidade dos aquíferos subjacentes, foi instalado um tampão de cimento com espessura de 100 metros, com capacidade de carga de 15.600 libras. Na superfície foi instalada uma cabeça de produção, que permite o controle da vazão através de redutores.

O poço era controlado, com pressão medida na linha de fluxo de 200 psi, registrando superfície potenciométrica à cota de +573 metros. O revestimento de 13 3/8" atingiu a profundidade de 86,4 m. No topo do revestimento foi instalada a cabeça de produção com três válvulas, de 4" para 3.000 libras e de 2" para 200 libras.

Tabela 48- Síntese da estratigrafia interceptada pelo furo 2 PI -1 - SC:

Formação	Intervalo		Cota do topo	Espessura
Serra Geral	0,00	539,00	+ 437,00	539,00
Botucatu	539,00	582,00	- 102,00	43,00
Diabásio	582,00	627,00	- 147,00	45,00
Botucatu	627,00	718,00	238,00	91,00
Morro Pelado	718,00	1.051,00	571,00	333,00
Serrinha	1.051,00	1.242,00	762,00	191,00
Teresina	1.242,00	1.618,00	1.138,00	376,00
Serra Alta	1.618,00	2.018,00	1.538,00	400,00
Irati	2.018,00	2.068,00	1.588,00	50,00
Palermo	2.068,00	2.151,00	1.671,00	83,00
Rio Bonito	2.151,00	2.280,00	1.800,00	129,00
Itararé	2.280,00	2.416,00	2.416,00	136,00

Teste de produção realizado pela CONTEP S/A. em 1995 (BORGES, 1996), forneceu os seguintes dados:

Vazão Máxima: 350 m³/h;

Pressão Máxima: 1,0 Kgf/cm² (10 m de coluna de água - mca);

Vazão de Exploração Máxima: 300 m³/h;

Pressão de Exploração: 0,8 kgf/cm² (8,0 mca);

Nível Estático: + 71,00 m

Nível Dinâmico: + 10,00 m

Rebaixamento: 61 m

Cap.Esp.(m³/h/m): 5,73

Transmissividade(m²/dia): 300

Tabela 49- Principais parâmetros físico-químicos. Piratuba.

Vazão/h)	Temp.	pH	Cond.(mhos/cm)	Res.a 180°C (mg/l)	Dureza tot.
350.000	38,0	8,5	1,35x10 ⁻³	892,77	7,1

Unidade Estratigráfica: Formação Botucatu.

Litologia: arenitos.

Unidade Hidrogeológica: Província Mesozóica. Aquífero Botucatu/Pirambóia.

Tipo de Aquífero: poroso, confinado.

Classificação Segundo o Código de Mineração: Água Mineral Alcalino-bicarbonatada, Sulfatada, Fluoretada e Isotermal na Fonte.

Classificação Química: Bicarbonatada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 49).

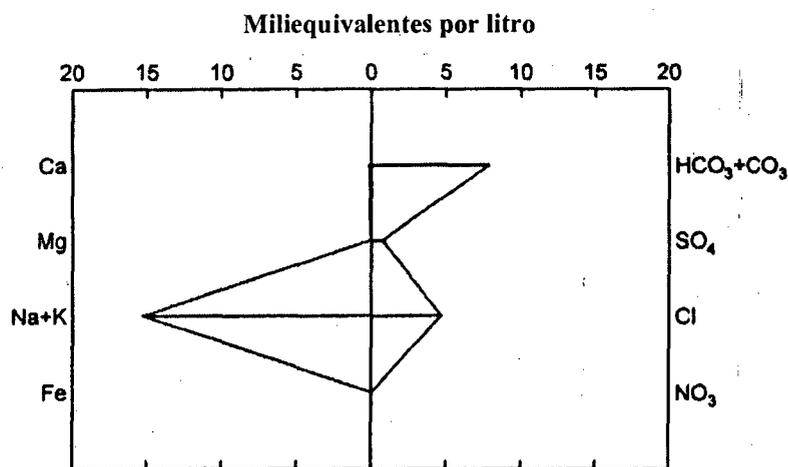


Figura 49- Diaframa Stiff. Piratuba

Uso: balneário/ lazer.

4.4.3.2 AQÜÍFERO SERRA GERAL

O pacote de litologias da Formação Serra Geral, apresenta um espessamento de leste para oeste, onde exibe valores superiores a 1.000 m. Consta-se de um empilhamento de derrames, com espessuras individuais de cerca de 20 m, em média.

O armazenamento de água está condicionado pela rede de fraturas, contatos inter-derrames e níveis de arenitos intertrapes eventualmente presentes. Apresenta

comportamento misto de aquífero livre e confinado, com áreas localizadas onde exhibe artesianismo e, eventualmente, condições de surgência. Os principais exutórios naturais são as diversas surgências localizadas, em geral, no contato entre derrames ou no contato manto de intemperismo/rocha, que constituem o escoamento superficial durante o ano todo e pela evapotranspiração.

A alimentação desse sistema se dá, diretamente, pelas precipitações atmosféricas, pelas águas fluviais dos rios perenes e, indiretamente, através do manto de intemperismo e pelas aluviões das principais redes de drenagem da área. A circulação do sistema é, genericamente dirigida em direção ao mergulho regional oeste-sudoeste, coincidindo com o mergulho das águas superficiais que demandam para os rios Pelotas e Peperiguaçu (BRITO NEVES et al, 1979).

BRITO NEVES et al (1979), analisando dados de 20 poços tubulares em Santa Catarina, onde o valor médio encontrado para a vazão específica foi de 300l/h/m, com uma variação de 10 a 1.200 l/h/m, atribuíram a amplitude dessa variação e o baixo valor médio encontrado, a falta de critérios técnicos na locação dos poços. Destacam ainda, que a exploração de poços tubulares neste aquífero deve se limitar a uma profundidade média de 120 m, locados segundo critérios tectônicos (riacho-fendas) e topográfico (regiões baixas).

Na Bacia do Rio Uruguai a Formação Serra Geral apresenta derrames com espessuras individuais entre 20 e 30 metros, sendo que a espessura total dos derrames oscila entre 500 e 1.000 metros (NORTHFLEET et al, 1969). Na base da Formação Serra Geral ocorrem intercalações de arenitos intertrapes.

Os processos tectônicos que afetaram a Formação Serra Geral estão intimamente ligados a evolução da Plataforma Sulamericana. A Bacia do Paraná se estabeleceu a partir do Cambro-Ordoviciano, em aulacógenos tardios, controlados por zonas de fraqueza NW-SE. Após a intensa sedimentação ocorrida desde o Cambro-Ordoviciano até o Juro-Cretáceo, a região foi afetada por intenso vulcanismo de caráter toleítico, tendo como veículo de extravasamento das lavas, as fraturas pré-existentes. O aumento da subsidência das bacias costeiras, associadas ao processo de "rift", levou ao levantamento da região costeira, com a reativação de antigas zonas de fraqueza NE-SW, da antiga Faixa de Dobramentos Sul-Sudeste do embasamento cristalino (FÚLFARO et al, 1982).

ZALÁN et al (1986) destacam a importância dos lineamentos NW-SE, NE-SW e E-W no controle da sedimentação e do magmatismo na Bacia do Paraná.

O controle dos jazimentos de água mineral ou termal, neste aquífero, se dá, principalmente, através das estruturas originadas pela tectônica rígida. As fontes estão, geralmente, controladas pelos falhamentos, principalmente aqueles de direção NE-SW, subordinadamente os de direção NW-SE.

FREITAS et al (no Prelo), no desenvolvimento do Projeto Oeste de Santa Catarina, consideram o Sistema Aquífero Serra Geral como um meio heterogêneo e anisotrópico, com condições de armazenamento e circulação da água restritas às discontinuidades. Destacam que as melhores condições hidrogeológicas estão ligadas a zonas vesículo-amigdaloidais, zonas de auto-brechas e disjunções horizontais, quando interceptadas por fraturas. Analisando 350 poços tubulares construídos nessa unidade, constataram que predominam as profundidades de 90,00 metros, com a última entrada de água entre 20,00 e 50,00 metros; vazões entre 0,00 e 55,00 m³/h, com média de 8,5 m³/h; capacidades específicas entre 0,00 e 3,45 m³/h/m, com média de 0,66 m³/h/m; pH entre 5,36 e 7,88, com média de 7,29; sólidos totais dissolvidos variando entre 14,3 e 191,1 mg/L, com média de 85,80 mg/L.

Os dados relativos às águas minerais desta unidade aquífera são ainda escassos, destacando-se a antigas surgências, que vêm sendo utilizadas desde a primeira metade do século como estações de tratamento e lazer. Dentre as quais destacam-se as de Águas de Chapecó, Águas de Pratas e Ilha Redonda.

Mais recentemente tem havido um interesse crescente por áreas destinadas à indústria de águas minerais para envasamento, como é o caso Caçador, que conta com Alvará de Pesquisa em fase final de aprovação, além de diversas áreas requeridas em Anchieta, Quilombo, Chapecó, Palmitos e outras.

4.4.3.2.1 Descrição das Fontes

4.4.3.2.1.1 Fonte de Águas de Chapecó - DNPM Nº1.829/36

Localização: Balneário de Águas de Chapecó

Município: Águas de Chapecó

Situação Legal: Manifesto de Mina nº 641, de 16/04/37

Concessionária: Companhia Hidromineral Oeste Catarinense – HIDROESTE

Área: 77,279 ha.

Unidade Estratigráfica: Formação Serra Geral.

Litologias: basaltos maciços e vesículo-amigdaloidais.

Unidade Hidrogeológica: Província Mesozóica. Aquífero Serra Geral.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Captação: Poço tubular.

Profundidade: 95,00 m

NE: 0,00 m

Vazão espontânea: 8.000 l/h

Vazão de bombeamento: 20.000 l/h

Características construtivas:

Diâmetro do poço: de 0,00 a 14,00 m – 8” ; de 14,00 a 95,00 m – 6”

Revestimento: originalmente foi colocado 14 m de revestimento de aço, tendo posteriormente sido substituído por pvc de 6” até 14,00 m.

Tabela 50 - Principais parâmetros físico-químicos (DNPM, 1958). Águas de Chapecó.

T(°C)	Cond(ohms/cm)	pH	Res.a180°C	Dureza(°Franceses)
34,2	$9,6 \times 10^{-4}$	8,6	656,00	0

Classificação segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Natural Alcalino-Bicarbonatada e Sulfatada Sódica.

Uso: balneário

4.4.3.2.1.2 Fontes de Águas de Prata – DNPM N° 803.771/76

Local: Águas de Prata

Município: São Carlos

Situação Legal: Portaria de Lavra n° 063, de 20/01/86, publicada no D.O.U de 23/01/86

Área: 32,25 ha.

Concessionário: Águas de Pratas Mineração Ltda.

Área de Proteção: Portaria n° 700, de 05/9/89, publicada no D.O.U de 06/9/89.

Área: 238,35 ha.

Captações:

1) Fonte Santa Rita: Poço tubular

Profundidade: 80,30 m

Vazão espontânea: 28.500 l/h

Diâmetro: 8”

Revestimento: até 10 m.

Tabela 51 -Principais parâmetros físico-químicos, Fonte Santa Rita

Análise	T(°C)	Rad.(maches)	pH	Cond(mhos/cm)	Res.a 180°(mg/l)
02/12/79	35,0	1,5	8,6	$11,5 \times 10^{-4}$	836,00
29/06/93	36,0	1,31	9,2	$1,1 \times 10^{-3}$	516,00

Unidade Estratigráfica: Formação Serra Geral.

Litologias: basaltos.

Unidade Hidrogeológica: Aquífero Serra Geral.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Alcalino-bicarbonatada, Sulfatada, Sulfurosa, Fluoretada, Litinada e Mesotermal na Fonte.

Classificação Química: Sulfatada sódica, conforme diagramas de Piper(Figura 42) e de Stiff (Figura 50)

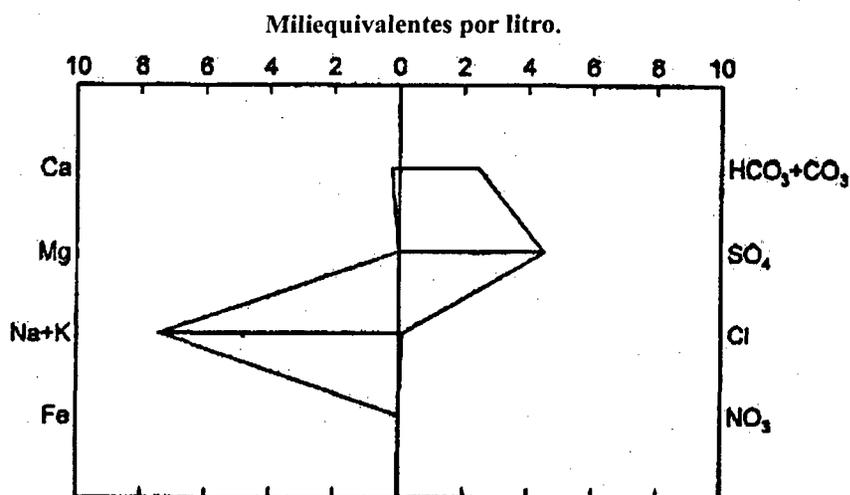


Figura 50- Diagrama de Stiff. Fonte Santa Rita

2) Fonte São Gerônimo: Poço Tubular

Profundidade: 129,0 m

Vazão: 15.000 l/h com vazão espontânea

Vazão por Bombeamento: 39.600 l/h

NE: 00,00 m

ND: 20,47 m

Entrada de Água: 117,00 m

Revestimento: até 4,00 m pvc de 6"

Diâmetro: de 0,00 a 4,00 m - 8" de 4,00 a 129,0 m - 6"

Tabela 52 - Principais parâmetros físico-químicos. Fonte São Gerônimo

Análise	T(°C)	Ph	Cond.(Mhos/cm)	Res. a 180°(Mg/L)
32/08/94	29,00	8,68	8,93X10 ⁻⁴	555,6

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Sulfatada, Sulfurosa, Fluoretada, Litinada e Hipotermal na Fonte.

Classificação Química: Cloretada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 51).

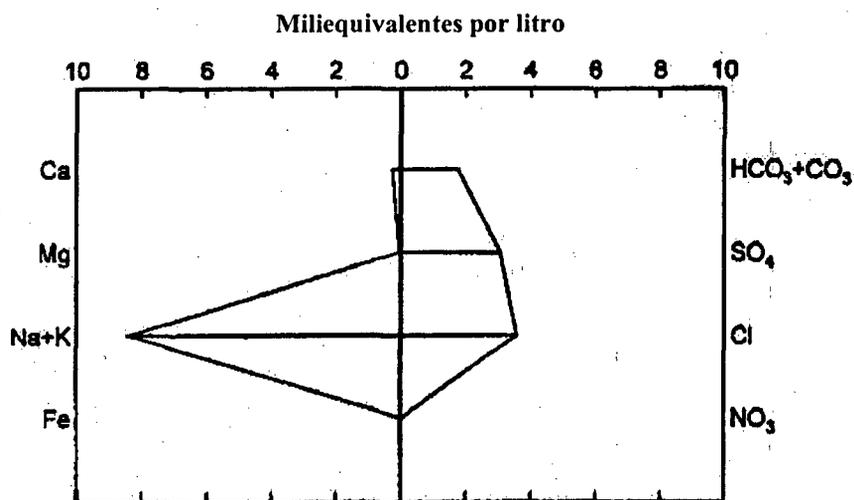


Figura 51- Diagrama de Stiff. Fonte São Gerônimo

Usos:

Fonte Santa Rita – Balneário

Fonte São Gerônimo – Previsto para engarrafamento e balneário.

4.4.3.2.1.3 Ilha Redonda – DNPM N° 437/38

Local: Ilha Redonda

Município: Palmitos

Situação Legal: Manifesto de Mina

Concessionário: Companhia Hidromineral Ilha Redonda Ltda.

Área: 80 ha

Uso: Balneário

Captações:

No local existem três fontes naturais, denominadas Morna (n°1), Quente (n° 2) e Fria (n° 3), distantes da margem do rio Uruguai cerca de 200 metros, além de um poço tubular profundo (n° 4). As fontes Quente e Morna distam entre si cerca de 50 metros e aproximadamente 85 metros do balneário. A fonte Fria, dista cerca de 350 m do balneário. Todas as fontes naturais encontram-se desativadas.

As captações das fontes naturais foram implantadas por meio da abertura manual de poços sobre as surgências, até a profundidade de 5,50 m, com diâmetro de 5 m na fonte nº 1 e 2,0 m de diâmetro na fonte nº 2.

Tabela 53 - Características construtivas do poço tubular. Ilha Redonda.

Prof. (m)	Diâm. de perf.	Vazão espontânea(m ³ /h)	Cimentação	Laje
151	11"até 21 m 8"de 21 a 151 m	40,00	até 21 m	1 m ²

Tabela 54- Perfil descritivo do poço tubular. Ilha Redonda.

Intervalo (m)	Litologia
0,0 a 3,0	Solo
3,0 a 17,0	Basalto semi alterado
17,0 a 37,0	Basalto cinza
37,0 a 46,0	Basalto vermelho fraturado
46,0 a 60,0	Basalto cinza
60,0 a 64,0	Basalto cinza fraturado
64,0 a 98,0	Basalto cinza
98,0 a 114,0	Basalto cinza fraturado com quartzo e calcedônia
114,0 a 132,0	Basalto cinza
132,0 a 135,0	Basalto semi alterado
135,0 a 141,0	Basalto cinza
141,0 a 144,0	Basalto cinza fraturado com calcita
144,0 a 151,0	Basalto cinza
Até 149,0	Fratura com 50% de calcita
133,0	Entrada de água
141,6	Entrada de água
151,0	Entrada de água

Tabela 55- Principais características físico-químicas das fontes. Ilha Redonda.

Fonte	Análise	Vazão (m ³ /h)	T(°C)	Cond.(mhos/cm)	Ph	Res. evap.
1	DNPM/1958	12	34	2,06 X 10 ⁻³	8,4	1.112
2	DNPM/1958	10	37	2,1 X 10 ⁻³	8,4	1.113
3	DNPM/1958	4	30	1,98 X 10 ⁻³	8,4	
4	LAMIN/1996	40	37,4	1,9 X 10 ⁻³	8,5	1.008,6

Unidade Estratigráfica: Formação Serra Geral.

Litologias: basaltos.

Unidade Hidrogeológica: Aquífero Serra Geral.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Química: Cloretada sódica, conforme os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 52)

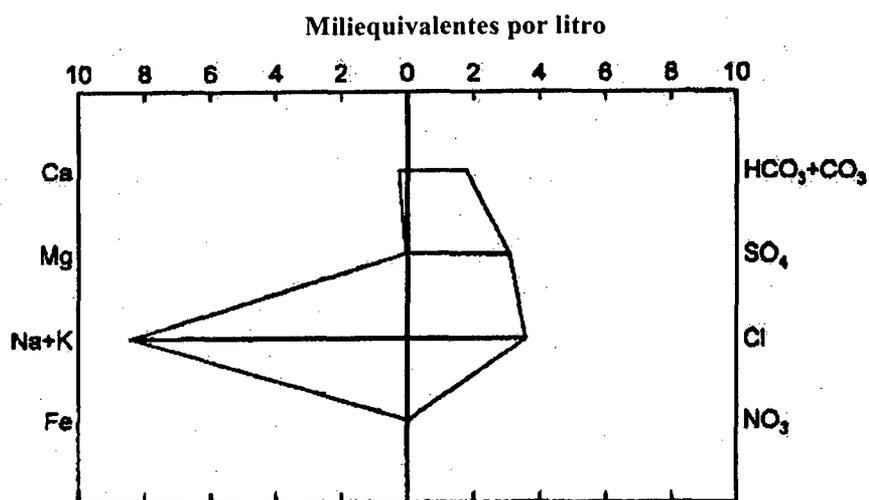


Figura 52 - Diagrama de Stiff. Ilha Redonda

4.4.3.2.1.4 Fonte Fahdu- DNPM N° 815.481/98

Local: Caçador.

Município: Caçador.

Situação Legal: Alvará de Pesquisa n°4.821, de 01/06/99, publicado no D.O.U . de 02/06/99.

Situação atual: Relatório Final de Pesquisa aprovado.

Titular: Osvaldo Tomé/Thomagran Agropecuária Ltda.

Área: 49,00 ha.

Captação: Poço tubular.

Tabela 56 -Características construtivas do poço tubular. Fahdu.

Prof(m)	Diâm.dePerfuração	Revestimento	Cimentação	Laje
96,00	8":0- 10m;6": até 90 m	8" de +0,5 a 10m	Até 2,0 m	1,0 m ²

Tabela 57 -Principais características hidráulicas do poço tubular. Fahdu.

NE	ND	Vazão(m ³ /h)	Reb.(s)	Q/s(m ³ /h/m)	T (m ² /dia)
37,77	53,83	7,2	16,02	0,45	5,3

Unidade Estratigráfica: Formação Serra Geral.

Litologias: basaltos.

Unidade Hidrogeológica: Província Mesozóica- Aquífero Serra Geral.

Tipo de Aquífero: fraturado.

Classificação Segundo o Código de Águas Minerais: Água Mineral Fluoretada.

Classificação Química: Bicarbonatada cálcica, segundo os diagramas de Piper (Figura 42) e de Stiff (Figura 53)

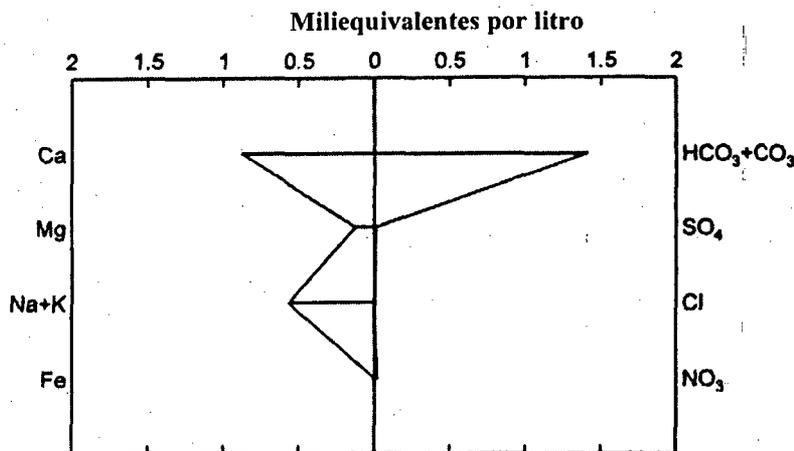


Figura 53 - Diagrama de Stiff. Fonte Fahdu

4.4.4 PROVÍNCIA CENOZÓICA

Para as águas minerais esta província hidrogeológica é praticamente destituída de importância, uma vez que constitui aquíferos que armazenam águas muito jovens, de pequena circulação no meio geológico. Apresentam-se fracamente mineralizadas, portanto, sendo difícil classificá-las como minerais.

Na conceituação original de BRITO NEVES et al (1979), esta unidade é constituída pelos sedimentos litorâneos e fluviais espriados ao longo da estrita e irregular planície costeira do Estado, com uma área de aproximadamente 5.500 km². Não estão incluindo nesta província, os sedimentos detríticos e as aluviões, por serem considerados mais como um meio de infiltração e transmissão da água precipitada às rochas dos respectivos sistemas aquíferos.

Fazem parte dessa província, os sedimentos da planície costeira e dos baixos cursos d'água dos principais rios do Estado, representados por sedimentos clásticos, médios e finos, geralmente bem selecionados nas áreas de praias e dunas e, mal selecionados nas aluviões e nos terraços, onde há uma alternância entre as frações arenosas e argilosas (Mapa anexo).

Constituem aquíferos livres, com nível estático pouco profundo a aflorante, freqüentemente constituindo áreas alagadiças. As maiores espessuras perfuradas atingem 60 m na região de Rio Vermelho em Florianópolis, fornecendo vazões da ordem de 60.000 l/h.

A alimentação desse aquífero se dá diretamente através das precipitações atmosféricas, bem como pelas águas fluviais das principais drenagens que cortam a área. Os exutórios principais são o oceano Atlântico, os próprios rios e a evapotranspiração.

Originalmente constituem boas fontes alternativas de abastecimento de água das cidades litorâneas do Estado, em especial, as regiões da Grande Florianópolis, Balneário Camboriú, Itajaí e Joinville entre outras. Entretanto, a falta de uma política de saneamento básico, aliado a falta de um zoneamento ambiental que impeça a ocupação urbana e industrial dessas áreas, já compromete, inviabilizando grandes áreas potenciais de abastecimento, podendo, num futuro muito próximo, inviabilizá-las completamente.

BORGES (1996) caracterizou o Aquífero Campeche, que ocorre no leste da Ilha de Santa Catarina, como um pacote de sedimentos arenosos, quartzosos, com granulometria variando de fina a média, localmente grosseira na base, apresentando cores branca, bege a amarela clara. Quanto ao arredondamento, os grãos são subarredondados a arredondados. Geralmente apresentam-se bem selecionados, com pouca matriz argilosa. As principais características hidráulicas desse aquífero, podem ser visualizadas na Tabela 58.

Em algumas perfurações executadas para a CASAN, segundo BORGES (op.cit.), foi identificado um horizonte argiloso, cinza escuro, orgânico. A porção inferior do perfil, é caracterizada pela presença de material argiloso, com cores cinza escura a esverdeada, muito plástico.

Tabela 58- Principais características hidráulicas do "Aquífero Campeche".

	Prof.(m)	NE	ND	Vazão (m ³ /h)	Vazão Específica (m ³ /h)
Mínima	26,00	1,90	6,00	23,30	2,41
Média	38,29	2,67	11,20	48,36	7,70
Máxima	47,00	5,00	14,10	61,00	13,42

Dados extraídos de BORGES (1996).

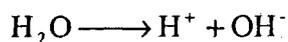
GUEDES JR. (1999) utilizou a denominação "Sistema Aquífero Sedimentos Inconsolidados", para agrupar os depósitos sedimentares capazes de armazenar e transmitir água, de idade quaternária, que ocorrem na Ilha de Santa Catarina.

4.5 HIDROQUÍMICA

4.5.1 ÁGUA COMO SUBSTÂNCIA QUÍMICA

A molécula de água (H₂O), formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, apresenta ligações covalentes, algo assimétrica e forte polaridade. Por essa razão possui propriedades singulares, tanto no aspecto químico como físico (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

Segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (op.cit.), fisicamente a água se caracteriza como um líquido entre 0°C e 100°C e a pressão atmosférica, com calor específico médio de 1 cal/g °C. Sua tensão superficial é a mais elevada conhecida. Apresenta notável anomalia dilatométrica, pois a 4°C apresenta a máxima densidade (1kg/litro), sendo algo menos densa a 0°C e notavelmente menos densa em estado sólido. No estado líquido a água é um corpo muito debilmente iônico, apresentando dissociação molecular segundo a reação:



Apresenta condutividade elétrica baixa, da ordem 0,045 microS/cm a 18°C (DAVIS e DE WIEST, 1966 apud CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983), porém cresce enormemente, ao conter pequenas quantidades de impurezas, podendo tornar-se um bom condutor elétrico quando contiver substâncias iônicas dissolvidas. Destilada pode ter entre 0,5 e 5 micro S/cm, devido pequena quantidade de impurezas e de gases dissolvidos.

Água pura na natureza não existe, pois sendo a água um solvente universal, e o mais abundante dos solventes, é capaz de incorporar em seu percurso dentro do ciclo hidrológico, desde sua precipitação, até sua captura, uma grande quantidade de elementos químicos e substâncias, orgânicas e inorgânicas.

Ao lixiviar os solos e as rochas, a água subterrânea vai, gradativamente, sendo enriquecida em sais minerais em solução, resultantes do ataque químico e dissolução dos minerais originais das rochas e solos percolados. Estas reações são favorecidas pela baixa velocidade de circulação das águas subterrâneas, condições de pressão e temperatura, presença de CO₂, pH, Eh, processos biológicos, etc (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

4.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas das águas, são de ordem estética. Quando muito acentuadas, podem ocasionar sua rejeição para o consumo humano. As principais são: temperatura, cor, sabor, odor, turbidez e sólidos em suspensão.

4.5.2.1 TEMPERATURA

A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2 C°) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície (SANTOS, 1997).

A temperatura das águas subterrâneas depende do terreno drenado, podendo ser influenciada, entre outras causas, pela natureza das rochas, sendo mais função da profundidade. Sua variação é consequência da capacidade da camada aquífera e dos aportes externos que possam existir, seja por infiltração direta, por aportes subterrâneos, etc. Em terrenos pouco permeáveis, a poucos metros de profundidade desaparece a influência da temperatura ambiente e das variações diárias (SANTOS, op. cit.).

A profundidade necessária para aumentar de um grau a temperatura da água é definido como “grau geotérmico”, ou ‘gradiente geotérmico”, em média é de 33 metros, sendo que pode variar de 15 a 50 metros (LAFUENTE, 1981). Segundo CASTANY (1971), pode variar de 10 a 15 m em regiões vulcânicas e até 60 a 80 m em maciços graníticos.

A profundidade mínima de origem de uma água pode ser calculada pela seguinte fórmula (CASTANY, op.cit.):

$$P = (T_s - T) \cdot g_T$$

Onde:

P = Profundidade mínima de origem da água

T_s = Temperatura média da surgência, em °C

T = Temperatura ambiente, em °C

g_T = Gradiente geotérmico, em metros

A temperatura é uma das características mais importantes das águas termominerais, sendo admitido geralmente, que a concentração de sais dissolvidos aumenta com a temperatura (CASTANY, op.cit.).

Quanto a temperatura, as águas minerais são classificadas, segundo o Código de Águas Minerais, em fontes frias (<25°C) e fontes termais. Estas podem ser hipotermiais

(25°C a 33°C), mesotermiais (33°C a 36°C), isotermiais (36°C a 38°C) e hipertermiais (> 38°C).

As águas minerais do Domínio Meridional da Província Cristalina são, em sua grande maioria, classificadas como termiais na fonte (Apêndice 1). A origem admitida para o aumento da temperatura, segundo a maioria dos autores, está relacionada à circulação da água em profundidade através da rede de fraturamento, onde é aquecida, ascendendo rapidamente à superfície, através de zonas preferenciais de falhamentos.

Nos domínios Central e Setentrional da Província Cristalina, as águas são consideradas frias.

Nas províncias Paleozóica e Mesozóica, a termalidade está relacionada com o grau geotérmico atingido pela perfuração de poços tubulares profundos, ou a existência de zonas com anomalias termiais, possivelmente controladas tectonicamente, como é o caso das ocorrências de Águas de Pratas (São Carlos), Águas de Chapecó (Águas de Chapecó) e Ilha Redonda (Palmitos).

4.5.2.2 COR

Em geral, a cor é o resultado das substâncias dissolvidas na água. Quando em grande quantidade a água pode apresentar uma cor azulada, arroxeadada quando rica em ferro, negra quando rica em manganês e amarelada quando rica em ácidos úmicos (SANTOS, 1997).

A cor se encontra principalmente nas águas superficiais e em alguns poços pouco profundos, sendo a água dos poços profundos incolor, em sua imensa maioria (LAFUENTE, 1981).

A medida da cor se faz através da comparação com uma solução padrão de Pt-Co ou disco colorido, sendo as unidades comumente utilizadas ppm de Pt ou unidade Hazen.

As águas minerais estudadas no Estado não apresentam valores de cor, com uma única exceção, 10 unidades Hazen, apresentado pelo poço de São João do Sul, aprovado pelo DNPM para uso exclusivo como balneário.

4.5.2.3 ODOR E SABOR

Segundo LAFUENTE (1981), as qualidades organolépticas das águas destinadas ao consumo humano têm sido sempre um dos parâmetros que mais preocupam aqueles

que de alguma maneira são responsáveis pela segurança e controle de sua qualidade. Sob o ponto de vista fisiológico, os sentidos de gosto e olfato estão intimamente relacionados, posto que os estímulos detectados são simultâneos e complementares.

A maior parte dos compostos inorgânicos, exceto o HS^- e seus compostos, são inodoros. O sulfeto de hidrogênio se caracteriza pelo odor de ovos podres. Em concentrações muito baixas, cheira a ambiente pantanoso.

O sabor é devido aos minerais e sais que se encontram naturalmente dissolvidos na água. Dos elementos ou compostos inorgânicos, o cloro é o que mais causa sabores e odores às águas. Assim, as águas com mais de 300 ppm de Cl^- , têm sabor salgado. Ferro, manganês e cobre, quando presentes, em maior ou menor quantidade na água, também são responsáveis por um sabor característico (LAFUENTE, 1981).

As águas minerais estudadas, especialmente as destinadas ao engarrafamento, são caracterizadas por não apresentarem qualquer tipo de odor e sabor.

Algumas águas minerais presentes nos aquíferos Paleozóico e Mesozóico, utilizadas com finalidade balneária, apresentam algum teor de gás sulfídrico, como é o caso das fontes de Águas de Prata, em São Carlos, Piratuba e Águas de Chapecó, todas no oeste do Estado, além de ocorrências de águas sulfurosas em Correia Pinto e Braço do Trombudo.

4.5.2.4 TURBIDEZ

A turbidez é provocada pela presença de partículas insolúveis em suspensão na água. Estas partículas podem ser argilas, margas, calcário, sais de ferro, matéria orgânica finamente dividida, etc., todas de tamanho que pode variar desde o colóide até partículas relativamente grandes (diâmetros que vão desde milimicron até várias dezenas de milímetro). É um fenômeno óptico produzido por estas partículas e consiste, essencialmente, na absorção da luz que incide sobre um certo volume de água, combinado com a difusão (LAFUENTE, 1981).

Sua medida é realizada com turbidímetros, disco de Secchi, disco de platina ou métodos elétricos. A unidade de turbidez é grau de sílica (igual a 100 para a água que contém 100 mg/l de sílica pura), FTU (Formazin Turbidity Unit), ou em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

As águas minerais do Estado apresentam turbidez ausente, com exceção do poço de São João do Sul, que apresenta o valor de 40 uT.

4.5.2.5 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

Os sólidos encontrados em suspensão nas águas podem ser orgânicos e inorgânicos. As partículas inorgânicas são argilas e agregados coloidais de minerais argilosos de densidade maior que 2 g/cm^3 (LAFUENTE, op.cit.).

Segundo LOGAN (1965), o termo sólidos em suspensão deveria ser substituído por “sólidos filtráveis”, tendo em vista que a carga sólida em suspensão pode ser separada por filtração, o que não ocorre com o material coloidal.

As águas subterrâneas em sua maioria e, em especial as águas minerais, praticamente não apresentam sólidos em suspensão, exceto captações em aquíferos cárstico-fissurais ou em poços mal desenvolvidos, com produção de argila, silte ou areia.

4.5.2.6 RESÍDUO SECO (RS) E SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

O resíduo seco é determinado através do somatório de todas as substâncias dissolvidas na água com diâmetro menor que $0,5 \text{ mm}$ (FENZEL, 1986).

Os resultados são expressos em mg/L e são referidos a uma determinada temperatura, comumente são referidos a 105°C , 110°C ou 180°C .

A soma de todos os cátions, ânions e colóides determinados numa análise química, subtraídos de metade do bicarbonato, é aproximadamente igual ao resultado do resíduo seco (SANTOS, 1997), conforme a expressão:

$$\sum \text{Cátions} + \sum \text{Ânions} + \sum \text{Colóides} - \frac{\text{HCO}_3}{2} = \text{RS}$$

O valor de sólidos totais dissolvidos representa o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Comumente, este o valor é um pouco superiores ao do resíduo seco, em função de que o bicarbonato em altas temperaturas ($>100^\circ\text{C}$) se decompõem em HCO_3^{-2} e em CO_2 , que se volatiliza e evapora da amostra (SANTOS, op.cit.). O valor dos sólidos totais dissolvidos é aproximadamente igual ao resíduo seco mais $\frac{1}{2}$ de HCO_3^- .

As fontes e poços tubulares de águas minerais, localizadas no Domínio Meridional da Província Cristalina, apresentam valores de resíduo de evaporação ou resíduo seco a 180°C em geral, inferiores a 100 mg/L .

Já no Domínio Central, nas áreas de afloramento de xistos e filitos, as águas minerais apresentam valores de resíduo seco entre 100 mg/l e 200 mg/l, ao passo que, onde ocorrem lentes de calcário, o resíduo seco aumenta, atingindo valores superiores a 200 mg/l.

Nos aquíferos do Paleozóico e Mesozóico, os valores de resíduo seco variam dentro de um amplo intervalo, desde cerca de 200 mg/l, até um máximo de 5.970 mg/l, observado no poço tubular de São João do Sul.

Verifica-se, dentro das diversas classificações (Apêndices 1 e 2), que as fontes localizadas na Província Cristalina não apresentam restrição ao consumo humano quanto ao resíduo seco. Com relação aos aquíferos Botucatu/Pirambóia, Serra Geral e Paleozóico, algumas águas apresentam valores acima dos limites máximos permitidos pela Resolução 310 da ANVS. Nesses casos, as águas são utilizadas exclusivamente em balneários.

4.5.2.7 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A água pura, espécie química definida como H_2O , tem uma condutividade elétrica muito baixa, da ordem de $0,05 \cdot 10^{-6}$ ohms/cm para uma água bidestilada sobre permanganato de potássio e barita, após congelamento e recozida sucessivamente por fusão ao abrigo do ar (LAFUENTE, 1981).

A condutividade elétrica pode ser definida como a facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos na forma de íons.

A unidade de medida da condutividade elétrica é o "mho/cm", que representa o inverso da unidade de resistência elétrica, o "ohm". A condutividade das águas subterrâneas geralmente é expressa em micro-mho/cm, ou seja, o milionésimo do mho, referida a uma temperatura padrão (25°C).

Segundo LAFUENTE (op.cit.), a temperatura modifica muito a condutividade de uma solução. Como exemplo, basta assinalar que uma solução de KCl que contenha 10 miliequivalentes por litro duplica sua condutividade ao passar de uma temperatura de 0°C para 25°C.

As águas minerais do Estado apresentam valores de condutividade elétrica distribuídas no intervalo de 10^{-5} a 10^{-2} mhos/cm (Apêndice 1).

4.5.2.8 RADIOATIVIDADE

A radioatividade é o processo de emissão de partículas - alfa ou beta e energia - raios gama - de núcleos instáveis de elementos. As partículas alfa (núcleos de hélio) e beta são emitidas durante a desintegração do núcleo de um átomo, que torna-se nuclearmente instável. Em sua volta ao estado original de energia, o núcleo emite os raios gama. As duas primeiras partículas têm baixo poder de penetração (alguns milímetros), enquanto que os raios gama têm alto poder penetrativo (cerca de 30m), segundo FRAENKE (1976).

Segundo CUSTODIO e LAMAS (1983), os principais radioisótopos naturais são: K-40; Rb-87; U-238; U-235 e Th-232. Os três últimos, ao emitir uma partícula alfa, dão origem a um novo elemento radioativo emissor de partículas beta e este a outro elemento radioativo e assim sucessivamente. Entre os isótopos chamados filhos, são de especial interesse o Ra-226, o Ra-228 e o Rn-222. O primeiro desses radioisótopos é extremamente tóxico, enquanto que o Rn-222, ocorre em pequenas quantidades e tem um período de vida muito curto (3,8 dias).

Nas águas minerais, normalmente se determina a radioatividade relativa ao Rn-222, que é medido diretamente na fonte. Os resultados são expressos em Maches, Nanocurie por litro e Becquerel por litro.

Nota-se que as fontes radiativas estão praticamente restritas à Província Cristalina, destacando-se o Domínio Meridional, pela grande quantidade de águas radioativas na fonte (Apêndice 1).

4.5.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.5.3.1 DUREZA

A dureza pode ser definida como a capacidade da água de neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, bário, zinco, etc. (FENZEL, 1986).

Existem três maneiras de se expressar a dureza: temporária, permanente e total.

A dureza temporária, também chamada dureza de carbonatos, é causada pelos íons cálcio e magnésio que se combinam com o bicarbonato e com o carbonato (LAFUENTE, op.cit.). Pode ser eliminada pela ebulição da água.

A dureza permanente ou dureza de não carbonatos é devida a presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio dissolvidos na água (LAFUENTE, op.cit.). Perdura após a ebulição da água.

A dureza total é a soma da dureza temporária com a dureza permanente.

Segundo SANTOS (1997), é simples separar a dureza de não carbonatos (permanente), da dureza de carbonatos (temporária), se a alcalinidade e a dureza tiverem sido determinadas, pois a alcalinidade mede a dureza de carbonatos. A porção da dureza que excede a alcalinidade é a de não carbonatos.

A dureza é expressa em mg/L de CaCO_3 , mesmo que seja devida ao sulfato de magnésio. Em geral, usa-se o teor de cálcio e magnésio da água, expresso em teores de carbonato de cálcio, para definir a dureza (SANTOS, op.cit.).

Segundo LAFUENTE (op.cit.), existem diversas formas de se representar a dureza de uma água, dependendo do país, todas expressas em CaCO_3 ou CaO :

Um grau Francês = 10 mg/L de CaCO_3 ;

Um grau Alemão = 10 mg/L de CaO ;

Um grau Americano = 17,14 ppm de CaCO_3 .

No Brasil atualmente os valores de dureza são expressos em miligrama por litro ou miliequivalente por litro da concentração de CaCO_3

As águas duras são incrustantes e consomem grande quantidade de sabão, além de dificultarem o cozimento dos alimentos.

A Tabela 59 e a Tabela 60 apresentam a classificação da dureza, segundo diferentes autores.

Tabela 59 - Classificação segundo LOGAN (1965):

Tipo da Água	Teor de CaCO_3 (mg/L)
Mole	0 – 100
Intermediária	100 – 200
Dura	Acima de 200

Tabela 60 - Classificação segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (1983)

Tipo da Água	Teor de CaCO_3 (mg/L)
Branda	< 50
Pouco Dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito Dura	> 200

Na Província Cristalina, as águas minerais do Domínio Meridional apresentam dureza total em carbonatos inferior a 30 mg/L de CaCO_3 , classificadas portanto, como águas moles, segundo LOGAN (1965) ou brandas, conforme CUSTÓDIO e LLAMAS (1983). No Domínio Central as águas são brandas, pouco duras, duras e muito duras,

conforme a classificação de CUSTÓDIO e LLAMAS (op.cit) ou moles, intermediárias e duras, conforme a classificação de LOGAN (op.cit). No Domínio Setentrional, os poucos dados existentes apontam para uma predominância de águas moles ou brandas.

Nas províncias Paleozóica e Mesozóica as águas minerais são classificadas como moles ou brandas, com exceção do poço tubular de São João do Sul, que apresenta 430 mg/L de CaCO_3 , portanto classificando-se como água muito dura (Apêndice 1).

4.5.3.2 ALCALINIDADE

A alcalinidade pode ser definida como a quantidade de ácido necessária para consumir todo o carbonato e/ou bicarbonato (FENZEL, 1986) ou, como a capacidade de uma água neutralizar ácidos (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983). Sua presença é uma consequência direta da presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (SANTOS, 1997).

Segundo FENZEL (op.cit.), essa capacidade da água em neutralizar ácido, não é devida exclusivamente aos íons CO_3^{2-} e HCO_3^- . Em menor grau, outros íons ou compostos são capazes de reagir com ácidos fortes e contribuir com a alcalinidade da água, como por exemplo: silício dissolvido; fosfatos; hidróxidos; certos compostos orgânicos; boratos; etc.

Pode ser determinada por:

Titulometria alcalina – $\text{TA} = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-}$

Titulação alcalimétrica completa – $\text{TAC} = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$.

A alcalinidade não é avaliada diretamente nas análises oficiais exigidas pelo DNPM.

4.5.3.3 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO – PH

O pH é a medida da concentração do íon hidrogênio da água, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. É função essencialmente do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água (SANTOS, 1997).

A escala de variação do pH é de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, valores inferiores a 7 é ácido e superiores a 7 é básico.

A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11, sendo que a escala de valores de pH é tal que a variação de uma unidade de pH, corresponde a um aumento de 10 vezes na concentração do íon hidrogênio. (SANTOS,op.cit.).

O pH pode ser medido diretamente no campo através do “pHmetro” portátil, com precisão de 0,1 a 0,2, ou por colorimetria, com precisão de 0,5.

Segundo LAFUENTE (1981), a origem do pH das águas pode ser natural ou artificial. Como causa natural, cita em primeiro lugar, o anidrido carbônico procedente da atmosfera. Mais especificamente, aquele que se encontra na zona de infiltração da terra, produzido pela atividade respiratória dos organismos vivos, assim como da respiração e fotossíntese dos organismos aquáticos. O pH das águas depende também, do conteúdo de anidrido de carbono em relação com a mineralização total da mesma.

Como causas naturais da acidez da água, LAFUENTE (op.cit.) relaciona os ácidos sulfúrico (resultante da degradação da pirita), sendo mais rara a presença de ácido clorídrico e mais rara ainda, a presença de ácido sulfídrico. Relaciona ainda, a presença dos ácidos orgânicos, entre os quais, os ácidos húmicos.

Entre os constituintes básicos, encontra-se, fundamentalmente, o carbonato de cálcio. Este composto condiciona o pH da água, em função de ser capaz de reagir com o CO₂ dissolvido, para formar o bicarbonato de cálcio, solúvel, produzindo um sistema tampão (LAFUENTE,op.cit.).

Conforme pode ser observado no Apêndice 1, as águas minerais da Província Cristalina são levemente ácidas a neutras, com valor mínimo de 5,7 na fonte Verani, em São José, e um máximo, de 8,0 em Gravatal e em Nova Trento.

Nos aquíferos Paleozóico e Mesozóico, geralmente, as águas apresentam pH levemente básico, com valores em torno de 8,0.

4.5.3.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Mede a quantidade de oxigênio, em mg/L, consumido por corpos redutores presentes na água, mediante oxidantes químicos, sem a intervenção de organismos vivos (LAFUENTE, op.cit.).

Nas águas subterrâneas, os valores de DQO comumente situam-se na faixa de 1 a 5 mg/L de O₂. Valores acima de 10 mg/L, podem ser um claro indicio de contaminação (SANTOS, 1997).

Nas águas minerais esse parâmetro não é analisado.

4.5.3.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

O consumo de oxigênio realizado em uma corrente de água pelos organismos aeróbicos se denomina demanda bioquímica de oxigênio (LAFUENTE, 1981).

Segundo SANTOS (1997), a demanda bioquímica de oxigênio indica o grau de contaminação da água e deve ser relacionado a um certo tempo de referência (24 horas, 5 dias, etc.). Nas águas subterrâneas, em geral, o DBO é inferior a 1 mg/l de O₂, valores mais elevados indicam contaminação.

4.5.3.6 PRINCIPAIS ÍONS DISSOLVIDOS

A grande maioria dos elementos dissolvidos nas águas subterrâneas encontra-se na forma iônica, alguns dos quais estão presentes em quase todos os tipos de água e, a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes.

De acordo com CUSTÓDIO e LLAMAS (1983) os íons fundamentais são:

- Ânions: cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄⁼), bicarbonato (CO₃H⁻);
- Cátions: sódio (Na⁺), cálcio (Ca⁺⁺) e magnésio (Mg⁺⁺).

Freqüentemente os ânions nitrato (NO₃⁻) e carbonato (CO₃⁼) e o cátion potássio (K⁺) são considerados dentro do grupo dos íons fundamentais, ainda que, em geral, suas proporções sejam pequenas (CUSTÓDIO e LLAMAS, op.cit).

4.5.3.6.1 Principais Cátions

Sódio: é um dos metais alcalinos mais abundantes na natureza, fazendo parte de silicatos complexos, como os feldspatos plagioclásios (albita), feldspatóides (nefelina e sodalita), anfibólios e piroxênios (FENZEL, 1986; LAFUENTE, 1981; SANTOS, 1997).

Às vezes o sódio ocorre em grandes quantidades em zonas áridas, constituindo depósitos litorâneos, em forma de sulfatos, nitratos, cloretos, carbonatos, bórax, etc., estando também muito difundido na superfície terrestre (LAFUENTE, 1981).

O intemperismo dos silicatos das rochas magmáticas, em geral, libera sódio, enriquecendo as águas naturais neste elemento, em razão de sua alta solubilidade e boa mobilidade.

Nas águas subterrâneas o sódio ocorre, geralmente, na forma de cloretos, sendo o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais (SANTOS, op.cit.).

Em geral, altas concentrações em sódio estão acompanhadas por altos conteúdos de fluoretos (LAFUENTE, op.cit.).

Segundo CUSTÓDIO e LAMAS (1983), em geral, há um aumento gradativo dos teores de sódio das águas subterrâneas a partir da zona de recarga do aquífero em direção às zonas mais confinadas ou aos exutórios.

Nas águas subterrâneas, em geral, a concentração de sódio varia entre 0,1 e 100 mg/L e entre 1 e 150 mg/L nas águas naturais doces, atingindo, em média, 11.100 mg/L, nas águas do oceano Atlântico e até 100.000 mg/L nas salmouras naturais (CUSTÓDIO e LLAMAS, op.cit.).

A ingestão do sódio pelo homem se dá principalmente através do cloreto de sódio, o sal de cozinha, sendo que as necessidades diárias de um indivíduo adulto é de 1,5 a 2,0 gramas de cloreto de sódio (LAFUENTE, 1981).

LAFUENTE (op.cit.) destaca que há uma correlação positiva entre a concentração de sódio na água e várias enfermidades, dentre as quais, a hipertensão, enfermidades renais, cirrose hepática, etc.

As águas minerais da Província Cristalina, apresentam teores de sódio, em geral, abaixo de 15 mg/L, com apenas duas exceções, a primeira, localizada na Fontes do Sul, Distrito Industrial de São José, com valor de 29,13 mg/L e a segunda, com um valor completamente anômalo, de 131,4 mg/L, na denominada Fonte São Pedro, em Cocal do Sul.

Nas províncias Paleozóica e Mesozóica, os teores são mais elevados e variados, com um mínimo de 75 mg/L, em Porto União e, um máximo de 799,65 mg/L, em São João do Sul (Apêndice 1).

Potássio: é um constituinte essencial das rochas ígneas e metamórficas, ocorrendo principalmente nos feldspatos potássicos, leucita, micas, etc (FENZEL, 1986, SANTOS, 1997).

O valor da relação Na^+/K^+ é de 1,09 nas rochas ígneas e de 27,84 nas águas do mar, mostrando a grande mobilidade geoquímica do sódio comparada ao potássio (RANKAMA e SAHAMA, 1960, apud FENZEL, 1986).

Nas águas subterrâneas o potássio ocorre em pequenas quantidades ou está ausente, devido a sua intensa participação nos processos de troca iônica, além de ser facilmente adsorvido pelos minerais argilosos e pelos vegetais (SANTOS, op.cit.).

Segundo CUSTÓDIO e LAMAS (1983), os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg/L, sendo mais freqüentes os valores entre 1,0 e 5,0 mg/L. Nas águas meteóricas, os teores de potássio estão, em geral, no intervalo entre 0,1 e 4,0 mg/L, enquanto que nas águas do oceano Atlântico os teores médios são de cerca de 400 mg/L.

No corpo humano, uma das funções do potássio é regular os batimentos cardíacos, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência pode provocar fadiga, baixar o teor de açúcar no sangue e insônia. Seu excesso pode causar câimbra, fadiga, paralisia muscular e diarreia (CUSTÓDIO e LAMAS, op.cit.).

Nas águas minerais do Estado, verifica-se um mínimo de 0,6 mg/L em Porto União e, um máximo, de 195 mg/L em São João do Sul (Apêndice 1).

Observa-se ainda, na Província Cristalina, valores em torno de 4 a 5 mg/L, ao passo que nas províncias Paleozóica e Mesozóica, a maioria dos valores situa-se abaixo de 2 mg/L.

Cálcio (Ca^+): o cálcio não existe livre na natureza. Combinado se encontra em grande abundância, principalmente como carbonatos, sulfatos, fluoretos e fosfatos, estando presente em rochas como calcários, mármore, gipsita, anidrita, fluorita, entre outras (LAFUENTE, 1981).

Nas rochas magmáticas está presente, principalmente, em minerais como: plagioclásio; certos anfibólios e piroxênios; granada; epidoto; zoizita; wollastonita; apatita e fluorita (FENZEL, 1986).

Os sais de cálcio possuem moderada a elevada solubilidade, podendo comumente precipitar como carbonato de cálcio (CaCO_3). É um dos constituintes principais das águas naturais e o principal responsável pela dureza (SANTOS, 1997).

A concentração de cálcio nas águas meteóricas varia de 0,8 a 10 mg/L, segundo FENZEL (op.cit.), ou de 0,1 a 10 mg/L, segundo CUSTÓDIO e LAMAS (1983). Provém, em geral, de sais cíclicos, de poeiras terrestres e da poluição industrial.

Nas águas naturais, não marinhas, o cálcio encontra-se preferencialmente na forma do íon Ca^{+2} e sua concentração é basicamente determinada pelo equilíbrio CO_2 –

CaCO_3 , sendo que, teoricamente, o equilíbrio deverá ser atingido após um período de contato suficientemente prolongado entre a água e a rocha (FENZEL, op.cit.).

Nas águas subterrâneas, o teor de cálcio varia entre 10 e 100 mg/L de Ca^{++} . Nas águas do oceano Atlântico, os teores médios situam-se em torno de 480 mg/L (CUSTODIO e LLAMAS, op.cit.).

Segundo LAFUENTE (1981), a necessidade diária de cálcio que se considera imprescindível na alimentação humana é de 800 a 1000 miligramas. No uso doméstico e industrial da água, o cálcio é um elemento que é desejável em concentrações moderadas, pois em altas concentrações produz incrustações nas tubulações e caldeiras, além de aumentar o consumo de sabão e detergentes.

A principal função do cálcio no corpo humano é na manutenção da estrutura óssea, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência provoca o raquitismo e a osteoporose e seu excesso provoca dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

As águas minerais do Estado apresentam teores de cálcio entre um mínimo de 1,0 mg/L na fonte Verani, de São José e, um máximo, de 1.207 mg/L no poço tubular de São João do Sul (Apêndice 1).

Na Província Cristalina, as fontes localizadas nos granitos e/ou gnáisses fraturados, dos domínios Meridional e Setentrional, apresentam valores inferiores a 10 mg/L, com as exceções da fonte São Pedro, de Cocal do Sul, com 42,2 mg/L e a do Rio do Pouso, com 14,02 mg/L.

As fontes do Domínio Central, apresentam teores de cálcio entre 1,26 mg/L na fonte Brilhante, em Camboriú e, 55 mg/L na fonte São Marcos, em Itajaí.

Na Província Paleozóica, os valores de cálcio situam-se dese 4,89 na fonte Doble "W", até um máximo de 1.207 mg/L em São João do Sul (Apêndice 1).

Na Província Mesozóica, os teores de cálcio presentes nas águas minerais variam de 2,1 a 17,48 mg/L.

Magnésio (Mg^{++}): apresenta propriedades e comportamento similares ao cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar.

O magnésio juntamente com o cálcio é responsável pela dureza e pelo gosto salobro nas águas.

Ocorre, geralmente, na forma de carbonatos, constituindo o mineral chamado magnesita, como sulfatos, cloretos e silicatos. Está presente, principalmente, nos seguintes minerais: talco, dolomita, serpentina, asbesto, olivina, granada, cordierita, piroxênios, anfibólios, micas, clorita, alanita (FENZEL, 1986; LAFUENTE, 1981; CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

No corpo humano o magnésio tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento do nervos e músculos. Sua deficiência causa nervosismo e tremores, seu excesso provoca distúrbios intestinais (SANTOS, 1997).

As águas meteóricas apresentam teores entre 0,4 e 1,6 mg/L de Mg^{+2} , provém de sais cíclicos e poeiras terrestres (SCHOELLER, 1962), enquanto que a água do oceano Atlântico apresenta um teor médio de magnésio de 1.410 mg/L (CUSTÓDIO e LLAMAS, op.cit.).

As águas subterrâneas apresentam, em geral, teores inferiores a 40 mg/L de Mg^{++} (FENZEL, 1986; CUSTODIO e LLAMAS, 1983). Valores extremamente elevados (242 mg/L) foram encontrados em águas termais de Hot Springs, EE.UU, sendo que a maior concentração citada na bibliografia foi registrada em Eddy Countri, EE.UU, com 51.500 mg/L de Mg^{++} , (MATTHESS, 1973 apud FENZEL, 1986).

As águas minerais do Domínio Meridional apresentam teores de magnésio entre 0,76 e 5,88 mg/L de Mg^{++} . No Domínio Central, os teores situam-se entre 7,06 e 14,48 mg/L de Mg^{++} , com exceção da água mineral da fonte Brilhante, com 1,61 mg/L de Mg^{++} .

Os aquíferos Paleozóico e Mesozóico apresentam águas minerais com teores entre 0,19 e 1,0 mg/L de Mg^{++} , com exceção do poço tubular de São João do Sul, com 3,79 mg/L de Mg^{++} (Apêndice 1).

Ferro: não é encontrado livre na natureza, estando presente em todos os tipos de terrenos. Seus compostos mais importantes são: hematita (FeO_2), limonita ($Fe_2O_3.nH_2O$), magnetita (Fe_2O_4), siderita ($FeCO_3$), pirita (FeS_2), etc. (LAFUENTE, 1981).

Nas águas subterrâneas o ferro se encontra dissolvido, principalmente, na forma de bicarbonato ferroso - $Fe(HCO_3)_2$, que em contato com o oxigênio dissolvido na

água, se oxida, sendo precipitado na forma de hidróxido férrico, sendo esta precipitação instantânea quando o pH for superior a 7,5 (LAFUENTE, op.cit.).

Os processos de intemperismo liberam o ferro da rocha original, introduzindo-o no ciclo geoquímico, onde se encontra presente, principalmente como hidrolizados (argilas, rochas argilosas, etc.); resistatos (arenitos); precipitados (carbonatos) e no mar, onde sua pequena concentração evidencia sua baixa mobilidade geoquímica (FENZEL, 1986).

A solubilidade do ferro depende, entre outros fatores, essencialmente do pH, do Eh e das concentrações de CO₂ e SO₄ da água (FENZEL, op.cit.).

Em pH maior que 2,2 o hidróxido férrico é insolúvel. O íon ferroso é insolúvel para pH maior que 6. Dessa forma, as águas subterrâneas, por não estarem em contato com o ar, encontrando-se em meio natural fortemente redutor, podem conter em solução quantidades notáveis de ferro ferroso (LAFUENTE, 1981).

As principais fontes de ferro são as rochas sedimentares lateríticas, arenitos com cimento ferruginoso, minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e metamórficas, como olivinas, piroxênios, anfibólios, biotita, carbonatos, etc. (FENZEL, 1986; CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

Altos teores de ferro nas águas subterrâneas podem estar ligados à ocorrência de ferrobactérias ou mesmo na corrosão do revestimento ou do filtro do poço (SANTOS, 1997).

O ferro é um constituinte normal do organismo humano, forma parte da hemoglobina e seus sais, em pequenas quantidades não são tóxicos (LAFUENTE, op.cit.).

A carência de ferro pode causar a anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes (SANTOS, 1997).

As restrições aos altos teores de ferro nas águas para o consumo humano, ocorrem em função das suas propriedades organolépticas. Segundo MONMONEY (1992) apud SANTOS (1997), a ingestão de altos teores de ferro pode agravar a hemacromatose (intoxicação por ferro) originada por distúrbios genéticos.

As águas minerais do Estado apresentam baixos teores de ferro total, sendo o valor máximo verificado no poço tubular de Nova Trento, com 0,15 mg/L (Apêndice 1).

Manganês: assemelha-se quimicamente ao ferro, bem como, na sua forma de ocorrência nas águas subterrâneas. Por ser menos abundante que o ferro nas rochas, sua

presença nas águas naturais é menos comum e sua concentração, em geral, muito menor que a do ferro (SANTOS, 1997).

Segundo LAFUENTE (1981), o manganês não se encontra livre na natureza. Forma os minerais como a pirolusita (MnO_2), a blenda de manganês (MnS), a braunita (Mn_2O_3), etc. Normalmente esse elemento encontra-se no organismo, sendo um ativador de certas enzimas. Ingerido em grandes quantidades afeta o sistema nervoso central.

O manganês participa no ciclo biológico, sendo liberado durante a decomposição das plantas. Os microorganismos têm uma função importante no seu processo de oxidação e redução (FENZEL, 1986).

As águas minerais do Estado, a semelhança do ferro, apresentam teores de manganês muito abaixo do limite permitido pela Portaria nº 310 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Apêndices 1 e 2), que fixa em 2,0 mg/L o teor máximo permitido para esse íon.

4.5.3.6.2 Principais Ânions

Cloreto (Cl^-): cerca de 75% da totalidade de cloreto estimada para a camada dos primeiros 16 Km da crosta terrestre encontra-se nos oceanos e, somente pequena parte provém do intemperismo (FENZEL, 1986).

A origem do cloreto nas águas, segundo LAFUENTE (1981), é devida ao intercâmbio com mares atuais e antigos. Atualmente a causa da salinidade é a contaminação das águas doces por água do mar (poços e rios), a lixiviação de terrenos salgados de origem marinha, que depositam sais na superfície do solo, os quais, posteriormente por capilaridade, passam às águas. Igualmente, a dissolução de rochas, principalmente evaporíticas, constitui uma fonte de cloretos.

Embora de menor importância, outra fonte de cloretos provém da lixiviação dos minerais ferromagnesianos presentes nas rochas ígneas, como micas e anfibólios, apatita, sodalita, escapolita, feldspatos, etc.

Na atmosfera o cloreto faz parte dos sais cíclicos e dos aerossóis continentais, de maneira que, nas zonas costeiras, as precipitações atingem teores de até alguns miligramas de cloreto por litro (FENZEL, 1986).

Em condições favoráveis, as concentrações de cloreto nas águas subterrâneas podem ser úteis para a determinação da recarga do sistema aquífero, ao se comparar as

concentrações de cloreto nas águas subterrâneas (C_{ln}) com a concentração de Cl^- das água que abastecem o aquífero (C_{lp}), conforme SCHOELLER (1962).

$$A = \frac{C_{lp}}{C_{ln}}$$

onde:

A = parte das águas meteóricas que abastecem o aquífero;

C_{lp} = concentração média de Cl^- na chuva;

C_{ln} = concentração média de Cl^- nas águas subterrâneas

As águas doces apresentam concentrações entre 10 e 250 mg/L de cloretos. As águas subterrâneas geralmente apresentam teores inferiores a 100 mg/L, enquanto que as águas dos mares apresentam teores entre 18.000 e 21.000 mg/L, podendo chegar a 220.000 mg/L, nas salmouras naturais (SANTOS, 1997).

Artificialmente o cloreto pode ser introduzido no aquífero através da poluição por esgotos domésticos, resíduos industriais e pelas águas de retorno dos sistemas de irrigação agrícola (CETESB, 1985 apud BORGES, 1996).

Águas com até 400 mg/L de cloreto de sódio não apresentam sabor salgado. Teores acima de 500 mg/L começam a manifestar esse sabor, podendo o organismo humano suportar até cerca de 2.500 mg/L de cloreto de sódio (LAFUENTE, 1981).

A Portaria nº 36 do Ministério da Saúde, fixa em 250 mg/L de Cl^- , o teor máximo admitido para águas de abastecimento público.

Para as águas minerais, a Resolução 310 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária não estabelece restrições com relação ao teor de cloretos.

As águas minerais do Domínio Meridional, em geral, apresentam teores de cloreto inferiores a 12 mg/L de Cl^- , com exceção das fontes Verani, com 39,17 mg/L de Cl^- e São Pedro, com 114,1 mg/L de Cl^- .

No Aquífero do Domínio Central, os valores oscilam entre 7,54 mg/L de Cl^- na fonte Brilhante, até 137,2 mg/L de Cl^- na fonte de Nova Trento.

No Aquífero Mesozóico, os valores observados são discrepantes. No Balneário de Águas de Pratas, Município de São Carlos, o poço Santa Rita apresentou 3,9 mg/L de Cl^- , enquanto que o poço São Gerônimo forneceu o valor de 127,18 mg/L de Cl^- , bastante próximo dos teores de Águas de Chapecó e Piratuba.

O Aquífero Paleozóico apresenta o poço anômalo de São João do Sul, com teor de 3.210,06 mg/L de Cl^- , ao passo que o poço tubular de Porto União, apresentou teor de 0,12 mg/L de Cl^- (Apêndice 1).

Sulfato (SO_4^{2-}): o íon sulfato é um dos íons que contribuem para a salinidade das águas, encontrando-se na maioria das águas naturais, podendo atingir até 2 gramas por litro ou mais, dependendo principalmente dos terrenos que houver drenado (LAFUENTE, 1981).

A origem dos sulfatos é atribuída a dissolução e lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita) e do enxofre presente nas rochas na forma de sulfetos.

O sulfato de cálcio e de magnésio contribuem para a dureza permanente das águas (LAFUENTE, op.cit).

As águas subterrâneas geralmente apresentam teores de sulfato inferiores a 100 mg/L, principalmente na forma de SO_4^{2-} e HSO_4^- . Nas águas do oceano Atlântico o teor médio de sulfato é de 2.810 mg/L (SANTOS, 1997).

Segundo LAFUENTE (1981), águas com mais de 750 mg/L de sulfato apresentam efeito laxativo, sendo entretanto, difícil de se estabelecer um teor máximo para as águas de bebida. Entre os fatores que influenciam a possível ação dos sulfatos como laxantes, cita a sensibilidade de cada indivíduo, ao costume dos usuários, existindo a possibilidade de aclimatação e, sobretudo, a influência do cátion que forma o sal. Destaca que o sulfato de cálcio é muito menos ativo que o sulfato de sódio e de magnésio, sendo estes laxantes conhecidos na forma de sais.

Sabe-se também, que águas com altos teores de sulfatos imprimem sabor desagradável na preparação de diversos alimentos.

A Organização Mundial de Saúde, bem como, a Portaria 36 do Ministério da Saúde, estabelecem o valor de 400 mg/L de sulfato, como o máximo permitido para o consumo humano (Apêndice 2).

As águas minerais do Domínio Meridional apresentam, em geral, teores abaixo de 5 mg/L de sulfato, com as exceções das fontes Verani, de São José, com 8,86 mg/L e São Pedro, de Cocal do Sul, com 118,3 mg/L.

No Domínio Central, os teores variam dentro de um amplo limite, com um mínimo de 1,87 mg/L na fonte Brilhante, em Camboriú, a um máximo de 38;18 mg/L no poço tubular de Nova Trento.

Os aquíferos Paleozóico e Mesozóico apresentam teores variados de sulfato, entre 36,68 mg/L em Piratuba e 215,69 mg/L no poço São Gerônimo em Águas de Prata, com valores anômalos de 0 (zero) em Porto União e um máximo de 452,5 mg/L no poço tubular de São João do Sul (Apêndice 1).

Bicarbonato (HCO_3^-): nas águas naturais o íon bicarbonato não se oxida nem se reduz, porém pode precipitar com muita facilidade como bicarbonato de cálcio (CaCO_3). Sua concentração nas águas doces varia de 50 a 350 mg/L, podendo atingir 800 mg/L, sendo que a água do mar apresenta teores da ordem de 100 mg/L (SANTOS, 1997).

As águas minerais localizadas no Domínio Meridional classificam-se, na sua ampla maioria, como bicarbonatadas, apresentando teores em torno de 40 mg/L de bicarbonato, com as exceções de Rio do Pouso (87,41 mg/L), da Fonte São Pedro em Cocal do Sul (139,9 mg/L).

No Domínio Central, as águas minerais são bicarbonatadas, apresentando teores que variam dentro de um amplo intervalo, desde um mínimo de 12,84 mg/L na fonte Brilhante, até o máximo de 264,4 mg/L no poço tubular de Nova Trento.

Nos aquíferos Paleozóico e Mesozóico, os teores de bicarbonato variam de 12,86 mg/L, no poço anômalo de São João do Sul, a um máximo de 481,90 mg/L, em Piratuba (Apêndice 1).

Carbonatos (CO_3^{2-}): a quantidade relativa de íons carbonato é função do pH e do conteúdo de gás carbônico (LAFUENTE, 1981).

A quantidade de carbonato somente excederá a de bicarbonato quando o pH for igual ou superior a 10, sendo que, em águas doces naturais, sua quantidade é muito inferior a de bicarbonato (LOGAN, 1965).

A ampla maioria das águas minerais da Província Cristalina não apresentou teor de carbonato nas análises realizadas. Apenas duas exceções, representadas pela fonte São Pedro em Cocal do Sul, com 3,7 mg/L e pelo poço tubular de Nova Trento, com 118,04 mg/L (Apêndice 1).

Nitrogênio: segundo LAFUENTE (1981), o nitrogênio ocorre na natureza como um gás inerte. Apresenta-se com valência -3, 3 e 5, formando ligações que são quase exclusivamente covalentes. Está presente em quase todas as águas naturais que hajam

sido expostas ao ar, porém, devido ao seu caráter inerte, não se determina sua concentração. Já como elemento combinado, o nitrogênio se encontra em toda a biosfera, formando 79% da atmosfera. Na superfície terrestre, é um elemento pouco abundante, provém, fundamentalmente, da atmosfera, de onde, continuamente, os seres vivos o estão extraindo para realizar seus metabolismos.

O nitrogênio é um constituinte importante da albumina animal e vegetal. A decomposição da albumina dos organismos mortos gera aminoácidos que, com a participação de bactérias especializadas, libera o amoníaco (NH_3). O mesmo ocorre com os diversos produtos do catabolismo animal ao se dissolverem em água (FENZEL, 1986).

O amoníaco liberado pode ser usado pelas plantas como nutriente ou ser oxidado por bactérias para formar nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) consecutivamente. Processo esse denominado nitrificação.

O processo de nitrificação pode ser reversível em condições favoráveis, denominando-se desnitrificação. Esta ocorre devido à ação das bactérias, que ao utilizarem-se do oxigênio dos compostos nitrogenados em sua respiração, liberam o nitrogênio livre (N_2). O nitrogênio liberado pelo processo de desnitrificação pode retornar à atmosfera, ou retornar ao ciclo bioquímico por bactérias.

Os fatores ambientais que influenciam na atividade dos organismos nitrificantes e desnitrificantes são: a temperatura; a concentração de oxigênio; as fontes de carbono; o pH; as substâncias tóxicas presentes, etc (LAFUENTE, op.cit.).

Nitrogênio Amoniacal e Albuminóide: no amoníaco o nitrogênio atua com a valência -3 , que é o seu estado mais baixo de redução. É o produto final da redução das substâncias orgânicas e inorgânicas nitrogenadas, provindo da atmosfera por fixação química, por putrefação de proteínas animais e vegetais, mediante ação bacteriana, ou por redução dos nitritos (LAFUENTE, op.cit.).

Em geral, a presença de amoníaco livre ou do íon amônio, na água, é considerada como uma prova química de uma contaminação recente e perigosa (LAFUENTE, op.cit.).

As normas de potabilidade das águas, em geral, proíbem a presença do amônio, tanto por reação direta, como o que se dosifica por destilação.

Como pode ser observado no Apêndice 1, as águas minerais do Estado apresentam teores de amônio abaixo dos limites máximos admitidos pelo Ministério da

Saúde, através da Resolução nº 25, que fixava em 0,03 mg/L o valor máximo permitido para o nitrogênio amoniacal e 0,05 mg/L para o nitrogênio albuminóide. A Resolução nº 310 da Agência Nacional de Vigilância, que revogou a nº 25, não prevê limites para o nitrogênio amoniacal e albuminóide, remetendo o assunto para a legislação internacional.

Nitrito (NO_2^-): os nitritos podem estar presentes nas águas como resultado da oxidação do amoníaco ou pela redução, bacteriana ou não, dos nitratos. No primeiro caso, é quase seguro que sua presença seja devida a uma contaminação recente, ainda que haja desaparecido o amoníaco. Nas águas subterrâneas, sobretudo nas de origem profunda, a presença de nitritos pode ser conseqüência da existência de um meio redutor, embora ocorra raramente (LAFUENTE, op.cit.).

A ocorrência de nitritos torna as águas não potáveis, uma vez que, sua presença indica poluição, com a conseqüente presença de microorganismos patogênicos.

LAFUENTE (op.cit.) destaca que os nitritos apresentam certa toxicidade, como conseqüência de sua ação metahemoglobizante e hipotensiva. Quando ingerido por crianças, como nitrito ou nitrato, posteriormente reduzido, é capaz de passar pelo estômago ao trato digestivo e corrente circulatória, onde o íon nitrito pode oxidar o ferro ferroso da molécula da hemoglobina do sangue, transformando-a em metahemoglobina, a qual é incapaz de formar oxihemoglobina, privando, portanto, as células de oxigênio, provocando a sufocação (crianças azuis).

Destaca ainda, LAFUENTE (op.cit.), que muitas vezes, um grande aumento de nitritos numa água, pode ser indício de contaminação por gasolina, devido ao fato de que quando a gasolina se derrama no solo, esta consome primeiro o oxigênio presente e, quando este falta, ataca os nitratos, os quais são reduzidos a nitritos.

A Resolução nº 310 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde que regula as águas minerais, estabelece o valor máximo de 0,02 mg/L de nitritos (Apêndice 2).

As águas minerais do Estado, que se destinam ao engarrafamento, apresentam índices de nitritos abaixo dos limites de detecção (Apêndice 1).

Nitratos (NO_3^-): representam o produto final da oxidação bacteriana da matéria orgânica e, teores acima de 5 mg/L, podem ser indicativos de contaminação da água

subterrânea por atividade humana (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubação nitrogenada) ou resíduos animais (SANTOS, 1997).

Os nitratos presentes nas águas podem ter sua origem na dissolução das rochas que os contêm, o que raramente ocorre, ou da oxidação bacteriana da matéria orgânica, principalmente pela eliminação dos animais.

As águas subterrâneas podem apresentar teores de nitratos superiores a 60 mg/L, enquanto que a águas superficiais apresentam teores muito baixos (LAFUENTE, 1981).

Sob o ponto de vista de potabilidade, os nitratos não são nocivos à saúde, conferindo um sabor agradável a água. Entretanto, conforme enfatizado por LAFUENTE (op.cit), águas com teores excessivos de nitratos, não devem ser consumidas, devido a sua possibilidade de reduzir-se a nitrito, o que pode provocar a metahemoglobinemia (cianose), especialmente em crianças.

O nitrato pode produzir a nitrosamina no estômago do homem, substância considerada carcinógena. HILL et al (1973) mostram correlação positiva entre câncer gástrico e populações que consomem águas com altos teores de nitrato.

Segundo SANTOS (1997), as águas subterrâneas geralmente apresentam teores de nitrato no intervalo entre 0,1 e 10 mg/L, podendo chegar a 1.000 mg/L em águas poluídas.

O teor máximo de nitrato permitido pela OMS é de 45 mg/L, enquanto que, segundo a Resolução 310 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, é de 50 mg/L (Apêndice 2).

As águas minerais em produção no Estado, apresentam concentrações de nitratos inferiores da 5 mg/L. Apenas duas fontes que encontram-se em fase de pesquisa indicaram teores acima desse valor. Em Santa Rosa de Lima, uma das fontes apresentou 9,31 mg/L e, em Barreiros, São José, com 17,9 mg/L (Apêndice 1).

4.5.3.7 PRINCIPAIS CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS

Fosfatos(PO_4^{-3}): segundo LAFUENTE (1981), o fósforo, juntamente com o nitrogênio, é um elemento que tem um importante papel no desenvolvimento da vida no seio da água. Se, por um lado, é imprescindível para o desenvolvimento da vida, por outro, quando sua concentração aumenta, atua como inibidor do desenvolvimento de certas espécies.

A origem do fósforo nas águas pode ser atribuída à dissolução de certas rochas ricas em apatita, ou à lixiviação de solos, caso em que pode estar relacionado a poços negros, esterqueiras, esgotos domésticos, agricultura, etc. (FENZEL, 1986; LAFUENTE, 1981).

Atualmente, existe uma fonte de fósforo artificial representada pelos detergentes polifosfatados. Segundo LAFUENTE (op.cit), 50% do fósforo presente na água em zonas urbanas provém dos detergentes.

Segundo FENZEL (op.cit), apesar da importância do fósforo no ciclo biológico da flora aquática, as concentrações médias de fósforo, na forma de PO_4^{3-} , nas águas naturais, são baixas: aproximadamente 0,5 mg/L em águas naturais movimentadas; 1,0 mg/L em águas estagnadas (pântanos); e 1,5 mg/L em águas poluídas.

As águas minerais do Estado apresentam teores de fosfato abaixo de 1,0 mg/L, com apenas duas exceções: a fonte natural de Itinga em Joinville, com 2,73 mg/L e o poço tubular de Porto União, com 2,26 mg/L (Apêndice 1).

Brometo (Br^-): segundo LAFUENTE (op.cit), nas águas naturais o bromo só ocorre na forma de brometo, em concentrações inferiores a 1,0 mg/L. Concentrações acima desse valor indicam contaminação industrial ou intrusão de água do mar.

O comportamento químico do bromo é semelhante ao do cloro, sendo que, nas águas doces ocorre, em geral, em concentrações inferiores a 0,01 mg/L e nas águas do mar em torno de 60 mg/L (SANTOS, 1997).

Nas águas minerais do Estado, os teores de brometo são desprezíveis, com exceção da Fonte São Marcos de Itajaí e do poço tubular de São João do Sul (Apêndice 1).

Sílica (SiO_2): como óxido o silício é encontrado em várias formas de quartzo, em todos os silicatos (feldspatos, piroxênios, anfibólios, micas, etc.). Dentre todos os silicatos, os únicos solúveis em água são os de sódio e de potássio (LAFUENTE, 1981).

Segundo LAFUENTE (op.cit), antigamente acreditava-se que a sílica ocorria na água em estado coloidal. Hoje, sabe-se que sua solubilidade está regida pelas leis da polimerização e despolimerização, encontrando-se sob a forma de monomoléculas de ácido silícico (SiOH_4) em solução verdadeira e, é praticamente independente do pH. Porém, acima de pH 9, o ácido monossilícico se dissocia e a solubilidade, portanto, aumenta.

Diversos fatores influenciam na concentração de sílica dissolvida na água, dentre as quais, destacam-se: a capacidade de assimilação dos organismos que assimilam sílica; a dissolução da sílica dos organismos; a decomposição dos silicatos por processos inorgânicos e bioquímicos; e difusão da sílica dissolvida. A temperatura influencia na concentração de sílica na água, acelerando o ataque dos silicatos (LAFUENTE, op.cit).

As normas de potabilidade não fazem referência a sílica, entretanto, segundo LAFUENTE (op.cit), águas de boa qualidade não devem conter mais que 20 mg/L de SiO_2 , podendo-se tolerar até 40 mg/L.

Segundo SANTOS (1997), teores de 20 mg/L de SiO_2 nas águas subterrâneas não são raros, sendo que nas águas do mar os teores variam de 1 a 30 mg/L. Nas águas bicarbonatadas, os teores de SiO_2 podem chegar a 100 mg/L.

Nas águas minerais do Estado, os teores de sílica variam de 4,27 mg/L em Rio do Pouso a 34,16 na fonte Baden-Baden, em Santo Amaro da Imperatriz (Apêndice 1).

Alumínio (Al^{+3}): é encontrado em quase todos os tipos de rochas sob a forma de silicatos aluminosos e, em especial, nas argilas. Ocorre em todas as águas naturais, como sal solúvel, ou como composto coloidal em concentrações de 0,1 a 10 mg/L, quantidade essa que não tem qualquer importância para a maioria dos usos industriais e é inócuo para bebidas e usos domésticos (LAFUENTE (op.cit)).

Segundo FENZEL (1986), nas águas naturais, teores de alumínio acima de 0,01 mg/L são raros. Somente em condições bastante ácidas ($\text{pH} < 4$) pode-se encontrar até algumas dezenas de mg/L de Al. A baixa concentração de Al na água do mar (0,001 mg/L), comprova a pequena solubilidade geoquímica deste elemento.

As águas minerais do território catarinense apresentam teores de alumínio menores que 0,1 mg/L, com as seguintes exceções: Rio do Pouso (0,3 mg/L), Fonte São Pedro de Cocal do Sul (1,6 mg/L), São João do Sul (0,893 mg/L) e Fonte Figueira em Caldas da Imperatriz (0,12 mg/L), conforme Apêndice 1.

Fluoreto (F^-): segundo LAFUENTE (op.cit), as principais fontes de fluoreto nas rochas são a fluorita (CaF_2), a criolita ($\text{Al}_2\text{F}_6 \cdot 6\text{NaF}$), a fluorapatita ($\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), etc., sendo que seu conteúdo médio nas rochas é de 0,01 a 0,02%. A grande dispersão deste elemento explica sua presença nas águas subterrâneas.

De acordo com SANDIZ (1998), o nível diário de exposição da população ao fluoreto depende da região geográfica. Na Holanda, a dose diária total de fluoreto deve ser de 1,4 a 6,0 mg, sendo que os alimentos representam a 80 a 85% e a água 15 a 20% do total de fluoreto ingerido. Algumas regiões da África, onde o solo é rico em minerais que contém fluoreto, as águas apresentam teores relativamente elevados desse elemento, como é o caso da Tanzânia, com níveis em torno de 8,0 mg/L.

Em algumas regiões da China, a concentração de fluoreto em águas naturais chega a ser superior a 8,0 mg/L. Nos Estados Unidos, 0,2% da população é exposta a mais de 2,0 mg/L de fluoreto. No Reino Unido o valor médio de fluoreto na água distribuída à população é de 0,2 mg/L. No Canadá, águas naturais apresentam níveis de fluoreto entre <0,05 a 0,2 mg/L, enquanto que as águas da rede de distribuição que são fluoretadas artificialmente, os níveis variam entre 0,6 a 1,1 mg/L.

No Brasil, os teores de flúor variam de acordo com as características das litologias dominantes. Existem sistemas aquíferos onde, freqüentemente, são encontrados níveis relativamente elevados de fluoreto, como é o caso do Botucatu, onde, não raro, são encontrados teores acima de 2,0 mg/L. Poços e fontes naturais relacionadas com determinados tipos litológicos e/ou controle estrutural, apresentam teores relativamente elevados de fluoreto.

Segundo SANDIZ (op.cit), o fluoreto é provavelmente um elemento essencial para a saúde, entretanto, até a presente data, não foi comprovado cientificamente se ele é indispensável ou não, a não ser para fins de profilaxia no combate à cárie dentária, em concentrações adequadas.

“Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos e Canadá, demonstram que fluoretos na ordem de 0,8 – 1,2 mg/L adicionados à água, reduzem a incidência de cárie dentária na ordem de 60% sem risco de que ocorra fluorose. Por outro lado, na dependência do consumo de água com altas dosagens de fluoreto, a literatura relata alguns casos de fluorose dentária, (o aparecimento de pontos brancos nos dentes), principalmente em crianças de 0 a 7 anos de idade, estando sua incidência também relacionada ao peso e tipo de alimentação.... O assunto até hoje ainda é polêmico entre os especialistas, sendo que alguns alertam sobre a possibilidade da ocorrência de outros problemas, tais como a fluorose esquelética (enfraquecimento dos ossos) em idosos, que ingeriram altas concentrações de fluoretos, maiores que 4 mg/L, por período de 10 a 20 anos” (SANDIZ, 1998).

A concentração ótima de fluoreto em águas de abastecimento depende das condições climáticas da região, devido ao fato de que a quantidade de água ingerida pelas pessoas, especialmente as crianças, está relacionada com a temperatura média do ar (CALAGAN, 1950, apud LAFUENTE, 1981).

A Public Health Service, estabeleceu a concentração mais adequada para águas de abastecimento público em função da temperatura média de cada região (Tabela 61), no que é seguida pela legislação russa e da Comunidade Econômica Européia.

Tabela 61- Concentração de Fluor em função da temperatura ambiente:

Média anual de temperatura do ar (C°)	Conc. de F ⁻ recomendadas			Conc. máxima de F ⁻ admitida
	Mínimo	Ótimo	Superior	
<12	1,1	1,2	1,3	2,4
12,1 a 14,6	1,0	1,1	1,2	2,2
14,7 a 17,6	0,9	1,0	1,1	2,0
17,7 a 21,4	0,8	0,9	1,0	1,8
21,5 a 26,2	0,7	0,8	0,9	1,6
26,3 a 32,5	0,6	0,7	0,8	1,4

A legislação brasileira relativa às águas minerais engarrafadas, até recentemente restringia o teor máximo de fluoreto a 1,0 mg/L (Resolução 25 do C.N.N.P.A). Atualmente, com a entrada em vigor da Resolução 310 da A.N.V.S., não existe restrição para a concentração máxima de flúor. Há apenas que constar no rótulo a advertência: “contém fluoreto”, quando o teor for superior a 1,0 mg/L e, “o produto não é adequado para lactentes ou crianças com até sete anos de idade”, quando em concentrações superiores a 2,0 mg/L (Apêndice 2).

As águas minerais do Estado, com raras exceções, são fluoretadas. Destacando-se a Província Cristalina, por apresentar um grande número de poços e fontes naturais, com teores de fluoreto entre 0,06 a 3,2 mg/L, com um teor médio em torno de 0,6 mg/L. Os aquíferos Paleozóico e Mesozóico apresentam teores de 0 até 8,59 mg/L (Apêndice 1).

Lítio (Li⁺): os principais compostos de lítio são a lepidolita, a amblygonita e o espodumênio (LiAl(SiO₃)₂), entre outros.

Encontrado em pequenas quantidades nas águas naturais, da ordem de microgramas por litro, o lítio é um conhecido agente farmacológico, utilizado em tratamento de certas desordens de conduta, reumatismo, gota e pedras nos rins (LAFUENTE, 1981).

Em geral, as águas minerais do território catarinense apresentam teores de lítio da ordem de micrograma por litro. As maiores concentrações são registradas nos

aquíferos Paleozóico, com 3,11 mg/L em São João do Sul e Mesozóico, com teores da ordem de 0,01 a 0,03 mg/L (Apêndice 1).

Certos granitos relacionadas a zonas de cisalhamento importantes, como os da Suíte Intrusiva Guabiruba, da região de Nova Trento apresentam teores anômalos de lítio (0,2 mg/L).

4.5.3.8 PRINCIPAIS CONTAMINANTES

Bário (Ba^{+2}): segundo LAFUENTE (op.cit), o bário é encontrado na natureza principalmente como barita ($BaSO_4$), Witerita ($BaCO_3$), etc.

As baixas concentrações de bário nas águas subterrâneas são devidas a pouca solubilidade do sulfato de bário e ao fato de que este elemento, é facilmente adsorvido pelos hidróxidos e óxidos metálicos.

Segundo SANTOS (1997), o consumo humano de 550 a 600 mg de bário é fatal. O seu excesso causa bloqueio nervoso e/ou aumento da pressão sangüínea por vasoconstrição.

As águas minerais do Estado (Apêndice 1), sem exceção, apresentam concentrações bastante inferiores a 1,0 mg/L de bário, que é o limite máximo permitido na Resolução 310 da A.N.V.S.

Boro (B^{+3}): os principais compostos de boro são o borax ($Na_2B_4O_7$), a calemina ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$) e a boracita ($2Mg_3B_6O_{15} \cdot MgCl_2$), entre outros (LAFUENTE, op.cit).

Nas águas naturais, o boro encontra-se na forma de ácido bórico (H_3BO_3) não dissociado (LAFUENTE, op.cit) ou, segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (1983), parcialmente dissociado como $H_2BO_3^-$.

As águas subterrâneas apresentam teores, em geral, inferiores a 0,1 mg/L, excepcionalmente, podem atingir até 10 mg/L. Na água do mar o teor de boro é de cerca de 4,6 mg/L. É pouco prejudicial à saúde humana e, em concentrações elevadas é relativamente tóxico aos vegetais (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983).

A Resolução 310 da A.N.V.S. estabelece o valor de 5 mg/L para a concentração máxima permitida para o boro (Apêndice 2).

Pelos dados disponíveis, a concentração de boro nas águas minerais do Estado está muito abaixo do limite estabelecido, situando-se os valores abaixo de 0,08 mg/L, com exceção da fonte de São João do Sul (Apêndice 1).

Zinco (Zn^{+2}): encontra-se na natureza como sulfeto, blenda (ZnS); carbonato, smithsonita ($ZnCO_3$); silicato, calamina ($Zn_3SiO_4.H_2O$), etc.

Dentre os metais pesados, o zinco é o mais solúvel. Sua concentração nas águas subterrâneas, geralmente é inferior a 10 microgramas por litro (MATHESS, 1973 , apud FENZEL, 1986).

Segundo LAFUENTE(1981), o zinco é um constituinte da enzima responsável pela decomposição dos hidratos de carbono, sendo um elemento normal na composição dos organismos vivos que necessitam um certo aporte diário deste elemento.

A Organização Mundial de Saúde e a Comunidade Econômica Européia estabelecem o valor de 5 mg/L para a concentração máxima permitida para o zinco (Apêndice 2).

Nas águas minerais do Estado o zinco geralmente ocorre como elemento traço, com teores da ordem de micrograma por litro (Apêndice 1).

Cobre (Cu^+): é encontrado na natureza livre ou combinado formando numerosos compostos como: cuprita (Cu_2O), calcopirita ($CuFeS_2$), malaquita ($CuCO_3$), etc.

Devido a sua baixa solubilidade, ocorre em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. Seu teor nas águas doces varia entre 5 e 1.000 (LAFUENTE, op.cit) e, segundo MATHESS (op, cit.), ocorre em concentrações inferiores a 1 micrograma por litro.

Segundo LAFUENTE (op.cit), o cobre é essencial na formação da hemoglobina, entra na composição das enzimas e se encontra na hemocianina, pigmento respiratório dos moluscos e de alguns crustáceos.

O teor máximo estabelecido para o cobre nas águas de abastecimento público pela Organização Mundial da Saúde e pela Comunidade Econômica Européia é de 1,0 mg/L (Apêndice 2).

Nas águas minerais do Estado, os teores de cobre não ultrapassam a 0,1 mg/L (Apêndice 1).

Cromo (Cr): não existe livre na natureza, sendo seu principal mineral a cromita $Fe(CrO_2)_2$. Encontra-se em vários estados de oxidação, entretanto, no sistema aquoso, só ocorre como trivalente ou hexavalente. Não existe, normalmente, nas águas naturais, sendo sua presença devida à poluição de origem industrial (LAFUENTE, op.cit). O

cromo hexavalente é a forma mais comum encontrada na água, embora também possa ocorrer o trivalente.

Segundo LAFUENTE (op.cit), o cromo é essencial para o metabolismo, atuando como cofator com a insulina para manter a tolerância normal da glicose, existindo uma clara associação entre a concentração de cromo em água de bebida e o aumento da diabetes juvenil, podendo atuar também, como protetor frente a enfermidades da coronária.

Por outro lado, segundo LAFUENTE (op.cit), o cromo, particularmente o hexavalente, é um tóxico muito forte quando inalado, podendo produzir câncer de pulmão, bem como sensibilização na pele.

A Resolução 310, assim como, a maioria das legislações mundiais, estabelece um limite máximo de 0,05 mg/L de cromo na água para consumo humano (Apêndice 2).

As águas minerais analisadas no Estado, apresentam teores de cromo inferiores a 0,01 mg/L (Apêndice 1).

Arsênio (As): encontra-se livre na natureza e na forma combinada como sulfeto de arsênio ou realgar (As_2S), ouropigmento (As_2S_3), pirita arsenical ($FeAsS$), etc.

Segundo LAFUENTE (op.cit), todos os compostos solúveis de arsênio são venenosos. A necessidade de limitar a concentração deste elemento nas águas destinadas ao consumo humano é devida à sua alta toxicidade. A origem natural do mesmo é minimizada devido ao aporte que pode ocorrer artificialmente como consequência da utilização de pesticidas, herbicidas e inseticidas.

A Resolução 310 da A.N.V.S. fixou em 0,05 mg/L o limite máximo permitido para o arsênio nas águas minerais brasileiras (Apêndice 2).

As determinações de arsênio nas águas minerais brasileiras somente começaram a ocorrer a partir de 1999. Os poucos dados disponíveis situam-se abaixo do limite de detecção (Apêndice 1).

Antimônio (Sb): ocorre livre na natureza como um metal branco-azulado, friável. Também ocorre associado ao arsênio, formando compostos diversos (LAFUENTE, 1981).

A Resolução 310 da A.N.V.S. fixa em 0,005 mg/L a concentração máxima de antimônio para as águas minerais (Apêndice 2).

Não existem dados disponíveis relativos à concentração de antimônio nas águas minerais do Estado de Santa Catarina.

Selênio (Se): encontra-se livre na natureza e também associado ao enxofre, ou combinado, formando compostos com cobre e chumbo.

Segundo LAFUENTE (op.cit), o selênio é essencial para a nutrição dos animais, além de ser um agente desintoxicante de certos metais pesados, em especial, o cádmio. Por outro lado, doses excessivas de selênio são prejudiciais, provocando sintomas semelhantes aos provocados pelo arsênio, como dermatites, disfunção do sistema nervoso e gastrointestinal, tendo sido associado com o aumento da cárie dental.

Nas águas subterrâneas, sua concentração varia em torno de 1 micrograma por litro (SANTOS, 1997).

A Resolução 310 da A.N.V.S. e a maioria das legislações mundiais, fixam em 0,05 mg/L a concentração máxima permitida para o selênio na água de consumo humano (Apêndice 2).

As determinações de selênio nas águas minerais brasileiras somente começaram a ocorrer a partir de 1999. Os poucos dados disponíveis situam-se abaixo do limite de detecção (Apêndice 1).

Cádmio (Cd^{+2}): segundo LAFUENTE (op.cit), este elemento praticamente não se encontra nas águas naturais. Pode ser encontrado nas águas de distribuição da rede pública, devido ao fato de encontrar-se como contaminante do ferro e do zinco galvanizados. Áreas de alta densidade populacional podem apresentar águas contaminadas por cádmio.

O cádmio é comprovadamente tóxico, atuando sobre os rins e fígado, produzindo náuseas e vômitos. Produz hipertensão arterial e é comprovadamente carcinogênico (LAFUENTE, op.cit).

A Resolução 310 da A.N.V.S. fixa em 0,003 mg/L o limite máximo de cádmio permitido para as águas minerais brasileiras (Apêndice 2).

As águas minerais do Estado de Santa Catarina mostram concentrações de cádmio abaixo do limite de detecção, com exceção do poço de Nova Trento, que apresentou teor de 0,3 mg/L de cádmio (Apêndice 1).

Chumbo (Pb): na natureza o chumbo é encontrado na forma de carbonato (cerusita – $PbCO_3$), sulfeto (galena – PbS), sulfato (glesita – $PbSO_4$), etc (WEDEPOHL, 1956, apud FENZEL, 1986).

Segundo HEM, 1985 apud FENZEL (1986), o chumbo ocorre em concentrações médias de 16 ppm em rochas ígneas, 14 ppm em arenitos e 80 ppm em folhelhos.

De acordo com LAFUENTE (1981), as águas superficiais naturais apresentam concentrações da ordem de 0,01 mg/L de Pb, podendo ser superior devido a poluição. Segundo MATHES (1973) apud FENZEL (1986), as águas subterrâneas apresentam um teor médio de 20 microgramas por litro de chumbo.

O aporte de chumbo no organismo pode ser através de alimentos, do ar, cigarros, assim como, pelas tubulações de chumbo utilizadas na distribuição de água (LAFUENTE, op.cit).

O chumbo provoca intoxicação variável, dependendo do grau de acumulação, podendo provocar danos cerebrais, ou a morte em casos extremos (FENZEL, 1986).

A Organização Mundial de Saúde fixa em 0,05 mg/L o limite de tolerância de chumbo nas águas para consumo humano. Já a Resolução 310 da A.N.V.S., estabelece o valor de 0,01 mg/L para o teor máximo admitido de chumbo nas águas minerais brasileiras (Apêndice 2).

A maioria das águas minerais de Santa Catarina apresentam teores de chumbo abaixo do limite de detecção. As poucas exceções que apresentam concentrações levemente acima do valor máximo referido na resolução 310, referem-se a águas destinadas à balneário: 0,02 mg/L na fonte Santa Rita em Águas de Prata; 0,03 mg/L em Águas Mornas e 0,08 mg/L em São João do Sul (Apêndice 1).

Mercúrio (Hg): seu mineral principal é o cinábrio (HgS), podendo ocorrer no estado livre em pequenas inclusões. Encontra-se distribuído em pequenas concentrações em todos os ambientes (<1 mg/L em águas naturais). Localmente, sua concentração pode estar aumentada devido à contaminação industrial (LAFUENTE, op.cit).

Segundo (LAFUENTE, op.cit), o mercúrio apresenta alta toxicidade para o homem, especialmente quando se encontra na forma orgânica, na qual a ingestão de poucos miligramas produz enfermidades. Os complexos orgânicos são da ordem de 100 vezes mais tóxicos que o mercúrio inorgânico.

O limite de concentração de mercúrio em água para consumo humano estabelecido pela Organização Mundial da Saúde é de 0,001 mg/L, mesmo limite

adotado pela Resolução 310 da A.N.V.S para as águas minerais brasileiras (Apêndice 1).

Não existem dados disponíveis relativos à concentração de mercúrio nas águas minerais de Santa Catarina.

Molibdênio (Mo): não existe livre na natureza, sendo seu principal mineral a molibdenita (MoS_2).

Segundo (LAFUENTE, op.cit), o molibdênio parece exercer importante papel na ossificação dos animais, sendo importante também, por sua ação catalizadora para a fixação do nitrogênio atmosférico por meio de bactérias.

As águas minerais analisadas apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção (Apêndice 1).

Vanádio (V): encontra-se muito difundido na natureza, formando diversos minerais, como a vanadinita, a carnotita, a patronita, etc. É encontrado com frequência associado a carvões, turfas e petróleo.

Segundo (LAFUENTE, op.cit), o vanádio exerce um importante papel bioquímico, tanto nos vegetais como nos animais, realizando nestes últimos, ao que parece, uma ação importante na calcificação óssea, sendo por outro lado, um inibidor na biossíntese do colesterol. Sua presença nas águas naturais é consequência de poluição.

Nas águas minerais analisadas, os teores de vanádio situam-se abaixo do limite de detecção, com duas exceções: 0,007 mg/L em Santa Rosa de Lima e 0,016 mg/L em São João do Sul (Apêndice 1).

Cianetos (CN): segundo (LAFUENTE, op.cit), o ácido cianídrico (HCH), os cianetos (CN^-), os cianetos complexos (ferro-cianetos, tiocianetos, etc.) são um conjunto de compostos que apresentam uma toxicidade muito forte. Sua presença na água tem origem, fundamentalmente, de uma contaminação por fábricas de gás, coquearias, altos fornos, instalações de cianetação e galvanoplastia, etc.

A Organização Mundial da Saúde estabelece o limite de 0,1 mg/L de CN para águas de consumo humano, enquanto que a Resolução 310 da A.N.V.S. fixa em 0,07 mg/L a concentração máxima permitida para as águas minerais (Apêndice 2).

Não existem dados relativos às concentrações de cianetos nas águas minerais catarinenses.

Fenóis: são compostos orgânicos, em que o grupo OH dos álcoois, se encontra unido a um grupo benzênico. Além do fenol propriamente dito, também chamado hidroxibenzeno e ácido fênico, se incluem neste grupo os cresóis, os difenóis, a piracatequina, a resorcina, etc. (LAFUENTE, op.cit).

Segundo LAFUENTE (op.cit) os fenóis não se encontram naturalmente nas águas, sendo que sua presença sempre está relacionada com contaminação industrial ou mineira. Sua origem principal está associada ao lavado de gás de hulha, linhito ou turfa, águas de coquearias, destilarias de alcatrão, fábricas de matérias plásticas, de determinados corantes, pinturas betuminosas, etc.

Doses acima de 1 mg/L são tóxicas para os peixes e, em concentrações menores, sua toxicidade se revela frente a espécies aquáticas como moluscos, algas, protozoários, bactérias, etc., causando uma diminuição do poder depurador dos rios, como consequência das modificações das condições ecológicas do meio.

Hidrocarbonetos: a poluição por derivados de petróleo, principalmente resultante do vazamento de tanques de armazenamento de combustível, dutos de transporte, refinarias, etc., além de constituir grave risco de incêndio, representam uma grande ameaça de contaminação das águas superficiais, podendo atingir os aquíferos subterrâneos, causando danos praticamente irreversíveis.

Segundo OLIVEIRA (1992), alguns dos mais de 200 compostos orgânicos presentes na gasolina e dos mais de 400 presentes na composição do óleo diesel são reconhecidamente carcinogênicos.

A gasolina proveniente de vazamentos poderá atingir a subsuperfície através de três formas distintas de transporte: uma fase livre, que flutua sobre o lençol freático; uma fase sorvida, que fica retida no solo e uma fase dissolvida, que é transportada pela água subterrânea, que corresponde ao maior volume contaminante (OLIVEIRA, op.cit).

Segundo LAFUENTE (1981), a poluição causada pelos hidrocarbonetos e pelas graxas, que por si são muito tóxicas, por outra parte produzem moléstias (dermatites), já que comunicam à água propriedades organolépticas (sabor e odor) indesejáveis, interferindo na depuração das águas, atravessando os filtros de areia, etc.

Detergentes: também chamados de agentes tensoativos, constituem um grupo de compostos que têm a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos nos quais estão dissolvidos (LAFUENTE, op.cit).

A consequência negativa da ação de detergentes é a diminuição do poder autodepurador dos rios, já que inibem a oxidação química e biológica. Assim, águas fortemente poluídas por detergentes, apresentam a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) muito pequena.

Organoclorados: de acordo com (LAFUENTE, op.cit), são numerosas as moléculas de organoclorados que se encontram amplamente distribuídas em todo o meio ambiente: água, ar, solo e organismos vivos. Sua origem na água pode ser devida a resíduos de praguicidas, ou em águas de abastecimento público como consequência da cloração das mesmas.

Muitas moléculas organocloradas possuem propriedade antisépticas, sendo muito utilizadas para combate aos vetores de enfermidades animais ou vegetais, outras são, sem dúvida carcinogênicas para os seres humanos (LAFUENTE, op.cit).

Dentre os praguicidas mais utilizados destacam-se: Aldrin ($C_{12}H_6Cl_6$), Clordano ($C_{16}H_6Cl_6$), DDT ($C_{14}H_9Cl_5$), Dieldrin ($C_{12}H_4OCl_6$), Endrin ($C_{12}HOCl_6$), Heptacloro ($C_{10}H_5Cl_7$), Heptacloro epoxi ($C_{10}H_3OCl_7$) e Lindano ($C_6H_6Cl_6$).

Halogenados Orgânicos ou Haloformos: os mais importantes são os trihalometanos e entre estes o clorofórmio. Se formam pela ação do cloro sobre as águas naturais que apresentam quantidades notáveis de substâncias húmicas.

Segundo (LAFUENTE, op.cit), o estudo dos halogenados orgânicos adquire grande importância, em consequência da possível ação nociva dos trihalometanos sobre o organismo humano como carcinogênico.

Amianto: é um termo genérico que engloba um grande número de silicatos pertencentes aos grupos das serpentinas e anfibólios de hábito fibroso.

Segundo (LAFUENTE, op.cit), a maior parte dos tipos de amianto podem ser extremamente perigosos para o homem, especialmente, quando as fibras são inaladas durante muito tempo, produzindo câncer de estômago, carcinoma de fígado, etc.

4.5.3.9 PRINCIPAIS GASES DISSOLVIDOS NA ÁGUA

Os principais gases dissolvidos na água são o gás carbônico (CO_2), o oxigênio (O_2) e o gás sulfídrico (H_2S).

A solubilidade dos gases varia no sentido inverso da temperatura e aumenta proporcionalmente com a pressão, influenciando na ação corrosiva da água sobre os metais utilizados em tubulações, filtros, revestimentos, etc., bem como na formação de incrustações (SANTOS, 1997).

Gás Carbônico (CO_2): é um gás que se encontra fundamentalmente na atmosfera (0,0033% em volume) e em mananciais de águas carbonáticas (LAFUENTE, 1981).

De acordo com CUSTÓDIO e LLAMAS (1983), o CO_2 é um gás relativamente solúvel que ao hidrolizar-se produz ácido carbônico parcialmente dissociado. Seu papel é muito importante pois, em geral, determina o comportamento químico de uma água frente a diversos minerais, tais como a calcita, a dolomita, os feldspatos; etc.

Águas com excesso de CO_2 são agressivas e as que perdem CO_2 podem tornar-se incrustantes (CUSTÓDIO e LLAMAS, op.cit).

As principais fontes de gás carbônico nas águas subterrâneas, segundo FENZEL (1986), são: águas meteóricas com CO_2 atmosférico dissolvido; o CO_2 contido na zona subsaturada do solo; os processos de carbonização que liberam CO_2 ; certos processos diagenéticos que produzem CO_2 ; a oxidação de substâncias orgânicas que liberam CO_2 ; o ataque de carbonatos por ácidos orgânicos; exalações vulcânicas e liberação de CO_2 na zona de contato entre duas águas de durezas diferentes, devido a mudança de pH e da temperatura.

A presença de CO_2 na água deve-se, principalmente, à decomposição da matéria orgânica presente no solo, sendo que sua concentração varia no intervalo entre 1 a 30 mg/L (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983; SANTOS, 1997).

O CO_2 se dissolve na água pura, permanecendo uma parte em dissolução na forma de gás e outra reagindo com água para formar ácido carbônico, que é um ácido fraco e se dissocia parcialmente formando os íons carbonato e bicarbonato (LAFUENTE, op.cit).

Segundo o Código de Águas Minerais, são classificadas como “Carbogasosas” as águas que contiverem mais de 200 mg/L de gás carbônico livre dissolvido, a 20°C e a 760 mm de Hg de pressão.

Nas águas minerais do território catarinense, não foram detectados teores significativos de gás carbônico.

Oxigênio (O₂): produz um meio oxidante e desempenha importante papel na solubilização e insolubilização de íons que trocam com facilidade de valência, assim como, na atividade de microorganismos. Sua ausência produz um meio anaeróbio, sendo consumido com facilidade na presença de substâncias oxidantes, tais como matéria orgânica, Fe⁺⁺, NH₄⁺, NO₂⁻, etc., em especial pela ação biológica (CUSTODIO e LLAMAS, 1983).

As águas subterrâneas podem apresentar pequena concentração de oxigênio dissolvido (0 a 5 mg/L), sendo sua concentração função da temperatura, pressão e dos sais totais dissolvidos na água (SANTOS, 1997).

O oxigênio presente na água subterrânea se infiltra através do solo, sendo sua maior parte consumida pela matéria orgânica, presente na zona de aeração, durante a percolação (SANTOS, op.cit.).

A presença de oxigênio dissolvido aumenta a ação corrosiva da água e sua ausência torna a água com mau gosto (CUSTÓDIO e LLAMAS, op.cit.).

Gás Sulfídrico (H₂S): a presença desse gás confere um odor de “ovo podre” às águas em que se faz presente. Segundo SANTOS (op.cit.), um teor de apenas 0,5 mg/L de gás sulfídrico na água fria é suficiente para conferir a essa água o odor característico.

Segundo (LAFUENTE, op.cit), o gás sulfídrico é eliminado pela simples aeração ou por cloração. Sua presença facilita o desenvolvimento de bactérias, aumentando assim a ação corrosiva das águas.

As águas minerais catarinenses que apresentam algum teor de gás sulfídrico situam-se nos aquíferos Paleozóico e Mesozóico, destacando-se as de Águas da Prata em São Carlos, as da Ilha Redonda em Palmitos, as de Águas de Chapecó e as de Piratuba.

4.5.4 MINERALIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A mineralização das águas subterrâneas, em geral, tende a ir aumentando à medida que as águas meteóricas circulam, desde suas áreas de recarga, até as zonas de descarga. O enriquecimento de determinado elemento pode aumentar até certo valor, estabilizando ao ser alcançada sua saturação.

Segundo LAFUENTE (1981), ao escoar pela superfície e pelo interior da terra, a água sofre uma série de transformações em sua qualidade como consequência das substâncias que carrega em suspensão ou dissolvidas. Dentre os fatores que influenciam na dissolução dos sais ao longo do percurso da água, destaca os seguintes:

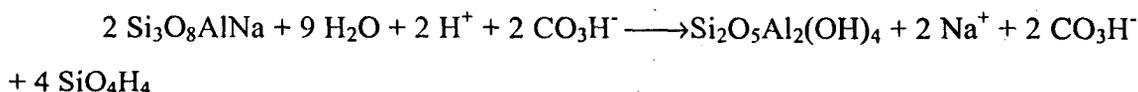
- superfície de contato;
- distância do trajeto percorrido;
- concentração dos sais na rocha;
- difusão;
- tempo de contato;
- temperatura;
- pressão.

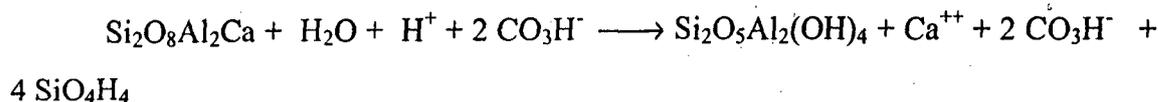
De acordo com MESTRINHO (1999), a mineralização das águas subterrâneas é controlada por fatores endógenos (litologia, estrutura, manto de intemperismo, tempo de residência) e fatores exógenos (clima, relevo, hidrografia).

Segundo FENZEL (1986), os principais processos geoquímicos que determinam a composição química das águas naturais, desde sua precipitação são:

1- hidrólise: o intemperismo dos silicatos, que constituem 80% dos minerais que compõem a crosta terrestre, deve-se basicamente a hidrólise, que é o processo de decomposição mineral por ação de íons H^+ e OH^- , com a liberação de Ca^{+2} , Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , etc. Sendo que os processos de hidrólise são decisivos na formação de novos minerais.

Segundo HEM (1967), apud CUSTÓDIO (1983), o processo de ataque da albita (plagioclásio sódico) e da anortita (plagioclásio cálcico), que resulta na formação da caolinita, em meio ácido, ocorre da seguinte forma:



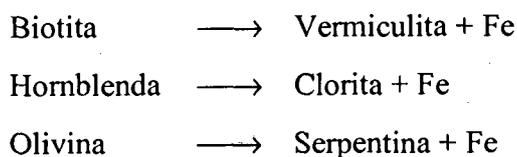


Em meio alcalino, em vez de se formar caolinita, as reações acima produzirão montmorilonita, que é um argilomineral que possui 4 átomos de silício no lugar de 2, liberando menos sílica do que em meio ácido.

Além da liberação de íons alcalinos e alcalinoterrosos, parte da sílica fica na forma coloidal ou dissolvida, sendo que a forma coloidal é tanto maior quanto maior for o pH. A quantidade de alumina é, em geral, desprezível, desde que o pH situe-se entre 5 e 7,5.

A relação rNa/rCa na água é similar à dos feldspatos que são objeto do ataque (HEM, 1967 apud CUSTODIO, 1983).

Segundo FENZEL (op.cit), os processos de hidrólise podem levar à formação de diversos minerais, com a liberação de diferentes íons, como por exemplo:



2 - dissolução e precipitação: as reações mais importantes capazes de produzir alterações químicas nas águas subterrâneas são a dissolução e a precipitação, as quais estão fortemente afetadas pela concentração iônica e pela temperatura das águas naturais.

Em zonas de contato, as águas subterrâneas com composições químicas diferentes, ao misturarem-se, provocam processos de precipitação ou diluição, modificando seu quimismo (FENZEL, 1986).

As águas relacionadas às rochas graníticas são, em geral, pouco salinizadas, dominando como ânion o CO_3H^- e como cátions Na^+ , Ca^{++} ou ambos, como pode ser comprovado na ampla maioria das águas minerais relacionadas à Província Cristalina, em especial, nos domínios Meridional e Setentrional.

3 - efeitos climáticos: os fatores climáticos tais como: precipitação, evapotranspiração, variações de temperatura, etc. influenciam consideravelmente sobre

o quimismo das águas superficiais e subterrâneas mediante processos de diluição, concentração ou aumento de solubilidade.

4 - adsorção: muitos minerais e substâncias orgânicas, em contato com a água, são capazes de atrair moléculas de H₂O ou íons onde suas superfícies apresentem deficiências. Esse processo é chamado adsorção simples (devida às forças de Van Der Waals) ou adsorção química, quando esse processo é devido à formação de uma ligação iônica, onde o íon adsorvido é incorporado na estrutura ou nas faces internas do mineral adsorvente (como é o caso das argilas). A adsorção química é a condição essencial para os processos de trocas iônicas, onde um íon adsorvido por um mineral, troca sua posição com um outro íon dissolvido na água, preservando a estequiometria do mineral.

Os principais adsorventes conhecidos são os minerais argilosos, as zeolitas, os hidróxidos de ferro e de manganês, o hidróxido de alumínio, substâncias orgânicas, plantas, microrganismos, glauconita, e todos os minerais principais (mica, feldspato, augita, hornblenda, etc.).

A adsorção depende, dentre outros fatores, da superfície dos materiais adsorventes, da densidade e tamanho dos grãos, além da porosidade e espessura dos sedimentos ou rochas envolvidas.

5 - troca iônica: a capacidade de troca de um mineral, rocha ou substância, é a quantidade de íons trocáveis (em miliequivalentes por 100 g de substância sólida), num pH igual a 7. A forma geral de uma reação de troca pode ser escrita da seguinte maneira:



Onde:

A = qualquer mineral de argila;

Na⁺ = íon dissolvido na água;

Ca⁺⁺ = íon incorporado no mineral.

Segundo CUSTÓDIO (1983), certas substâncias naturais caracterizam-se por estarem eletronicamente desequilibradas e adquirem a neutralidade rodeando-se de cátions, se as cargas livres forem negativas (substâncias catiônicas) ou de ânions, se as

cargas livres forem positivas (substâncias aniônicas). Íons esses muito debilmente retidos, ao entrarem em contato com uma dissolução aquosa, podem ser deslocados, valência a valência, por outros íons de mesmo sinal, fenômeno denominado de absorção.

Dentre os minerais que se destacam pela capacidade de troca iônica, destacam-se alguns do grupo das argilas (caolinita,, halloisita, montmorilonita, illita, vermiculita, etc.), que são calibradores catiônicos (CUSTÓDIO, op.cit).

6 - efeito osmótico: quando duas substâncias de concentrações diferentes, colocadas em contato, separadas por uma membrana semipermeável, a água tenderá a passar da solução diluída para a concentrada, até que seja atingido um equilíbrio (FENZEL, 1986 ; CUSTÓDIO, 1983).

7 - oxidação e redução: entre os processos de diluição de sais por meio do ataque da água aos minerais, grande interesse apresentam aqueles em que intervêm substâncias capazes de modificar seu estado de valência, oxidando-se ou reduzindo-se. Tais sistemas denominam-se redoxi e estão regidos por condições de pH, pressão, temperatura, etc. O potencial redoxi (Eh) mede a estabilidade de um íon, num determinado nível de oxidação (CUSTÓDIO, 1983).

Segundo (FENZEL, op.cit.), os processos de oxi-redução são influenciados pela participação de microorganismos, do CO₂, do vapor de água, do oxigênio, etc. O autor destaca ainda, que a presença de certos íons como Fe⁺³, Mn⁺³, SO₄⁻², H⁺ e Fe(OH)₃, também podem criar condições oxidantes.

Uma reação característica de oxi-redução é a oxidação da pirita e da marcasita, que segundo BAAS BECKING (1959), apud CUSTÓDIO (1983), desenvolve-se de duas maneiras:



ou



O ferro e o manganês que em solução, geralmente, encontram-se como bivalentes ou coloidais, precipitam-se em condições oxidantes, para formar hidróxidos, que em seguida, no caso do ferro, podem formar hematita (Fe_2O_3). O manganês se precipita na forma de hidróxido ou de óxido.

Segundo CUSTÓDIO (1983), numa primeira aproximação, entre os ânions que primeiro se saturam, está o íon CO_3H^- , incorporado desde sua infiltração. Em seguida vem o íon $\text{SO}_4^{=}$, ao passo que o cloreto não chega a saturar-se. Entre os cátions, o primeiro a atingir a saturação é o Ca^{++} , mais dificilmente o Mg^{++} , sendo que o Na^+ não chega a saturar-se.

Destaca ainda, CUSTÓDIO (op.cit), que em razão desse processo, a água pode adquirir composição muito diferente da rocha pela qual ela circula, tanto mais, quanto mais distante esteja de seu local de infiltração. Assim, rochas com conteúdo muito baixo em cloreto e ricas em outros sais solúveis, podem dar origem a águas predominantemente cloretadas, desde que haja transcorrido um tempo suficiente, para que ela vá sendo enriquecida lentamente neste íon, ao passo que os outros ânions permanecem praticamente constantes devido a saturação.

Assim, a evolução normal de uma água de circulação regional é que vão dominando os seguintes íons (CUSTÓDIO, 1983):



Entretanto, essa evolução normal pode ser alterada pela atuação de diversos fatores, como por exemplo, em meio fortemente redutor, pode haver uma redução bacteriana do SO_4^{-2} , muito mais rápida que sua dissolução, diminuindo sua concentração. O aporte de CO_2 aliado a redução do sulfato, pode ocasionar o aumento do CO_3H^- e do Ca^{++} .

Segundo CUSTÓDIO (op.cit), com o aumento da concentração dos sais, aumenta a força iônica, portanto as solubilidades vão aumentando ligeiramente e os íons que antes saturavam-se, podem ter sua concentração levemente aumentada. As trocas de base podem alterar a evolução dos cátions, não só a relação alcalinos e alcalinoterrosos, mas também entre Ca^{++} e Mg^{++} .

As rochas ígneas apresentam composição química muito variada, entretanto, os minerais silicáticos são os que predominam. Suas estruturas apresentam íons como Ca^{+2} , Na^+ , Mg^{+2} e K^+ , os quais estão ligados fracamente à sua estrutura, de forma que podem ser dissolvidos e solubilizados com facilidade pela água. Os produtos da dissolução podem facilmente reagir entre si, formando compostos insolúveis, principalmente argilas, que se apresentam em estado coloidal nas águas e, tendem a fixar o íon potássio (SANTOS, 1997).

Em terrenos sedimentares, durante sua percolação por calcários, dolomitos e outras rochas clasto-químicas, as águas dissolvem um certo número de substâncias, entre as quais, a calcita (CaCO_3), a dolomita (CaMgCO_3), a gipsita (CaSO_4) e sais de potássio (carnalita), assimilando íons e sais de Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} .

Sedimentos clásticos, como os arenitos e os conglomerados são, geralmente, formados por materiais resistentes aos processos de dissolução, como quartzo, zircão, esfeno, granada, etc., ou por materiais mais ou menos solúveis, onde o processo de hidrólise não se completou, como micas e outros silicatos. Quando impuras, estas rochas apresentam uma matriz ou cimento, que pode ser carbonato de cálcio, silte ou argilas. A água percolando por esses sedimentos, pode ser enriquecida em Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , etc. (SANTOS, op.cit.).

COSTA (1965), apud SANTOS (1997), relaciona os minerais que mais contribuem na salinização das águas subterrâneas de aquíferos fissurais e os íons por eles liberados.

Plagioclásio	→ $\text{Na}^+ \text{Ca}^+$	Hornblenda	→ $\text{Na}^+ \text{Ca}^+ \text{Mg}^+$
Calcita	→ Ca^+	Muscovita	→ K^+
Biotita	→ $\text{K}^+ \text{Mg}^+$	Granada	→ $\text{Ca}^+ \text{Mg}^+$
Microclina	→ K^+	Apatita	→ $\text{Cl}^- \text{Ca}^+$
Alanita	→ $\text{Na}^+ \text{Ca}^+ \text{Mg}^+$	Epidoto	→ Ca^+
Titanita	→ Ca^+	Clorita	→ Mg^+

4.5.5 ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS – RAZÕES IÔNICAS

As relações entre os íons dissolvidos nas águas subterrâneas podem guardar certa relação com as litologias nas quais eles se originaram, ou indicar a ação de fenômenos modificadores, ou ainda, indicar uma característica específica da água considerada (CUSTÓDIO, 1983; SANTOS, 1997).

As razões iônicas mais utilizadas no estudo hidrogeoquímico, expressas em miliequivalentes por litro (indicadas pelo símbolo r) são:

Razão rMg^{+2}/rCa^{+2}

Em águas continentais esta razão varia, freqüentemente, entre 0,3 e 1,5, sendo que os valores próximos a 1, indicam a possibilidade de influência de terrenos dolomíticos, ou com serpentina. Valores superiores a 1, sugerem relação com terrenos ricos em silicatos de magnésio, como gabros e basaltos. Entretanto, é preciso observar que, quando ocorre precipitação de $CaCO_3$ numa água, aumenta a relação rMg^{+2}/rCa^{+2} , sem que seja indicativo de terrenos atravessados. No caso de precipitação de dolomitos, ocorre uma diminuição desta razão.

Águas que circulam em litologias de origem marinha ou que tenham sofrido mistura com água do mar, apresentam uma razão rMg^{+2}/rCa^{+2} elevada pois, na água do mar, esta relação está em torno de 5. Assim, o aumento dessa razão pode ser utilizada como indicativo da contaminação por águas de origem marinha.

Nos processos de troca iônica, o Ca^{+2} fixa-se mais que o Mg^{+2} , conseqüentemente, haverá um aumento da razão rMg^{+2}/rCa^{+2} , entretanto, há também a influência das proporções iniciais destes íons. Os processos de redução de sulfatos provocam um crescimento da razão rMg^{+2}/rCa^{+2} , porém, a presença simultânea da troca iônica $Ca^{++} \rightarrow Mg^{++}$, pode permitir a precipitação de $CaCO_3$ às expensas do Mg^{++} .

Conforme pode ser observado na Tabela 62, as águas minerais do Estado de Santa Catarina apresentam relações rMg^{+2}/rCa^{+2} diferenciadas, em função da área de ocorrência. Assim, na Província Cristalina, Domínio Meridional, a relação rMg^{+2}/rCa^{+2} média é de 0,3987, com um valor anômalo registrado na fonte Verani. No Domínio Central, os valores são variáveis, desde um mínimo de 0,1213 em Nova Trento a um máximo de 1,7421 na fonte de Ariribá. No Domínio Setentrional, os valores situam-se entre 0,5910 e 1,1590.

Na Província Paleozóica, essa relação apresenta-se muito variável, desde um mínimo de 0,0052 em São João do Sul, até um máximo de 1,6481 em Braço do Trombudo.

Na Província Mesozóica, a relação rMg^{+2}/rCa^{+2} média é inferior a unidade, com valores semelhantes aos do Domínio Meridional.

Tabela 62 - Razão Iônica Mg⁺⁺ / Ca⁺⁺.

Fonte	Ca ⁺²			Mg ⁺²			rMg ⁺² /rCa ⁺²
	mg/L	K ₁ ¹	r	mg/L	K ₁	r	
Caldas 1e 2	6,37	0,04990	0,3179	3,06	0,08224	0,2517	0,7917
Figueira	6,41		0,3199	0,97		0,0798	0,2494
Piscina	8,01		0,3997	1,21		0,0995	0,2490
Plaza	7,81		0,3897	1,81		0,1489	0,3820
Ag.Mornas 1	8,01		0,3997	1,21		0,0995	0,2490
Ag.Mornas 2	7,01		0,3498	1,94		0,1595	0,4561
Chuá 1	6,70		0,3343	1,60		0,1316	0,3936
Chuá 2	6,90		0,3443	1,60		0,1316	0,3822
Crystal	6,33		0,3159	1,49		0,1225	0,3879
Baden-Baden	7,41		0,3698	1,60		0,1316	0,3559
Santa Catarina	4,36		0,2176	1,10		0,0905	0,4158
Verani	1,00		0,0499	5,88		0,4836	9,6908
Nádia Amin	3,96		0,1976	1,79		0,1472	0,7450
Gravatal	6,21		0,3099	1,82		0,1497	0,4830
Santa Terezinha	6,80		0,3393	1,55		0,1275	0,3757
Guarda 1	3,40		0,1697	1,00		0,0822	0,4847
Guarda 2	3,60		0,1796	1,00		0,0822	0,4578
Guarda 3	4,40		0,2196	1,20		0,0987	0,4495
Rio do Pouso	14,02		0,6996	2,43		0,1998	0,2857
São Pedro	42,20		2,1058	2,00		0,1645	0,0781
Urca	6,33		0,3159	2,19		0,1801	0,5702
Minerale 1	1,33		0,0664	0,79		0,0650	0,9789
Minerale 2	1,26		0,0629	0,76		0,0625	0,9941
São Bonifácio 1	3,76		0,1876	1,11		0,0913	0,4865
São Bonifácio 2	3,86		0,1926	1,15		0,0946	0,4910
São Bonifácio 3	3,69		0,1841	1,03		0,0847	0,4600
S.Rosa de Lima 1	3,90		0,1946	1,23		0,1012	0,5198
S.Rosa de Lima 2	4,80		0,2395	1,36		0,1118	0,4670
Ariribá (fonte)	7,01		0,3498	7,41		0,6094	1,7421
Ariribá (poço)	36,03		1,7979	14,48		1,1908	0,6623
Atalaia	27,49		1,3718	8,89		0,7311	0,5330
São Marcos	55,00		2,7445	29,60		2,4343	0,8870
Canhanduba	9,92		0,4950	7,06		0,5806	1,1729
Brilhante	1,26		0,0629	1,61		0,1324	2,1059
Santa Luzia	42,54		2,1227	10,18		0,8372	0,3944
Limeira 1	2,07		0,1033	1,22		0,1003	0,9713
Limeira 2	5,00		0,2495	2,53		0,2081	0,8339
Nova Trento	19,83		0,9895	1,46		0,1201	0,1213
Itinga	5,41		0,2700	1,94		0,1595	0,5910
Casc.Carolina 1	4,92		0,2455	3,46		0,2846	1,1590
Casc.Carolina 2	5,60		0,2796	2,28		0,1872	0,6695
Doble "W"	4,89		0,2440	0,65		0,0535	0,2191
Br. Do Trombudo	16,00		0,7984	16,00		1,3158	1,6481
São João do Sul	1.207,00		60,2293	3,79		0,3117	0,0052
Avila	1,60		0,0798	2,05		0,1686	2,1116
Piratuba	2,20		0,1098	0,36		0,0296	0,2697
Águasde Chapecó	2,10		0,1048	1,00		0,0822	0,7848
Águas de Prata 1	4,20		0,2096	0,19		0,0156	0,0746
Águas de Prata 2	4,61		0,2300	0,32		0,0263	0,1144
Ilha Redonda	6,01		0,2999	1,23		0,1012	0,3373
Fahdu	17,48		0,8723	1,48		0,1217	0,1395

¹ K₁: fator de transformação de mg/L para meq/L (r).

Razão rK^+/rNa^+

Em águas doces esta razão pode variar ente 0,001 e 1, sendo mais freqüente que varie entre 0,004 e 0,3. Nas águas marinhas varia entre 0,02 a 0,025 (SCHOELLER, 1956, apud SCHOELLER, 1962).

Devido a fixação preferencial do K^+ no terreno, esse índice é menor na água do que nas rochas de origem, e será tanto menor, quanto maior for a concentração de sais da água.

Em geral, esta relação tem utilidade limitada, não somente porque pode ser facilmente alterada, senão porque as análises não permitem calcular com um mínimo de precisão. Pode apresentar interesse quando houver aportes artificiais de potássio, podendo-se seguir sua diminuição no sentido do fluxo. A Tabela 63 mostra a razão rK^+/rNa^+ das águas minerais do Estado.

Tabela 63 - Razão Iônica K^+ / Na^+

Fonte	K			Na			rK^+/rNa^+
	mg/L	K1	r	mg/L	K1	r	
Caldas 1e 2	4,60	0,02558	0,1177	8,71	0,04350	0,3789	0,3106
Figueira	3,45		0,0883	7,78		0,3384	0,2608
Piscina	3,65		0,0934	8,60		0,3741	0,2496
Plaza	4,30		0,1100	12,50		0,5438	0,2023
Ag.Mornas 1	5,20		0,1330	8,61		0,3745	0,3551
Ag.Mornas 2	4,40		0,1126	8,75		0,3806	0,2957
Chuá 1	3,80		0,0972	10,00		0,4350	0,2235
Chuá 2	3,80		0,0972	10,00		0,4350	0,2235
Crystal	3,72		0,0952	9,40		0,4089	0,2327
Baden-Baden	4,10		0,1049	13,00		0,5655	0,1855
Santa Catarina	5,80		0,1484	8,00		0,3480	0,4263
Verani	3,30		0,0844	29,13		1,2672	0,0666
Fontes do Sul	0,90		0,0230	11,21		0,4876	0,0472
Nádia Amin	3,30		0,0844	13,60		0,5916	0,1427
Gravatal	4,20		0,1074	11,60		0,5046	0,2129
S. rezinha	4,10		0,1049	10,00		0,4350	0,2411
Guarda 1	4,80		0,1228	12,00		0,5220	0,2352
Guarda 2	4,80		0,1228	11,00		0,4785	0,2566
Guarda 3	5,80		0,1484	12,00		0,5220	0,2842
Rio do Pouso	5,40		0,1381	22,00		0,9570	0,1443
São Pedro	2,70		0,0691	31,40		5,7159	0,0121
Urca	3,60		0,0921	10,40		0,4524	0,2036
Minerale 1	3,55		0,0908	7,06		0,3071	0,2957
Minerale 2	3,40		0,0870	6,42		0,2793	0,3114
S. Bonifácio1	5,37		0,1374	6,87		0,2988	0,4597
S.Bonifácio 2	5,3		0,1358	6,04		0,2627	0,5170
S.Bonifácio 3	5,8		0,1555	7,32		0,3184	0,4884
S.Rosa Lima 1	3,90		0,0998	5,70		0,2480	0,4023
S.Rosa de Lima 2	3,55		0,0908	5,10		0,2219	0,4093
Ariribá (fonte)	3,80		0,0972	15,11		0,6573	0,1479
Ariribá (poço)	3,00		0,067	14,50		0,6308	0,1217
Atalaia	1,40		0,0358	18,33		0,7974	0,0449
São Marcos	-		-	13,40		0,5829	-
Canhanduba	1,20		0,0307	5,60		0,2436	0,1260
Brilhante	1,30		0,0333	6,60		0,2871	0,1158
Santa Luzia	1,15		0,0294	18,30		0,7961	0,0370
Limeira 1	1,55		0,0396	8,57		0,3728	0,1064
Limeira 2	1,50		0,0384	9,20		0,4002	0,0959
Nova Trento	5,10		0,1305	195,00		8,4825	0,0154

Tabela 64 - Razão Iônica K⁺ / Na⁺

Fonte	K			Na			rK ⁺ /rNa ⁺
	mg/L	K1	r	mg/L	K1	R	
Itinga	1,54	0,02558	0,0394	9,60	0,04350	0,4176	0,0943
Casc.Carolina 1	1,20		0,0307	6,90		0,3002	0,1023
Casc.Carolina 2	1,20		0,0307	8,80		0,3828	0,0802
Doble "W"	0,60		0,0153	75,00		3,2625	0,0047
Br.oTrombudo	1,00		0,0256	39,68		1,7261	0,0148
São João do Sul	195,0		4,9881	799,65		34,7848	0,1434
Ávila	4,40		0,1126	13,20		0,5742	0,1960
Piratuba	1,52		0,0389	350,00		15,2250	0,0026
Ág. De Chapecó	1,50		0,0384	234,00		10,1790	0,0038
Águas de Prata 1	1,50		0,0384	170,00		7,3950	0,0052
Águas de Prata 2	1,80		0,0460	192,57		8,3768	0,0055
Ilha Redonda	2,20		0,0563	360,00		15,6600	0,0036
Fahdu	0,30		0,0077	12,77		0,5555	0,0138

Razão rNa^+ / rCa^{+2} e $rNa^+ / r(Ca^{+2} + Mg^{+2})$

Em geral esta relação só tem interesse para comparar a água com a litologia do aquífero, ou também, para indicar possíveis processos de troca de bases. Entretanto, a precipitação ou dissolução de sais de cálcio altera as relações, sem que tenha havido troca de bases.

Razão rCl^- / rCO_3H^-

Devido ao fato do conteúdo de CO_3H^- ser um valor relativamente constante nas águas subterrâneas, esta relação possibilita seguir o processo de concentração de sais no sentido do fluxo subterrâneo. Ainda que essa concentração aumente ligeiramente o denominador, um aumento da razão rCl^- / rCO_3H^- indica um avanço no processo de concentração. Essa razão não deve ser utilizada se existirem aportes externos de CO_2 , com o conseqüente aumento do CO_3H^- . A precipitação de $CaCO_3$ também pode interferir nesta razão.

A razão rCl^- / rCO_3H^- é muito utilizada para caracterização de intrusão marinha, já que as águas doces apresentam valores entre 0,1 e 5, ao passo que nas águas do mar os valores variam de 20 a 50 (SANTOS, 1997).

Como pode ser visualizado na Tabela 65, as razões rCl^- / rCO_3H^- das águas minerais do Estado situam-se dentro dos limites das águas doces, com exceção da fonte de São João do Sul, que apresenta valor extremamente elevado.

Tabela 65 - Razão Iônica Cl / HCO₃

Fonte	Cl			HCO ₃ ⁻			r Cl / HCO ₃ ⁻
	mg/L	K1	r	mg/L	K1	r	
Caldas 1 e 2	2,64	0,02821	0,0745	55,17	0,01639	0,9042	0,08236
Figueira	2,92		0,0824	39,41		0,6459	0,12753
Piscina	2,73		0,0770	48,49		0,7948	0,09690
Plaza	8,76		0,2471	52,72		0,8641	0,28599
Ág. Mornas 1	3,04		0,0858	54,40		0,8916	0,09618
Ág. Mornas 2	3,22		0,0908	54,40		0,8916	0,10188
Chua 1	3,40		0,0959	50,20		0,8228	0,11657
Chua 2	3,60		0,1016	49,00		0,8031	0,12645
Crystal	3,48		0,0982	44,89		0,7357	0,13343
Baden-Baden	3,67		0,1035	57,31		0,9393	0,11022
Sta. Catarina	4,09		0,1154	36,70		0,6015	0,19181
Verani	39,17		1,1050	35,23		0,5774	1,91366
Fontes do Sul	4,57		0,1289	40,41		0,6623	0,19465
Nádia Amin	11,92		0,3363	22,58		0,3701	0,90861
Gravatal	9,14		0,2578	38,74		0,6349	0,40608
Sta. Terezinha	6,53		0,1842	41,01		0,6722	0,27406
Guarda 1	9,23		0,2604	28,80		0,4720	0,55161
Guarda 2	9,05		0,2553	27,14		0,4448	0,57394
Guarda 3	9,25		0,2609	34,80		0,5704	0,45750
Rio do Pouso	11,27		0,3179	87,41		1,4326	0,22192
São Pedro	114,10		3,2188	136,90		2,2438	1,43452
Urca	5,57		0,1571	46,06		0,7549	0,20814
Minerale 1	7,42		0,2093	14,02		0,2298	0,91092
Minerale 2	7,83		0,2209	11,68		0,1914	1,15383
São Bonifácio 1	3,25		0,0917	33,59		0,5505	0,16653
São Bonifácio2	2,75		0,0776	32,70		0,5360	0,14475
São Bonifácio3	3,61		0,1018	34,15		0,5597	0,18195
S. Rosa Lima 1	3,68		0,1038	25,21		0,4132	0,25125
S. Rosa Lima 2	2,52		0,0711	24,40		0,3999	0,17776
Ariribá (fonte)	24,67		0,6959	54,44		0,8923	0,77997
Ariribá (poço)	12,43		0,3507	195,35		3,2018	0,10952
Atalaia	22,42		0,6325	121,16		1,9858	0,31849
São Marcos	38,00		1,0720	274,50		4,4991	0,23827
Canhanduba	7,65		0,2158	62,68		1,0273	0,21007
Brilhante	7,54		0,2127	12,84		0,2104	1,01072
Santa Luzia	19,44		0,5484	192,00		3,1469	0,17427
Limeira 1	6,21		0,1752	23,30		0,3819	0,45873
Limeira 2	10,21		0,2880	32,98		0,5405	0,53284
Nova Trento	137,20		3,8704	264,40		4,3335	0,89313
Itinga	6,41		0,1808	39,65		0,6499	0,27825
Cás. Carolina 1	3,60		0,1016	42,31		0,6935	0,14645
Casc. Carolina 2	2,73		0,0770	44,96		0,7369	0,10451
Doble "W"	0,12		0,0034	166,43		2,7278	0,00124
Br. T rombudo	4,80		0,1354	226,38		3,7104	0,03649
João do Sul	3.210,06		90,5558	12,86		0,2108	429,63170
Ávila	16,02		0,4519	21,17		0,3470	1,30246
Piratuba	166,74		4,7037	456,90		7,4885	0,62812
Ág. de Chapecó	145,00		4,0905	143,40		2,3503	1,74038
Ág. de Prata 1	3,90		0,1100	148,86		2,4398	0,04509
Ág. de Prata 2	127,18		3,5877	107,87		1,7680	2,02928
Ilha Redonda	196,88		5,5540	176,29		2,8894	1,92220
Fahdu	0,30		0,0085	86,10		1,4112	0,00602

Razão rSO_4^{2-}/rCl^-

Em águas algo salinizadas, o conteúdo do íon SO_4^{2-} tende a ser constante, tendo interesse similar à razão $r Cl^- / r CO_3 H^-$. Não tem utilidade quando se processa redução de sulfatos, caso em que pode servir para caracterizá-la.

Em águas pouco ou moderadamente salinizadas esta razão pode ser similar a da rocha aquífera, sendo que seu valor se mantém aproximadamente constante com o aumento da concentração da água (CUSTÓDIO, 1983).

As águas minerais das províncias Cristalina e Paleozóica e do Aquífero Botucatu apresentam a rSO_4^{2-}/rCl^- bastante abaixo de um. No Aquífero Serra Geral, os valores situam-se próximos a unidade, com exceção de Águas de Prata 1 (Fonte Santa Rita), que apresenta essa relação anormalmente elevada (Tabela 66).

Tabela 66 - Índices hidroquímicos F, SO_4^{2-} e razão iônica Cl^- / SO_4^{2-}

Fonte	F			SO_4^{2-}			$r Cl^- / SO_4^{2-}$
	mg/L	K1	r	mg/L	K1	r	
Caldas 1 e 2	0,96	0,05264	0,05053	1,23	0,2082	0,025609	0,343857755
Figueira	0,86		0,04527	1,27		0,026441	0,320995178
Piscina	0,90		0,04738	1,33		0,027691	0,359556077
Plaza	-			3,63		0,075577	0,305830052
Ág. Mornas 1	0,27		0,01421	0		0	0
Ág. Mornas 2	0,21		0,01105	0		0	0
Chuá 1	1,10		0,05790	0		0	0
Chuá 2	1,00		0,05264	1,3		0,027066	0,266513057
Crystal	1,17		0,06159	1,2		0,024984	0,254495227
Baden-Baden	1,52		0,08054	1,53		0,031855	0,307682649
Sta. Catarina	1,03		0,05422	1,1		0,022902	0,198493832
Verani	0,12		0,00632	8,86		0,184465	0,166938993
Fontes do Sul	0,11		0,00579	4,04		0,084113	0,652443343
Nádia Amin	0,06		0,00316	1,01		0,021028	0,062534943
Gravatal	0,72		0,03790	2,91		0,060586	0,234976501
Sta. Terezinha	0,33		0,01737	2,55		0,053091	0,288207075
Guarda 1	0,70		0,03685	2,76		0,057463	0,220691202
Guarda 2	0,69		0,03632	2,68		0,055798	0,218556564
Guarda 3	0,80		0,04211	2,51		0,052258	0,200267109
Rio do Pouso	2,79		0,14687	3,64		0,075785	0,238371927
São Pedro	-			118,3		2,463006	0,765203133
Urca	0,27		0,01421	2,02		0,042056	0,267654046
Minerale 1	0,07		0,00342	1,38		0,028732	0,137262789
Minerale 2	0,05		0,00279	1,35		0,028107	0,127247613
São Bonifácio 1	0,44		0,02316	0,94		0,019571	0,213462766
São Bonifácio 2	0,50		0,02632	0,98		0,020404	0,263009249
São Bonifácio 3	0,61		0,03211	1,03		0,021445	0,210575413
S.Rosa de Lima1	0,15		0,00805	1,24		0,025817	0,248686097
S.Rosade Lima2	0,31		0,01627	1,33		0,027691	0,389519083
Ariribá (fonte)	0,16		0,00842	3,92		0,081614	0,117272061
Ariribá (poço)	0,28		0,01474	4,75		0,098895	0,282033125
Atalaia	0,04		0,00211	14,27		0,297101	0,469749151
São Marcos	0,07		0,00368	4,67		0,097229	0,090700759
Canhanduba	0,10		0,00526	2,11		0,04393	0,203562914
Brilhante	<0,001			1,87		0,038933	0,183040798
Santa Luzia	0,38		0,02000	3,6		0,074952	0,136673362
Limeira 1	0,01		0,00053	1,56		0,032479	0,185400387
Limeira 2	0,14		0,00737	1,49		0,031022	0,10770557

Tabela 67 - Índices hidroquímicos F, SO₄⁻ e razão iônica Cl / SO₄

Fonte	F			SO ₄ ⁻			
	mg/L	K1	r	mg/L	K1	r	r Cl ⁻ / SO ₄ ⁻
Nova Trento	3,20	0,05264	0,16845	38,18	0,2082	0,794908	0,205380616
Itinga	-		-	0		0	0
Casc. Carolina 1	0,19		0,01000	1,64		0,034145	0,336216472
Casc. Carolina 2	0,12		0,00632	2,05		0,042681	0,554202975
Doble "W"	-		0	0		0	0
Br. do Trombudo	0,34		0,0179	0		0	0
São João do Sul	8,59		0,45218	452,5		9,42105	0,104035863
Ávila	-		0	6,12		0,127418	0,281946397
Piratuba	0,15		0,0079	36,68		0,763678	0,6159335
Ág. de Chapecó	-		0	141,5		2,94603	0,720221492
Ág. de Prata 1	1,35		0,07106	215,69		4,490666	40,8171843
Ág. de Prata 2	1,35		0,07106	148,05		3,082401	0,85914651
Ilha Redonda	1,41		0,07422	337,7		7,030914	1,265922442
Fahdu	0,24		0,01284	0,76		0,015823	1,863479999

4.5.5.1 ÍNDICE DE TROCA DE BASES (ITB) OU ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO ENTRE CLORETOS E ALCALINOS :

Segundo SCHOELLER (1962), por definição, o índice de troca de bases é dado pela expressão:

$$itb = r Cl^- - \frac{r(Na^+ + K^+)}{r Cl^-}$$

Esse índice representa a troca de bases que afeta principalmente os cátions Na⁺, Ca⁺, Mg⁺, afetando também o H⁺, Li⁺ e Sr⁺², enquanto que o K⁺ e o NH₄⁺, tendem a ser fixados irreversivelmente (SANTOS, 1997).

Nas águas subterrâneas o itb pode ser positivo ou negativo, sendo em geral próximo de zero (SANTOS, op.cit.).

Segundo CUSTÓDIO (1983), em águas relacionadas com litologias plutônicas ou vulcânicas, em especial com os granitos, esse valor é quase sempre negativo, enquanto que a água do mar apresenta um valor entre + 1,2 e + 1,3 e nas salmouras que tenham rCl⁻ > 500, o itb é sempre positivo.

Uma diminuição do itb indica um abrandamento da água através da troca de Ca⁺² e Mg⁺ por Na⁺, enquanto que o endurecimento da água leva a um aumento do valor do itb (SANTOS, 1997; CUSTÓDIO, 1983).

Segundo SANTOS (op.cit), águas que apresentam dominância dos íons Cl⁻ e Na⁺ podem apresentar um notável abrandamento, sem que o valor do itb se altere, pois Ca⁺² e Mg⁺² estão em quantidades bem inferiores em relação ao sódio, nesse caso, é melhor adotar a seguinte expressão:

$$itb = r Cl^- - \frac{r(Na^+ + K^+)}{r(SO_4^{-2} + HCO_3 + NO_3)}$$

Nas águas minerais do Estado, o itb calculado conforme SCHOELLER (1962), apresentou valores negativos na ampla maioria das fontes da Província Cristalina, com apenas três exceções (São Pedro, São Marcos e Nova Trento). Nas demais províncias, os valores foram negativos ou positivos (Tabela 68).

Tabela 68 – Índice de Troca de Bases - itb

Fonte	Índice de Troca de Bases - itb
Caldas 1 e 2	-6,59296
Figueira	-5,09748
Piscina	-5,99294
Plaza	-2,39834
Ág. Mornas 1	-5,83262
Ág. Mornas 2	-5,33846
Chuá 1	-5,45285
Chuá 2	-5,13894
Crystal	-5,03633
Baden-Baden	-6,37163
Sta. Catarina	-4,18666
Verani	-0,11817
Fontes do Sul	-3,83213
Nádia Amin	-1,67411
Gravatal	-2,11587
Sta. Terezinha	-2,74654
Guarda 1	-2,21596
Guarda 2	-2,09990
Guarda 3	-2,30807
Rio do Pouso	-3,12668
São Pedro	1,42150
Urca	-3,30808
Minerale 1	-1,69171
Minerale 2	-1,43719
São Bonifácio 1	-4,66615
São Bonifácio 2	-5,06012
São Bonifácio 3	-4,55208
Sta. Rosa de Lima 1	-3,24560
Sta. Rosa de Lima 2	-4,32703
Arribá (fonte)	-0,38819
Arribá (poço)	-1,66700
Atalaia	-0,68486
São Marcos	0,52822
Canhanduba	-1,05522
Brilhante	-1,29340
Santa Luzia	-0,95682
Limeira 1	-2,17916
Limeira 2	-1,23466
Nova Trento	1,64508
Itinga	-2,34643
Cascata Carolina 1	-3,15621
Cascata Carolina 2	-5,29214
Doble "W"	-968,28446
Braço do Trombudo	-12,80076
São João do Sul	90,11658
Ávila	-1,06769
Piratuba	1,45868
Águas de Chapecó	1,59259
Águas de Prata 1	-67,45440
Águas de Prata 2	1,24008
Ilha Redonda	2,72426
Fahdu	-66,31527

Razão de Absorção de Sódio – RAS

Esta razão, conhecida também como índice “SAR” (sodium adsorption ratio), é utilizada, juntamente com a condutividade elétrica, para a classificação da água para fins de irrigação. Quanto maior for esse índice, menos indicada será a água para fins de irrigação (SANTOS, 1997). Nas águas minerais essa razão não apresenta aplicação prática.

$$RAS = \frac{r \text{ Na}^+}{\sqrt{\frac{r(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})}{2}}}$$

4.5.6 RELAÇÃO ENTRE GEOLOGIA, LITOLOGIA E COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Um dos objetivos mais perseguidos por geoquímicos e hidrogeólogos é o estabelecimento da relação entre fácies geológico e composição das águas subterrâneas ou fácies hidrogeoquímico (LAFUENTE, 1981).

Ao circular pela superfície ou pelo interior da terra, a água adquire uma composição química variável de acordo com sua procedência em relação às litologias que drenou.

De acordo com CUSTÓDIO (1983), a relação entre litologias e composição das águas tem êxito limitado e sua aplicabilidade está restrita às zonas em que foram estabelecidas, já que diversos fatores externos contribuem na composição final da água. As melhores relações são verificadas quando a água subterrânea foi infiltrada através de um solo bem desenvolvido sobre o próprio material rochoso que lhe deu origem.

Segundo LAFUENTE (op.cit.), os fenômenos capazes de modificar a composição de uma água são:

- redução de sulfatos e nitratos;
- troca de bases;
- concentração por dissolução e por evaporação;
- novas dissoluções.

Em geral, águas captadas em litologias cársticas são bicarbonatadas cálcicas ou cálcico-magnesianas, em formações ricas em gesso ou anidrita, são sulfatadas cálcicas; em terrenos formados por rochas graníticas, são bicarbonatadas sódicas ou cálcicas, com itb negativo; em terrenos sedimentares de origem marinha algo argilosos, são

cloretadas sódicas, com escasso cálcio e magnésio, com *itb* muito negativo; em terrenos sedimentares algo argilosos de origem continental, são bicarbonatadas cálcicas, etc. (CUSTÓDIO, 1983).

4.5.7 BALANÇO IÔNICO E CÁLCULO DO ERRO COMETIDO NAS ANÁLISES QUÍMICAS

Numa análise química a soma dos miliequivalentes de ânions deve ser aproximadamente igual à soma dos miliequivalentes de cátions.

O desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (e%) pela seguinte fórmula (SANTOS, 1997):

$$e\% = \frac{\left| r \sum p - r \sum n \right|}{r \sum p + r \sum n} \times 100$$

Onde: $r \sum p$ = concentração total dos cátions em miliequivalente por litro (meq/L);

$r \sum n$ = concentração total dos ânions em miliequivalente por litro (meq/L).

A análise pode ser considerada correta, quando apresentar um coeficiente de erro não superior a 10, sendo que altos valores de e% podem ser devidos a um erro analítico; a um erro de cálculo; à presença de certos íons não analisados em concentrações consideráveis; ou a águas pouco mineralizadas, como as águas meteóricas (SANTOS, op.cit).

Segundo CUSTÓDIO e LLAMAS (1983), pode ser estabelecida a seguinte relação entre o erro admissível e a condutividade elétrica da água, conforme a Tabela 69.

Tabela 69-Relação entre o erro admissível e a condutividade elétrica

Cond. Elétrica (uS/cm)	50	200	500	2.000	>2.000
Erro Permitido (%)	30	10	8	4	<4

(CUSTÓDIO e LLAMAS, 1983)

Segundo LOGAN (1965), o erro teórico é o erro prático máximo permitido, levando-se em consideração os valores dos ânions e dos cátions, conforme os dados da

Tabela 70.

Tabela 70-Erro Permitido(LOGAN, 1965)

$\sum n$ ou p (meq/L)	<1	1	2	6	1	30	>30
Erro Permitido	15	10	6	4	3	2	

As análises oficiais das águas minerais do Estado, realizadas pelo laboratório LAMIN/CPRM, apresentam erros percentuais dentro dos limites de aceitação, com apenas três exceções (Piratuba, Nova Trento e Nadia Amin), conforme Tabela 71

Tabela 71- Erro Percentual

Data da análise	Fontes	\sum Ânions	\sum Cátions	Erro Percentual
18/06/96	Caldas 1 e 2	1,054854	1,0660704	0,52885909
04/12/97	Figueira	0,800015	0,8263128	1,61701113
04/12/97	Piscina	0,946831	0,9666764	1,03712167
09/01/92	Plaza	1,186777	1,1923174	0,23287852
17/03/95	Ág. Mornas 1	0,991587	1,0067604	0,75928732
17/03/95	Ág. Mornas 2	0,993507	1,0025216	0,45164692
27/05/77	Chuá 1	0,976596	0,998118	1,08987934
27/05/77	Chuá 2	0,984372	1,008098	1,19078329
03/08/98	Crystal	0,920741	0,9424622	1,16580420
08/01/97	Baden-Baden	1,155486	1,171721	0,69763466
14/03/96	Sta. Catarina	0,794013	0,804392	0,64932850
25/10/94	Verani	1,873187	1,8850402	0,31538270
26/11/97	Fontes do Sul	0,881143	0,9299152	2,69303357
12/05/98	Nádia Amin	0,731287	1,0208276	16,5252356
02/05/95	Gravatal	0,991275	1,0715918	3,89345545
17/12/97	Sta. Terezinha	0,927328	1,00667	4,10249691
30/01/96	Guarda 1	0,827347	0,896684	4,02179543
30/01/96	Guarda 2	0,792870	0,863164	4,24473220
30/01/96	Guarda 3	0,926310	0,988612	3,25348988
05/04/95	Rio do Pouso	1,973227	1,9945732	0,53798575
18/08/49	São Pedro	8,048879	8,055226	0,03941231
21/05/96	Urca	0,971325	1,0404606	3,43654464
04/02/98	Minerale 1	0,471635	0,5292556	5,75698570
04/02/98	Minerale 2	0,443717	0,4916184	5,12132751
13/01/97	São Bonifácio 1	0,685330	0,71512	2,12715153
13/01/97	São Bonifácio 2	0,660504	0,6857598	1,87596921
13/01/97	São Bonifácio 3	0,715362	0,7427846	1,88066164
04/02/95	Sta. Rosa de Lima 1	0,550875	0,6434772	7,75330320
04/02/95	Sta. Rosa de Lima 2	0,514962	0,6640254	12,6433832
13/11/95	Arribá (fonte)	1,678249	1,7136864	1,04475158
13/11/95	Arribá (poço)	3,666071	3,6962222	0,40953544
15/05/97	Atalaia	2,918989	2,9360316	0,29108011
15/02/95	São Marcos	5,673200	5,761704	0,77397937
30/08/98	Canhanduba	1,292826	1,3499184	2,16033353
26/12/96	Brilhante	0,97809	0,05156344	5,2500000
04/08/98	Santa Luzia	3,791113	3,7854162	0,07519405
23/03/97	Limeira 1	0,590702	0,6160698	2,10210379
23/03/97	Limeira 2	0,867708	0,8961372	1,61175681
11/01/93	Nova Trento	13,102223	9,7225454	-14,8070634
29/09/93	Itinga	0,830690	0,8864978	3,24997725
15/05/97	Cascata Carolina 1	0,839539	0,8609044	1,25648434
20/05/97	Cascata Carolina 2	0,863281	0,88026394	0,97405817
11/01/93	Doble "W"	3,493112	3,575315	1,16295600
01/12/88	Braço do Trombudo	3,996994	3,8659	-1,66724622
04/07/97	São João do Sul	101,15821	100,313	-0,41908805
26/11/92	Ávila	0,926319	0,935184	0,47623347
14/09/93	Piratuba	79,723780	15,403268	-12,56123
10/10/58	Águas de Chapecó	10,386706	10,4044	0,08510369
29/06/93	Águas de Prata 1	7,587517	7,6585756	0,46608008
10/10/94	Águas de Prata 2	8,689184	8,6791948	-0,05751429
17/09/96	Ilha Redonda	16,081757	16,1173302	0,11047953
21/09/99	Fahdu	1,531329	1,5571362	0,83559069

5 VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS E RISCOS DE POLUIÇÃO

O termo “vulnerabilidade” começou a ser usado em hidrogeologia a partir da década de 1970, relacionado com a susceptibilidade relativa dos aquíferos à poluição antrópica. Diversos autores, dentre os quais, FOSTER (1987) e FOSTER et al (1993), definem vulnerabilidade à poluição do aquífero como a característica intrínseca que determina a sensibilidade do estrato que separa zona saturada do aquífero da superfície imediatamente superior, de ser adversamente afetada por uma carga contaminante aplicada na superfície.

Segundo FOSTER et al (1988), a vulnerabilidade depende da inacessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes e da capacidade de atenuação do estrato sobreposto à zona saturada, resultante da retenção, ou da reação do contaminante. Alertam ainda, que os componentes da vulnerabilidade de um aquífero não são diretamente mensuráveis, sendo determinados por meio de combinações de diversos fatores, destacando basicamente, os seguintes parâmetros:

- tipo de ocorrência da água subterrânea (ou a condição do aquífero);
- características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e tipo litológico;
- profundidade do nível da água.

O sistema de vulnerabilidade de aquífero à poluição, adotado na Grãnbretanha, classifica o estrato predominante acima da zona saturada do aquífero (litologia e espessura), como principal indicador da vulnerabilidade à poluição. Nesse sistema, apenas as classes maiores são reconhecidas (FOSTER, 1998).

FOSTER et al (1993) analisando a situação atual das águas subterrâneas na América Latina e no Caribe, identificaram os seguintes problemas relativos à proteção das águas subterrâneas:

“Recursos substanciais e esforços consideráveis têm sido e continuam sendo investidos no desenvolvimento das águas subterrâneas, que servem ao abastecimento público na América Latina e região do Caribe. Em vista das características dos sistemas de água subterrânea, estes necessitam ser protegidos pela implementação de políticas realísticas de proteção do recurso hídrico subterrâneo.

Aparentemente os riscos mais sérios e de ocorrências mais amplas estão associados ao saneamento sem rede de coleta de esgoto, mudanças nas práticas e

manejos agrícolas de uso do solo, infiltração de contaminantes através de rios e vários aspectos da atividade industrial, especialmente a disposição de efluentes líquidos.

A falta de dados confiáveis e disponíveis não tem permitido proceder a uma avaliação regional da situação atual da qualidade das águas subterrâneas. Entretanto, em algumas áreas existe a comprovação de sérias contaminações dos aquíferos e em muitos casos é identificada a deterioração da qualidade natural.

As mais sérias ameaças à qualidade das águas subterrâneas, em relação aos guias atuais da OMS para água potável, estão associadas ao incremento das concentrações de nitrato e aos episódios cada vez mais freqüentes de poluição por hidrocarbonetos halogenados voláteis.

É necessário desenvolver um procedimento consistente, capaz de avaliar os riscos de poluição das águas subterrâneas. Tal método deveria ser baseado na classificação e na interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante antrópica.

No contexto de vulnerabilidade de aquífero, a zona não-saturada desempenhará uma função decisiva, porém devido às variações que poderão ocorrer, frente a uma elevada carga hidráulica, orgânica e ácida, deverão ser feitas considerações cuidadosas.

Investigações sobre a vulnerabilidade de aquíferos e carga contaminante superficial deveriam ser realizadas de forma prioritária pelas autoridades federais, estaduais e municipais, sobretudo em áreas densamente povoadas e de rápido desenvolvimento.

A vulnerabilidade de aquífero frente a eventos de contaminação poderia ser empregada no estabelecimento de prioridades nas políticas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, que seriam posteriormente analisadas separadamente em relação a cada atividade potencialmente contaminante.

Investigações e/ou cuidadosa monitoração da qualidade das águas subterrâneas em situações selecionadas de campo são necessárias para promover um melhor entendimento e focalizar a atenção em problemas potenciais de contaminação das águas subterrâneas”.

A caracterização de risco de poluição das águas subterrâneas, de uma forma aproximada, consiste na associação e interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante aplicada no solo ou em sub superfície (FOSTER et al, 1988).

FOSTER et al (1993) definem o risco de poluição das águas subterrâneas, como a “inteiração entre dois fatores semi-independentes:

a) a carga poluente que é, será ou poderá ser aplicada no solo como resultado da atividade humana;

b) a vulnerabilidade natural à poluição do aquífero”.

MELO et al. (1996) destacam que as águas subterrâneas, estão sujeitas à degradação devido ao desenvolvimento urbano, ressaltando as seguintes atividades como as mais impactantes:

- o sistema de saneamento com disposição local de efluentes;
- a ocupação irregular e desordenada do terreno;
- a disposição inadequada de resíduos sólidos (lixão e aterro sanitário);
- cachimbões (cacimbas) transformados em fossa;
- lagoas com lançamento de efluentes clandestinos;
- eventuais fugas na rede de esgoto sanitário.

FOSTER et al (1988) propõem um roteiro básico de avaliação em separado da vulnerabilidade natural de aquíferos e da carga contaminante, de cuja interação resultará a caracterização preliminar das áreas de risco.

Alguns autores, entre os quais, ALER et al (1987) incluem na avaliação do risco de poluição de aquífero o fator representativo da mobilidade natural e da persistência dos poluentes na zona saturada.

Analisando o grau de vulnerabilidade das fontes de água mineral do Estado, constata-se que, de maneira geral, as águas minerais da Província Cristalina apresentam média a alta vulnerabilidade, por constituírem aquíferos geralmente livres ou semi-confinados, relacionados à rede de fraturas das rochas ígneas ou metamórficas às quais estão associados. Com relação ao risco de contaminação, pode-se considerar como baixo a moderado, existindo, localmente, situações em que pode-se considerar de alerta, devido, especialmente, à expansão urbana, industrial e agrícola que acarreta uma gama de problemas, tais como: ausência de saneamento básico, presença de postos de combustíveis, cemitérios, oficinas mecânicas, indústrias, atividades agrícolas com uso intensivo de defensivos agrícolas, curtumes, matadouros, áreas irrigadas, etc. Nesses casos torna-se imperiosa a definição de áreas de proteção e, se for o caso, do monitoramento das fontes de risco.

Na Província Paleozóica e no Aquífero Botucatu, por constituírem geralmente aquíferos confinados, a vulnerabilidade natural é baixa.

O Aquífero Serra Geral, por apresentar armazenamento de água em zonas de fraturas e contatos interderrames, freqüentemente constituindo aquíferos livres, apresenta vulnerabilidade natural moderada a alta. O mesmo ocorre com os aquíferos granulares da Província Paleozóica e com o Botucatu, quando não confinados ou associados à rede de fraturamento.

O risco de contaminação está intimamente relacionado ao grau de vulnerabilidade do aquífero e à presença de carga contaminante. Inexistindo carga contaminante, o risco de poluição é nulo. Entretanto, em função da persistência e, especialmente, pela falta de conhecimento do comportamento no ciclo hidrológico de certos pesticidas e herbicidas utilizados na agricultura, pode-se considerar que praticamente não há aquífero que possa ser considerado totalmente protegido. Dessa forma, deve-se realizar o monitoramento, principalmente, das áreas de recarga localizadas em regiões de culturas intensivas, núcleos urbanos e áreas industriais.

5.1 ÁREAS DE PROTEÇÃO

A proteção dos mananciais subterrâneos pode ser enfocada de duas maneiras distintas, conforme proposição de FOSTER e HIRATA (1991). A primeira, consiste em delimitar perímetros de proteção em torno das captações, definindo áreas com maior ou menor grau de restrição, em função das direções de fluxo. A segunda, objetiva a proteção de toda a unidade aquífera, em função de sua suscetibilidade intrínseca, definidas através do mapeamento da vulnerabilidade natural do aquífero.

A U.S. Environmental Protection Agency – USEPA (1994) define quatro zonas distintas na questão da delimitação dos perímetros de proteção das águas subterrâneas, quais sejam:

1 - zona de influência (ZOI): definida pelo cone de depressão apresentado pelo poço quando submetido a bombeamento;

2 - zona de transporte (ZOT): é aquela, cujo limite é definido considerando-se um determinado tempo de trânsito da água até a captação;

3 - zona de contribuição (ZOC): é a porção do aquífero na qual toda recarga e a água subterrânea fluem em direção à captação;

4 - zona de atenuação (ZOA): é a zona em torno do aquífero capaz de reduzir ou atenuar a concentração de um contaminante.

Dentre as diversas metodologias adotadas, a USEPA (1993) descreve o mapeamento hidrogeológico para a delimitação das fronteiras de fluxo e definição da área de recarga de captações em aquíferos heterogêneos, utilizando informações geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas para a definição das fronteiras de fluxo, onde as feições mais comuns utilizadas como condição de contorno são os contatos, as estruturas geológicas, os divisores de água subterrâneos e os condicionantes hidráulicos.

O estabelecimento de perímetros de proteção vem sendo adotado de forma crescente na maioria dos países em todo o mundo, como medida preventiva para proteção da qualidade das águas subterrâneas. A metodologia varia de país para país, contudo, existe um denominador comum, que é representado pela delimitação de áreas de primeira, segunda e terceira ordem, com contornos superficiais crescentes, nos quais as atividades humanas são sujeitas a restrições e controle numa proporção cada vez menos rigorosa (MENTE e CRUZ, 1998). Em geral, esses perímetros consideram as seguintes zonas:

1 - zona imediata: abrange um raio de 10 a 20 metros em torno da captação, na qual estão excluídas todas as atividades antrópicas;

2 - zona próxima: preferencialmente para a proteção bacteriana, cujo limite externo costuma ser fixado em termos de tempo de trânsito da água, desde a superfície, até um certo valor mínimo da captação, geralmente, entre 50 e 100 dias;

3 - zona afastada: engloba até os limites naturais (divisores de água), ou suficientemente distantes, com tempos de trânsito da ordem de, pelo menos, algumas dezenas de anos. As restrições são em relação ao uso da terra, certas atividades industriais, ocupação urbana, determinadas práticas agrícolas, etc.

A maneira mais segura de proteção é a que consiste em controlar as atividades potencialmente poluidoras em toda a zona de contribuição ou de recarga da captação. Entretanto, em muitos casos, em função dos aspectos técnicos ou econômicos, são definidas algumas categorias de perímetros de proteção, com diferentes níveis de restrições, sendo tanto mais rígidos quanto mais próximos da captação (IRATANI et al, 1998).

Dentre as mais diversas metodologias utilizadas para a definição de áreas de proteção, destacam-se:

- raio fixo arbitrário
- raio fixo calculado;

- mapeamento de vulnerabilidade;
- mapeamento hidrogeológico e dos sistemas de fluxo;
- formato simples variável;
- aproximação dos tempos de trânsito;
- mapeamento dos sistemas de fluxo, com equação de tempo de trânsito;
- mapeamento dos sistemas de fluxo, com equações de fluxo uniforme;
- modelos numéricos de fluxo/transporte.

A opção por uma ou outra das metodologias citadas depende de fatores diversos, que vão desde os aspectos econômicos envolvidos no estabelecimento das áreas de proteção, até o grau de informações técnicas disponíveis. Entretanto, independente da precisão dos dados utilizados, é melhor se dispor de uma área de proteção, do que nada, conforme enfatizado por FOSTER (1998).

No que se refere às águas minerais, a definição de áreas de proteção de fontes está prevista no Artigo 12 do Código de Águas Minerais (Decreto-Lei No 7.841, de 08.08.1945): “Nas fontes de água mineral, termal ou gasosa, em exploração regular, poderá ser assinalado, por Decreto, um perímetro de proteção, sujeito a modificações posteriores, se novas circunstâncias o exigirem”.

Em que pese esse dispositivo legal, a implantação de áreas de proteção era opcional dos concessionários das águas minerais. Nem todas as empresas apresentaram seus estudos ou, em muitos casos, deixaram de apresentar as justificativas técnicas exigidas pelo DNPM, razão pela qual, muitas áreas permanecem sem seus perímetros de proteção definidos, em Santa Catarina.

A Portaria do Diretor Geral do DNPM nº231, de 31.07.98, publicada no Diário Oficial da União de 07.08.98, estabelece a obrigatoriedade da definição de área de proteção de fontes de água mineral, destacando-se os seguintes itens:

“Os titulares de Alvarás de Pesquisa de água classificada como mineral e ou potável de mesa, naturais, e se o seu uso se destine a envase, balneário e estância hidromineral, devem apresentar a área de proteção de sua fonte, quando da apresentação do Relatório Final dos Trabalhos de Pesquisa”;

“Os concessionários que ainda não dispõe de áreas de proteção, deverão apresentar ao DNPM a área de proteção de sua fonte no prazo de 365 (trezentos e sessenta e cinco) dias a contar da publicação da presente portaria”;

“Aprovar a Metodologia de Estudos necessários à definição de Áreas de Proteção de Fontes, Balneários e Estâncias de Águas Minerais e Potáveis de Mesa, naturais, a seguir discriminada...”.

A definição de áreas de proteção deverá ser baseada em estudos e levantamentos prévios, envolvendo:

Caracterização hidrológica e climática;

Características hidrogeológicas locais e sua inserção no contexto regional;

Características físico-químicas e sanitárias das águas;

Caracterização do uso do solo e das águas, com identificação das principais fontes de poluição;

Análise das possibilidades de contaminação das fontes e seu grau de vulnerabilidade aos agentes poluentes;

Identificação de medidas corretivas ou preventivas com estabelecimento de um plano de controle;

Definição das áreas de proteção.

Espera-se, que com o cumprimento dessa portaria, em curto espaço de tempo, todas as fontes de água mineral do território catarinense estejam legalmente protegidas por um perímetro de proteção, que lhes assegure a manutenção das qualidades físico-químicas e sanitária das águas.

6 ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo dados do Sumário Mineral Brasileiro (DNPM, 1999), o Brasil, no ano de 1998, manteve a tendência de crescimento do setor de água mineral engarrafada, apresentando um aumento do consumo percapita, da ordem de 14,5%.

Mesmo com esse contínuo aumento de consumo registrado nos últimos anos, o valor de 15,13 litros percapita por ano, ainda encontra-se muito abaixo dos índices dos principais países da Europa e Estados Unidos, conforme Tabela 72 .

Tabela 72 - Principais países consumidores de água mineral

País	Consumo de água mineral (l/ ano percapita)	Consumo de água mineral (milhões de litros anuais)
Brasil	15,13	2.497
Itália	143,0	7.833
França	117,3	6.400*
Bélgica	113,4	1.065
Alemanha	98,5	6.800*
Espanha	99,6	6.114
Suíça	84,2	483*
Áustria	71,8	635
Portugal	63,9	392
Grécia	36,8	1.820
Estados Unidos	42,1	11.095

Fontes: DNPM (1999); *LANCIA et al (1994).

A produção interna de água mineral e potável de mesa registrou, no ano de 1998, um aumento de 18% em relação a 1997, totalizando 2.497.000 litros (DNPM, 1999).

Conforme dados do Sumário Mineral (DNPM, 1999), 14 (quatorze) grupos empresariais são responsáveis por 50% da produção brasileira de água mineral e potável de mesa (Tabela 73), sendo que o restante da produção está pulverizada por cerca de 250 outras empresas, distribuídas por todo o território nacional.

No Estado de Santa Catarina a produção de água mineral é compartilhada por dois segmentos importantes, que são: a indústria de águas engarrafadas e o setor hoteleiro associado às estâncias hidrotermais.

Tabela 73 - Principais produtores nacionais de água mineral e potável de mesa

Grupo/ Empresa	Marca	% da produção
Edson Queiroz	Idaiá e Minalba	24,17
Empresa de Águas Ouro Fino	Ouro Fino	3,03
Perrier/Nestlé	SãoLurenço/Petrópolis/Levissim	3,15
Cia. Lindoyana de Água Mineral	Lindoya Genuína	2,52
Flamin Mineração Ltda.	Lindóia Bio Leve	1,98
Supergasbrás	Caxambu/Araxá/ Cambuquira/Lambari	1,92
Miner Min. Hotelaria e Turismo	Santa Bárbara	2,27
Empresa de Mineração Ijuí S/A	Fonte Ijuí	1,48
Águas Luciana Ltda.	Shangri-lá	1,33
Emp. de Min. Mantovani Ltda.	Lindoya Vida	2,18
Mineração Herwe Ltda.	Klarina	1,41
Schincariol Emp. de Min. Ltda	Schincariol	1,84
Spal – Ind. Bras. de Bebidas S/A	Crystal	1,33
Min. Alto Caxangá Ltda.	Caxangá	1,57

Fonte: DNPM (1999).

Com base nos dados extraídos dos Relatórios Anuais de Lavra (RALS) do DNPM, considerando o período compreendido entre 1992 e 1998, verificamos que a produção estadual de águas minerais engarrafadas apresentou um aumento de cerca de 17%, com períodos de crescimento até 1996, para experimentar uma queda de cerca de 12% em 1997 e, um novo aumento de produção, aproximadamente 15%, em 1998 em relação ao ano anterior (Tabela 74).

Em termos de número de empresas engarrafadoras de água mineral, houve um aumento substancial nesse período, passando de 5 (cinco) em 1992, para 11 (onze) em 1998.

Tabela 74- Produção de Água Mineral em Santa Catarina

Empresa	Marca	1992		1993	
		Produção(l)	Venda(l)	Produção(l)	Venda(l)
Água Mineral Santa Catarina Ltda	Santa Catatina	12.336.272	12.336.272	13.452.685	13.452.685
Cia. Hidromineral Santa Terezinha Ltda.	Santa Terezinha	6.082.788	5.289.387	5.681.405	4.940.358,00
Ariribá Mineração Ltda	Rio do Ouro	10.306.791	10.306.791	11.337.469	11.337.469
Cia. Hidromineral Caldas da Imperatriz Ltda.	Imperatriz	5.720.680	5.688,65	6.083.908	5.575.936,00
Termas Santo Anjo da Guarda Ltda.	Da Guarda	6.926.526	6.935.868	7.571.983	7.519.228,00
Mineração Zanatta Ltda.	Cristalina doMonte				
	TOTAL	41.373.057	34.874.007	44.127.450	42.825.676

Empresa	Marca	1994		1995	
		Produção(l)	Venda(l)	Produção(l)	Venda(l)
Água Mineral Santa Catarina Ltda.	Santa Catatina	16.143.222	16.143.222	15.991.177	15.991.177
Cia. Hidromineral Santa Terezinha Ltda	Santa Terezinha	4.072.963	3.394.100	6.073.092	5.060.914,00
Ariribá Mineração	Rio do Ouro	11.904.339	11.904.339	12.628.785	12.628.785,00
Cia. Hidromineral Caldas da Imperatriz	Imperatriz	3.552.019	3.544.067,00	3.057.875	3.903.485,00
Distilaria Doble "W" Exp. e Import. Ltda.	Doble"W"			411.004	
Mineração Zanatta Ltda.	Cristalina Monte	1.220.000			
Termas Santo Anjo da Guarda Ltda.	Da Guarda	7.273.655	7.175.076,00	9.830.498	9.875.597,00
	TOTAL	44.166.198	42.160.804	47.992.431	47.459.958

Empresa	Marca	1996		1997	
		Produção(l)	Venda(l)	Produção(l)	Venda(l)
Água Mineral Santa Catarina Ltda.	Santa Catatina	13.393.427	13.393.427	11.367.435	11.367.435,00
Cia. Hidromineral Santa Terezinha Ltda.	Santa Terezinha	7.001.848,00	7.044.875,00		
Ariribá Mineração	Rio do Ouro	8.895.879,00	8.895.879,00	7.711.826	7.639.744,00
Cia. Hidromineral Caldas da Imperatriz Ltda.	Imperatriz	2.974.749,00	2.60.101,00	8.303.101	8.303.101,00
Distilaria Doble "W" Exp. e Import. Ltda.	Doble"W"	182.880,00		2.146.331	2.202.947,00
Michellon Hidromineral Ltda.	K2			425.900	425.900,00
Mineração Zanatta Ltda.	Cristalina do Monte			203.200	152.500,00
Termas Santo Anjo da Guarda Ltda.	Da Guarda	10.529.852,4	10.713.500,8	12.297.541	12.289.488,00
Atalaia Mineração Ltda.	Única				
Verani & Ganzo Ltda.	Vida Natural				
Valda Regina Filomeno Abreu Ltda.	Fontes do Sul				
	TOTAL	29.585.208,4	26654254,8	42457331	42381115

Tabela 75- Produção de Água Mineral em Santa Catarina

Empresa	Marca	1998	
		Produção	Venda(l)
Água Mineral Santa Catarina Ltda.	Santa Catarina	12.178.565	12.178.565
Empresa de Águas São Lourenço Ltda.	Santa Terezinha		
Ariribá Mineração	Rio do Ouro	8.166.496	8.166.496,00
Cia. Hidromineral Caldas da Imperatriz Ltda.	Imperatriz	2.146.331	2.202.947,00
Distilaria Doble "W" Exp. e Import. Ltda.	Doble "W"	1.514.811	1.514.811
Michellon Hidromineral A10Ltda.	K2		
Mineração Zanatta Ltda.	Cristalina do Monte	817.400,00	817.400
Termas Santo Anjo da Guarda Ltda.	Da Guarda	22.972.178	16.369.668
Atalaia Mineração Ltda.	Única	550.800,00	550.800,00
Verani & Ganzo Ltda.	Vida Natural	11.958	11.958
Valda Regina Filomeno Abreu Ltda.	Fontes do Sul	540.000	540.000
	TOTAL	48.898.539	42.352.645

Fonte: DNPM (1999).

Com relação aos balneários, não existem dados catalogados relativos ao consumo de água mineral. Somente após a instalação dos equipamentos de medição de vazão (hidrômetros) em todos os balneários, o DNPM terá condições de avaliar o volume efetivamente consumido em cada empresa.

Associados aos balneários existe uma ampla rede hoteleira implantada, tornando as cidades onde estão localizados importantes polos turísticos. A Tabela 76 mostra a distribuição dos balneários no Estado.

Tabela 76 – Relação dos Balneários no Estado

Empresa	Município
Cia. Hidromineral Caldas da Imperatriz	Sto. Amaro da Imperatriz
Soc. Hoteleira Itatiaia(Plaza)	Sto. Amaro da Imperatriz
Águas Mornas Mineração Ltda	Águas Mornas
Cia. Hidrotermal do Gravatal Ltda.	Gravatal
Cia. Hidromineral de Piratuba	Piratuba
Águas de Prata Mineração Ltda.	São Carlos
Cia. Hidromineral Ilha Redonda Ltda	Palmitos
Cia. Hidromineral do Oeste - Hidroeste	Águas de Chapecó
Termas Santo Anjo da Guarda Ltda	Tubarão
Mineração Rio do Pouso Ltda.	Tubarão
*São João do Sul Recursos Hidrominerais	São João do Sul
*Estância Hidromineral São Bonifácio Ltda.	São Bonifácio
*Baden-Baden Ltda.	Santo Amaro da Imperatriz/Águas Mornas
*Mineração Nova Trento Ltda.	Nova Trento
*Cascata Carolina Ltda.	Blumenau/Gaspar

* Em fase final de tramitação.

Entretanto, o aumento mais significativo ocorreu em termos de requerimento de áreas para pesquisa de água mineral, passando-se de cerca de 30 (trinta) áreas requeridas no início da década, para aproximadamente 450 requerimentos catalogados até o final do ano de 1999 (Apêndice 4).

Evidentemente que apenas uma pequena parcela desses requerimentos lograrão sucesso, culminando com áreas produtoras de água mineral para a indústria de engarrafamento ou para o setor balneário-hoteleiro. Estima-se que apenas cerca de 10% desse total de requerimentos irá até o final da pesquisa, apresentado relatórios positivos e com viabilidade econômica para a lavra.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é o interesse especulativo por áreas de água mineral que vem ocorrendo nos últimos anos, especialmente, a partir de 1995. Algumas empresas, aproveitando-se da legislação mineral, requerem grande número de áreas, com o objetivo específico de negociá-las, antes mesmo de realizar qualquer investimento de pesquisa.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como pretendeu-se demonstrar neste estudo, as águas minerais do Estado apresentam características peculiares a cada ambiente geológico ao qual estão associadas. Muito embora essa relação não seja totalmente infalível, uma vez que diversos fatores intervêm no estabelecimento da composição química de uma água, tais como tempo de trânsito, ou tempo de contato entre a água e a rocha, espessura da zona não saturada, clima, cobertura vegetal, geomorfologia, etc., ficou demonstrado claramente que, dentro das quatro províncias hidrogeológicas, e dos seis sistemas aquíferos estudados, as águas subterrâneas, em especial, as consideradas como minerais, apresentam características especiais.

As águas da Província Cristalina apresentam características físico-químicas, em especial as propriedades organolépticas (odor, cor, sabor), que as tornam ótimas para o consumo humano, sendo indicadas, especialmente, para a indústria de envasamento. Destaque especial para o Domínio Meridional, por apresentar uma excelente potencialidade para a obtenção de águas termominerais que, além de serem adequadas para o consumo humano, em função da temperatura elevada e da radioatividade que apresentam nas surgências, mostram notável interesse para o ramo de hotelaria/balnearioterapia. As águas deste domínio apresentam uma grande homogeneidade em suas características físico-químicas, como: temperatura elevada (águas termais); pH levemente ácido a neutro; radioatividade; baixo resíduo de evaporação (águas leves); baixa dureza (águas brandas ou moles); ausência de contaminantes químicos e orgânicos; etc. Por outro lado, as águas do Domínio Central apresentam-se mais mineralizadas; com maior resíduo seco; pH neutro a básico; dureza média; etc. Além do fato de inexistir, até o momento, indicação de termalidade neste domínio. A radioatividade foi detectada apenas em algumas fontes, estas relacionadas, provavelmente, a intrusões graníticas.

No Domínio Setentrional, apesar da escassez de dados, as fontes aí presentes apresentam águas de boa potabilidade, tanto no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos quanto bacteriológicos. Diferem do Domínio Central, por serem águas mais leves, menos mineralizadas, menor grau de dureza, resíduo de evaporação inferior. Do Domínio Meridional, diferem, especialmente, pela ausência de termalidade. Com relação às características químicas, são bastante semelhantes.

Igualmente, apesar da escassez de dados, as províncias Paleozóica e Mesozóica apresentam características particulares e, dentro de cada uma delas, cada sistema aquífero apresenta suas peculiaridades. Os aquíferos Botucatu/Pirambóia e Serra Geral que, apesar de estarem superpostos e, possivelmente, apresentarem intercomunicações entre si (drenança, ascendente ou descendente), apresentam águas com propriedades físico-químicas distintas.

Na Província Paleozóica foram identificadas águas com grande teor de mineralização, evidenciando conexão com aquíferos fósseis (águas conatas), o que as torna impróprias para o consumo humano, porém, com grande potencial para o setor balneário/hoteleiro.

A Província Cenozóica, embora constitua excelentes aquíferos, não apresenta fontes de águas minerais relacionadas. Isto deve-se à rápida circulação das águas, desde sua precipitação nas áreas de recarga, até as zonas de descarga ou de captações, fornecendo águas de boa qualidade, porém, fracamente mineralizadas, dificilmente podendo ser classificadas como minerais.

Como recomendações, poderíamos elencar uma série de temas que deveriam ser abordados pelos organismos governamentais responsáveis pelo planejamento do uso e ocupação do solo, urbano e rural, especialmente, no que diz respeito à proteção dos mananciais hídricos, quer superficiais quanto subterrâneos, que encontram-se cada vez mais ameaçados pelo avanço vertiginoso das atividades antrópicas. A medida mais premente é a delimitação de perímetros de proteção das áreas de recarga dos aquíferos utilizados, ou potencialmente utilizáveis no suprimento de água para o consumo humano ou industrial, a fim de evitar seu comprometimento futuro.

A maneira mais viável que dispõem as autoridades estaduais e/ou municipais para a proteção das áreas de recarga de sistemas de abastecimentos, é a implantação de "Áreas de Proteção Ambiental - APAs", onde, mediante legislação específica, são definidas as atividades que devem ser proibidas, as que podem ser toleradas e as que devem ser incentivadas em seus domínios.

Especificamente, em relação as águas minerais, destacamos a necessidade de haver um comprometimento das autoridades municipais das áreas onde se localizam as fontes hidrominerais, uma vez que, qualquer área de proteção definida com base na legislação federal, para ter eficácia, deverá contar com a colaboração do poder municipal, que é o responsável pelo ordenamento territorial em seu domínio.

Finalmente, no caso das águas minerais, devemos destacar a necessidade do aprimoramento dos estudos referentes à definição das áreas de proteção das fontes, não apenas para o cumprimento de uma determinação legal do DNPM, mas sobretudo, para assegurar a qualidade do produto “água mineral”, evitando, assim, riscos de contaminação à saúde da população, além de inviabilizar um empreendimento econômico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ÁGUA EM REVISTA. *Revista Técnica e Informativa da CPRM*, ano V, nº9, nov. 1997, Rio de Janeiro, p. 21-32. 1997.

ALLER, I.; BENNET, T. LEHR, J.M.; PETTY, R.J. e HACKETT, G. Dratic, a standardized system for evaluating grouwater pollution potential using hydrogeolgc setting. U.S. Environmental Protection Agency, Ada, OK. EPA, Report 600/2-87, 1-455. 1987.

AMARAL, G.; BUSSHEE, J.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. e REYNOLDS, J. H. Potassium-Argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch Acta n. 31*, p.117- 142. 1967.

ANDRADE JR., J.F.de. "Águas Thermaes Radioactivas de Caldas da Imperatriz (Estado de Santa Catarina)". Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. *Boletim n. 28*. Rio de Janeiro, 1928.

ARAÚJO, L. M. ; FRANÇA, A. B. e POTTER, P. E. Aquífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: Mapas Hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/PETROBNRÁS. Curitiba, Set. 1995.

ÁVILA, E. L. *Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica da Formação Rio Bonito na Região de Siderópolis e Adjacências*. Departamento de Geociências.UFSC. 242p. Florianópolis, 1992. Tese de Mestrado.

ÁVILA, E. L., AWDZIEJ, J., PARAHIBA, R. E. R. e BICCA, V. H. F. Águas Minerais do Estado de Santa Catarina. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM 11^o DS. Florianópolis, 1986.

- BAGGIO, S. B. *Água Subterrânea em Joinville – SC*. Avaliação hidrogeológica do aquífero fraturado. Instituto de Geociências- USP.95p. São Paulo, 1997. Dissertação de Mestrado.
- BASEI, M. A. S. *O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina*. USP/ Instituto de Geociências. 185 p. São Paulo, 1985. Tese de Doutorado.
- BIGARELLA, J. J. e SALAMUNI, R. Ocorrência de sedimentos continentais na região litorânea de Santa Catarina e sua significação paleoclimática. *Boletim Paranaense de Geografia*, nº 4, v. 5, p.179-187. Curitiba, 1961.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, P.L. e AB’SABER, A. N. Ocorrência de pedimentos remanescentes nas fraldas da Serra do Iquererim. *Boletim Paranaense de Geografia*, n. 4, v. 5, p. 82-93, Curitiba, 1961.
- BIGARELLA, J. J. & BECKER, R. D. – Topics for discussion. International SYMPOSIUM ON THE QUATERNARY SOUTHERN BRAZIL. n. 33, p.169 - 276. 1975.
- BLAUCHUT, T.J. Cadastre as a basis of general land inventory of the contry. In: *Cadastre: functions, characteristics, techniques and the panning of a land record system*. Canadá, National Council, 1974. p.01-21.
- BLAUCHUT, T.J.BLAUCHUT, T.J.; CHRZANOWSKI, A. e SAASTMOINEN, J.H. *Urban Survveying and mapping*. 372p. New York, Springer – Verlag, 1979.
- BOITEUX, J. “Caldas da Imperatriz (Aguas Termas Minero-Radioativas)”. Notas histórico- geográficas. In: *As Caldas da Imperatriz, Distrito de S. Amaro. Município de Palhoça*. Estado de Santa Catarina. Arrendatários: Virgilio Mouro & Cia. Ltda. Florianópolis, 1932.
- BORGES, S.F. *Características Hidroquímicas do Aquífero Freático do Balneário Campeche, Ilha de Santa Catarina – SC*. Área de Concentração em Utilização

e Conservação de Recursos Naturais. Curso de Pós Graduação em Geografia, UFSC. Florianópolis, 1996. Dissertação de Mestrado.

BORTOLUZZI, C. A.; PICCOLI, A.E.M.; BOSSI, B.E.; SOMMER, M.G. e CORREA DA SILVA, L.C. Pesquisa Geológica da Bacia Carbonífera de Santa Catarina (considerações sobre a estratigrafia, sedimentologia, paleontologia e petrografia dos carvões). *Pesquisas*. Instituto de Geociências, UFRGS. n.11, p.33-192. Porto Alegre, 1978.

BORTOLUZZI, C. A., AWDZIEJ, J. e ZARDO, S. M. Geologia da Bacia do Paraná em Santa Catarina. In: Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina. 11º Distrito do DNPM; Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria de Ciências e Tecnologia, Minas e Energia. Florianópolis, 1987.

BREJIN, C.A. de. Integrating emerging low-cost technologies in a mapping and geoinformation system for urban planning in developing countries. *GIS Technical papers*, V. 3, ACSM-ASPRS Annual Convention, 1986.

BRITO NEVES, B.B.; SILVA, A. B. da; ALBUQUERQUE, J. do P. T. de e FONTES, C. A. Geologia e Províncias Hidrogeológicas de Santa Catarina. In: *Mineração e Metalurgia*, nº416. Rio de Janeiro, 1979.

CALDASSO, A.L.S.; KREBS, A.S.J. e SILVA, M.A.S. *Projeto Brusque-Botuverá*. Programa Levantamentos Básicos. DNPM/CPRM. Porto Alegre, 1995.

CARRARO, C. C.; ISSLER, R. S. e FORMOSO, M. L. L. Mapeamento do Distrito Alcalino de Altos do Rio Pinheiros, Santa Catarina. Convênio UFRGS/ILM. Porto Alegre, 40 p. (Rel. Inédito), 1964.

CARUSO, F. G. Jr. Geologia do Cenozóico de Santa Catarina. In: DNPM/CRM - Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina. n.1. Texto e Explicativo e Mapa. Florianópolis, 1987.

- CASTANY, G. *Tratado Prático de aguas subterráneas*. Ed. Omega, Barcelona, 1973.
- CASTRO, E.C. e CASTRO, V. H. S. *Geologia da Quadrícula de Laguna*, Santa Catarina. V.1, DNPM. Porto Alegre, 1969. (inédito).
- CETESB. *Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição*. 298 p., São Paulo, 1969.
- COSTA, WALDIR DUARTE e COSTA, WALTER DUARTE - Disponibilidades Hídricas Subterráneas na Região Nordeste do Brasil. *A Água em Revista*, Revista Técnica e Informativa da CPRM, Ano V, n. 9, Novembro, 1997, p. 47-59, Rio de Janeiro, 1997.
- COSTA, W.D. Avaliação de Reservas, Potencialidade e Disponibilidade de Aquíferos. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, *Anais*. v.1, p.1-11. São Paulo, 1998.
- CUSTODIO, E. e LLAMAS, M. R. *Hidrologia Subterránea*. 2ª edição. 2v. il. Ed. Omega, Barcelona, 1983.
- CUSTODIO, E. Principios básicos de química y radioquímica de aguas subterráneas. In: CUSTODIO, E. e LLAMAS, M. R. *Hidrologia Subterránea*. 2ª edição. 2v. il. Ed. Omega, Barcelona, 1983.
- DAITX, E.C. *Projeto Guaratubinha-Piên*. BRASIL. Convênio DNPM/CPRM. São Paulo, 184 p. (Rel. Inéd.). 1979.
- D'ELBOUX, C. V. ; TAVARES, J. R. P. e PAIVA, I. B. Proposição de modelo mineralizador básico-alcalino para pesquisa mineral na região meridional do escudo pré-cambriano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, *Anais*. Salvador, 1982.

- DAEMON, R.F. e QUADROS, L.P. Bioestratigrafia e palinologia do Paleozóico Superior da Bacia Do Paraná. Brasil. Petrobrás/Desul. Ponta Grossa (Rel.Interno), 384p. 1969.
- DUTRA, E.B. Reconhecimento Topográfico e Geológico no Estado de Santa Catarina. Brasil. DNPM/SGM. *Boletim nº21*, p.31-56. Rio De Janeiro, 1926.
- DNPM/ABINAM - *Água Mineral do Brasil*. Retrato Histórico da Indústria Engarrafadora. Ed. Arte & Ciência, 1996.
- DNPM/CRM. Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina. n.1. Texto Explicativo e Mapa. Florianópolis, 1987.
- DNPM/MME. *Mapa Hidrogeológico do Brasil*. Escala: 1:5.000.000. Brasília, 1983.
- DNPM. *Sumário Mineral*. Brasília, 1999.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p. Il.
- FENZEL, N. *Introdução à Hidrogeoquímica*. Universidade Federal do Pará, 1986. 189p. il.
- FERREIRA, A. C. e ALMEIDA, T., I., R. de. Tectônica Transcurrente e Imagens TM-LANSAT Aplicadas à Prospecção de Fluorita e Barita em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 19, v. 2, p. 207-223. São Paulo, 1989.
- FETTER. C. W. *Applied Hydrogeology*, University of Wisconsin- Oshkosh, New Jersey, 1994.
- FOSTER, S. S .D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. vulnerability of soil and groundwater to pollutants. *TNO Committee on Hidrological Research Information*, n.38. 1987.

- FOSTER, S. *Groundwater Protections Strategy: Is European Experience Relevant to Latin America* In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Anais. Vol. 1, 1-11. São Paulo, 1998.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R. e ROCHA, G. A. Riscos de poluição das águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional - in: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. *Anais*. p.175-185. São Paulo, S.P., 1988.
- FOSTER, S.S.D. e HIRATA, R. Grounwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/CEPIS. 1991.
- FOSTER, S; VENTURA, M. e HIRATA, R. Poluição das Águas Subterrâneas. Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente - Instituto Geológico. Tradução: Ricardo Hirata. São Paulo, 1993. 55 p.
- FRAENCKL, M.O. *Curso de Prospecção de Minerais Radioativos*. NUCLEBRÁS. Rio de Janeiro, 1976.
- FREITAS, M, A., CALDASSO, A. S. e DIAS, A.A. Comportamento aquífero das vulcânicas da Bacia do Paraná no oeste catarinenses (No Prelo).
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V. e VIANNA, R.B. Compartimentação e Evolução Tectônica da Bacia do Paraná. In: GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ – Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em Hidrocarbonetos. São Paulo. PAULIPETRO. Consórcio CESP/IPT, p. 75- 115. São Paulo, 1982.
- FURTADO, S. M. A. e SCHEIBE, L. F. Geologia dos Complexos Alcalinos Mesozóicos de Santa Catarina. In: Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina. 11º Distrito do DNPM; Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria de Ciências e Tecnologia, Minas e Energia. Florianópolis, 1987.

- GORDON JR., M. – Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. BRASIL. DNPM/DGM. **Notas preliminares e estudos**. n.38 p.1-20. Rio de Janeiro, 1947.
- GUEDES, JR., A. *Mapeamento Hidrogeológico da Ilha de Santa Catarina Utilizando Geoprocessamento*. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC. 114p. Florianópolis, 1999. Dissertação de Mestrado.
- HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C. e ORLANDI FILHO, V. - O Complexo Granulítico de Santa Catarina – Descrição e Implicações Genéticas. **Acta Geológica Leopoldensia**. v.3, n. p.93-112. São Leopoldo, 1979.
- HAUSSMAN, A. - Estudo das possibilidades de águas subterrâneas no Rio Grande do Sul. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1961.
- HORBACH, R.; MARIMON, R.G.; KUCK, L.; MOREIRA, H.L.; FUCK, G.; VIVIAN, O.; MARINHO, D.de A.; PIRES, J.de L.; MARIMON, M.P.G. e MOREIRA, M.L.O. Geologia. In: PROJETO RADANBRASIL, folhas Porto Alegre – SH.22, Logoa Mirin- SH.23 e Uruguaiana – SH.21. Salvador, 1983.
- INSTITUTO GEOLÓGICO *Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos: ocorrência e exploração*. Folha de Salto de Pirapora (SP). Escala 1:50.000. São Paulo: IG., 1990.
- INSTITUTO GEOLÓGICO *Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP)*. São Paulo: IG, 1991.3v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO *Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP)*. São Paulo: IG., 1993. 3v.
- IRATANI, M.A.; HASSUDA, S.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R.; TEIXEIRA, A.L.; NEGRI, F.A.; AZEVEDO, J.M.; ; GARDA, G.M. – Delimitação da Área de Recarga de Fontes em Aquífero Fraturado. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, *Anais*. Vol.1. São Paulo, 1998.

- SANTA CATARINA. GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (GAPLAN). Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas Geral. Rio de Janeiro, 1986.
- KAUL, P. F. T. O Cráton de Luiz Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 31. Balneário Camboriú. 1980. *Anais*. Sociedade Brasileira de Geologia. v. 5. p.2677- 2681. São Paulo, 1980.
- KAUL, P. F. T. *O Magmatismo na Serra do Mar e Adjacências (Sul do Brasil) No Final do Neoproterozóico e Seus Condicionantes Tectônicos*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. Tese de Doutorado.
- KAUL, P.F.T.; COITINHO, J.B.L; ISSLER, R.S.; BONOW, C.de W.; MOREIRA, M.L.; MARIMON, M.P.C.; MOREIRA, H.L.; SILVA, R.H.; MARINHO, D.de A. e TEIXEIRA, W. Geologia. In: IBGE. Folha SG.22- Curitiba, parte da folha SG. 21- Asuncion e folha SG. 23-Iguape. (no prelo).
- KAUL, P.F.T.; ISSLER, R.S.; FERNANDES, E.; BONOW, C. de W. e COITINHO, J.B.L.C. Suíte intrusiva serra do Mar; resultados preliminares. Projeto RADAMBRASIL. 15p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 560-G). Florianópolis, 1982.
- KLEIN, R.M; PASTORI, U. e COURA NETO, A. B. Vegetação. In: SANTA CATARINA. GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (GAPLAN). Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas Geral. Rio de Janeiro, 1986.
- LABASSE, J. *La organizacion del espaso*. Madrid, Malver, 1972.
- LAFUENTE, J. C. *Química del agua* - Talleres Gráficos Alonso, 2º ed. 447 p., 1981.

- LANCIA, C.A.; CAETANO, L.C.; ARAGÃO, J.M. *Água Mineral do Brasil – Resumo Histórico da Indústria Engarrafadora*. ABINA/DNPM, 1995.
- LANNA, A. E. L. *Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos* Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, 1995. 171 p. : il.
- LEIZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Bol. Fac. Fil. Ciên. Let.: Geologia*. 103 (5): 1-61. São Paulo, 1949.
- LOCH, C. *Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais a Nível Municipal* (utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto). Florianópolis. Ed. Da UFSC, Série Didática, 1990. 136 p.
- LOGAN, J. *Interpretação de análises químicas da água* - U. S. Agency for International Development. Tradução: Martins Lemos, A. Recife, 67 p, 1965.
- LOPEZ, A. I. & MARTINEZ, M. V. - *Pozos y Acuíferos*. Talleres Gráficos Ibergesa, 1988.
- MAACK, R. – Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados dos Paraná e Santa Catarina. *Arquivo de Biologia e Tecnologia*. Curitiba, 1947.
- MAIA NETO, R. F. - Água para o Desenvolvimento Sustentável. In: *A Água Em Revista*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 5:9- Novembro, p.21-32, Rio de Janeiro, 1997.
- MAIA NOBRE, M. de M. & MAIA NOBRE, R. C. - Aplicação de Modelagem Numérica no Programa de Remediação do Aquífero do Polo Cloroquímico de Alagoas. *Águas Subterrâneas*. ABAS. n. 15, dez. 1996, p.23-39. São Paulo, 1996.
- MANOEL FILHO, J. – Água Subterrânea, Histórico e Importância. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. – *Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p . Il.

- MELCHER, G. C.; COUTINHO, J. M. V. – Rochas Alcalinas e carbonatito de Anitápolis, Estado de Santa Catarina. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*. SBG. São Paulo, 1966.
- MELO, J. G. *Impacto do Desenvolvimento Urbano nas Águas Subterrâneas de Natal, RN*. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Tese de Doutorado.
- MELO, J. G. de; REBOUÇAS, A. C.; QUEIROZ, M. A. Contaminação de Águas Subterrâneas por Nitratos na Zona Sul de Natal, RN. *Águas Subterrâneas*. ABAS. n.15, dez. 1996, p.71-84. São Paulo, 1996.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA- MME / DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. *Mapa Hidrogeológico do Brasil*. Escala: 1:5.000.000. Brasília, 1983.
- MME/DNAEE *Disponibilidade Hídrica do Brasil*. Brasília, 1992.
- MENTE, A. e CRUZ, W.B. *Áreas de Proteção das Fontes de Água Mineral da Região de Lindóia e Serra Negra, São Paulo*. DNPM. Brasília, Fevereiro, 1998.
- MESTRINHO, S.S.P. – *Geoquímica e Contaminação de Águas Subterrâneas*. ABAS, Núcleo Recife/ DNPM. Recife, 1999.
- MORAES REGO, L.F. – Geologia do Petróleo no Estado de São Paulo. BRASIL. *Bol. Serv. Geol. Min.* (46): 105 p. Rio de Janeiro, 1930.
- MÜHLMANN, H.; SCHNEIDER, R. L.; TOMMAS, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. – Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. Departamento de Exploração e Produção. PETROBRÁS/DESUL, Relatório Interno, 189 p. , Ponta Grossa 1974.

- NOGUEIRA, P, de C. Estudo sobre a fonte de agua mineral "São Jorge" em Valões- Município de Pôrto União- Santa Catarina. *Revista de Engenharia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. n.27, 88-91p. dezembro de 1951.
- ODA, G. H. et al - Geometria dos Aquíferos e Circulação das Águas Subterrâneas no Município de Campinas. *Cadernos IG/UNICAMP*, V. 6, n. 2, Dezembro, 1996. p.3-36, Campinas-SP., 1996.
- OLIVEIRA, E. *Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamento de tanques de armazenamento subterrâneos*. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992. Dissertação de Mestrado.
- REBOUÇAS, A.C. *Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia do Paraná*. Análise de Pré-Viabilidade. Universidade Federal de São Paulo. 143p. São Paulo, 1976. Tese de Livre Docência.
- RODRIGUES, E. P. *O Complexo Alcalino de Anitápolis: um estudo petrológico*. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 173 p. São Paulo, 1985. Dissertação de Mestrado.
- SANDIZ, P.S. Considerações sobre Fluoretos em Águas e Aspectos Relativos à Legislação. *Água Mineral – Fontes, Distribuição e Consumo*. Agosto/Setembro, São Paulo, 1998.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. – *Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p. Il.
- SCHOELLER, H. *Les Eaux Souterraines*. Paris: Mason e Cie. 1962.
- SCHEIBE, L. F. *Geologia e Petrologia do Distrito Alcalino de Lages, SC*. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 224p. São Paulo, 1986. Tese de Doutorado.

- SCHEIBE, L.F.; TEIXEIRA, V.H. *Mapa Topogeológico da Ilha de Santa Catarina*. DNPM. Porto Alegre, 1970.
- SERFATY, S. Planos Diretores de Abastecimento d'Água - Contribuição à sua Implantação. *A Água Em Revista*. Revista Técnica Informativa da CPRM. Ano II n. 4, Fevereiro, 1995.
- SETTI, A. A. *A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis*. Brasília, 1994. 344 p.
- SILVA, L.C.; DIAS, A.A. O Segmento Mediano e Setentrional do Escudo Catarinense: II – Organização e Evolução Geotectônica. *Acta Geológica Leopoldensia*. São Leopoldo, 5 (10): 235- 265. São Leopoldo, 1981.
- SILVA, L. C. O complexo Metamórfico de Brusque e a Seqüência Vulcano-Sedimentar Rio Itajaí-Mirim (SC): uma revisão. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1, Porto Alegre, 1983. *Atas*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo RS/SC/PR. 1983.
- SILVA, L.C. Geologia do Pré-Cambriano / Eopaleozóico de Santa Catarina. In: SILVA, L.C.; BORTOLUZZI, C.A. – Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina 11º Distrito do DNPM; Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria de Ciências e Tecnologia, Minas e Energia. Florianópolis, 1987.
- SILVA, L.C.; BORTOLUZZI, C.A. Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina 11º Distrito do DNPM; Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria de Ciências e Tecnologia, Minas e Energia. Florianópolis, 1987.
- SCHULZ JR, A.; ALBUQUERQUE, L.F. – *Geologia da Quadricula de Rio do Sul, Santa Catarina*. Brasil. DNPM, Porto Alegre, 1969.

TRAININI, D.R.; DIAS, A.A.; KREBS, A.S.J.; SOUZA, E.C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J.A.; SILVA, L.C.; SILVA, M.A.S. *Projeto Vidal Ramos-Biguaçu*. BRASIL. Conv. DNPMP/CPRM. 303 p. Porto Alegre, 1978. (inédito).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. *Handbook Ground Water and Wellhead Protection*. Washington, 1994.

UNITED NATIONS. *GWW Grounwater Software for Windows – User's Manual*. United Nations Department for Development Support and Managements Services. Natural Resources and Environmental Planning and Management Branch. New York, 1994.

WHITE, I. C. *Relatório "coal mesures e rochas associadas no sul do Brasil"*. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. (parte 1), p. 1 – 300. Rio de Janeiro. Brasil. 1908.

ZALÁN, P. V. Identificação de Falhas Transcurrentes em Seções Sísmicas. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 16, v. 3, p. 258-265. São Paulo, 1986.

ZALÁN, P. V. ; CONCEIÇÃO, J. C. J.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUIRA, J. R.; ZANOTTO, O. A.; PAUMER, M. L.; MARQUES, A. Análise da Bacia do Paraná. BRASIL. PETROBRÁS/CENPES. Rio de Janeiro, 186 p. il. 1986.

ZANNINI, L.F.P.; BRANCO, P.M.; CAMOZATTO, E.; RAMBGRAB, G. Folha Florianópolis e Lagoa. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Porto Alegre, 1997.

APÊNDICE 1
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS MINERAIS

FONTE	Q(m ³ /h)	T(°C)	rad.	pH	cond.(mhos/cm)	P.Osm	Ab.Crios.	R.Ev.(180°C)	D.T.(CaCO ₃)
Caldas I e 2	20,0	39,8	32,87	6,6	9,54x10 ⁻⁵	3,38	3,35	88,14	29,03
Figueira	7,70	38,5	32,18	6,8	8,8x10 ⁻⁵	2,67	2,64	75	20,09
Piscina	1,58	38,2	35,87	7,2	1,02x10 ⁻⁴	3,1	3,07	84	25,1
Plaza	6,80	41	46,37	7,1	1,20x10 ⁻⁴	386,08	0,0382	125	27
Ag. Mornas 1	7,80	37	6,89	6,25	9,65x10 ⁻⁵	3,22	3,24	64	25,05
Ag. Mornas 2	35,0	35	4,2	6,4	8,5x10 ⁻⁵	3,21	3,23	53	25,55
Chua 1	1,80	40	19,3	6,5	10,60x10 ⁻⁵	32,81	0,0032	86	23,5
Chua 2	6,37	38	23,5	6,8	10,65x10 ⁻⁵	32,79	0,0032	96	24
Crystal	29,80	40,1	15,4	6,62	9,24x10 ⁻⁵	3,56	3,53	87,66	24
Baden-Baden	60,00	31,5	28,45	6,84	1,23x10 ⁻⁴	3,87	3,83	97,2	25,42
Sta. Catarina	15,00	37	7,29	7,0	8,15x10 ⁻⁵	2,65	2,68	45	15,63
Verani	1,00	21	0,1	5,7	1,8x10 ⁻⁴	6,35	6,29	130,3	26,92
Fontes do Sul	1,35	21,8	15,37	6,75	1,04x10 ⁻⁴	3,07	3,04	89,15	21
Nádia Amin	9,00	22,4	14,17	5,8	1,1x10 ⁻⁴	3,81	3,77	96,7	18,72
Gravatal	144,00	36	19,17	8,0	1,2x10 ⁻⁴	3,49	3,46	61	23,34
Sta. Terezinha	21,24	35,8	9,09	6,81	1,09x10 ⁻⁴	3,25	3,21	72	23,51
Guarda 1	20,83	37,8	50,52	6,09	8,7x10 ⁻⁵	3,04	3,01	52	12,7
Guarda 2	5,54	36	35,48	6,01	7,11x10 ⁻⁵	2,91	2,88	51	13,2
Guarda 3	5,83	38,4	46,12	5,75	9,40x10 ⁻⁵	3,33	3,29	58	16,04
Rio do Pouso	34,43	37	15,56	6,99	1,60x10 ⁻⁴	6,54	6,54	111,07	41,08
São Pedro	54,26	32,2		7,4	8,25x10 ⁻⁵			498	11*
Urca	36,00	27,1	0,93	7,8	1,0x10 ⁻⁴	3,36	3,33	73	24,85
Mineral 1	20,00	37,9	31,38	6,11	6,19x10 ⁻⁵	1,81	1,8	53,24	7,81
Mineral 2	20,00	35,6	34,25	6,02	6,12x10 ⁻⁵	1,68	1,67	50,2	8,21
S. Bonifácio 1	12,00	27,2	41,89	6,35	5,64x10 ⁻⁵	2,37	2,35	40,4	12,18
S. Bonifácio 2	11,00	28,5	34,4	6,45	5,84x10 ⁻⁵	2,26	2,24	38,6	14,48
S. Bonifácio 3	10,20	26,1	29,79	6,3	5,67x10 ⁻⁵	2,48	2,46	42,1	13,55
S.R. de Lima 1	2,50	25,4	44,51	6,87	7,2x10 ⁻⁵	2,09	2,07	50,6	14,91
S.R. de Lima 2	15,00	35,1	29,2	6,57	7,1x10 ⁻⁵	1,91	1,89	53	17,71
Avila	2,03	21	5,44	5,4	1,25x10 ⁻⁵	315,45	0,031	68	13,2
S. J. do Sul	8,60	40		7,84	3,02x10 ⁻²	376,36	372,67	5.970,19	430
Arribá 1	3,00	20	2,1	6,1	1,65x10 ⁻⁴	5,56	5,51	114,8	48,09
Arribá 2	1,60	22	0,78	7,2	3,5x10 ⁻⁴	10,87	10,87	231,85	142,78
Atalaia	2,40	21,4	3,79	6,9	2,7x10 ⁻⁴	8,69	8,61	169,5	103,11
São Marcos	66,00	22	0,07	7	4,6x10 ⁻⁴	16,42	16	280	209,41
Canhanduba	9,00	20,4	1,9	6,68	1,31x10 ⁻⁴	3,97	3,93	82	54,45
Brilhante	3,00	19,8	17,77	5,7	5,4x10 ⁻⁵	1,7	1,68	48,5	9,51
Carolina 1	3,80	20,4	2,38	6,27	8x10 ⁻⁵	2,68	2,65	77	25,88
Carolina 2	9,00	21,3	1,72	6,64	8,44x10 ⁻⁵	2,79	2,76	63,5	23,53
Sta. Luzia	12,60	18	3,54	7,31	3,4x10 ⁻⁴	14,51	14,37	245,07	180
Limeira 1	1,10	19,8	19,5	6,27	6,57x10 ⁻⁵	2,16	2,14	63,56	11,02
Limeira 2	1,70	18,6	6,31	6,42	9,83x10 ⁻⁵	2,86	2,83	78,14	24,25
Iinga	0,47	24	0,21	6,4	8,65x10 ⁻⁵	2,9	0	69,13	21,54
Ag. de Chapecó	20,00	34,2		8,3	9,6x10 ⁻⁴	347,94	0,034	656	
Ag. de Prata 1	28,50	36	1,31	9,2	1,1x10 ⁻³	2360,85	0,2337	510,4	13,49
Ag. de Prata 2	15,00	29	0	8,68	8,92x10 ⁻⁴	29,01	28,73	555,6	13,4
Ilha Redonda	40,00	37,4	1,19	8,5	1,9x10 ⁻³	59,59	52,08	995,5	20
Piratuba	350,00	38	0,53	8,7	1,7x10 ⁻³	2850,75	0,2822	892,77	7,01
Doble "W"	7,90	19	2,56	8,8	3,10 ⁻⁴	1224,82	0,1212	201,9	14,03
Nova Trento	21,40	23	12,94	8	10,43x10 ⁻⁴	3372,54	0,3339	565,5	56,11
Trombudo	0,45	19	0,21	7,6	3,65x10 ⁻⁴	1241,18	0,1229	224	108,32
Fahdu	7,20	18,8	1,38	7,9	1,24x10 ⁻⁴	5,74	5,68	116,77	50,7

FONTE	Mg	Ca	K	Na	Li	HCO3	Cl	F	SO4	Br	P	CO3
Caldas 1 e 2	3,06	6,37	4,6	8,71	0	55,17	2,64	0,96	1,23	<0,02	<0,02	0
Figueira	0,97	6,41	3,45	7,78	0,01	39,41	2,92	0,86	1,27	<0,02	<0,02	0
Piscina	1,21	8,01	3,65	8,6	0,01	48,49	2,73	0,9	1,33	<0,02	<0,02	0
Plaza	1,81	7,81	4,3	12,5	0	52,72	8,76	0	3,63	0	0	0
Ag. Mornas1	1,21	8,01	5,2	8,61	0	54,4	3,04	0,27	0	0	0	0
Ag. Mornas2	1,94	7,01	4,4	8,75	0	54,4	3,22	0,21	0	0	0	0
Chuá1	1,6	6,7	3,8	10	0	50,2	3,4	1,1	0	0	0	0
Chuá2	1,6	6,9	3,8	10	0	49	3,6	1	1,3	0	0	0
Crystal	1,49	6,33	3,72	9,4	0,014	44,89	3,48	1,17	1,2	0,02	0,11	0
Baden-Baden	1,6	7,41	4,1	13	0,02	57,31	3,67	1,53	1,53	0,02	<0,02	0
Sta.Catarina	1,1	4,36	5,8	8	0	36,7	4,09	1,03	1,1	0,04	0	0
Verani	5,88	1	3,3	29,13	0	35,23	39,17	0,12	8,86	0	0	0
Fontes do Sul	1,33	6,21	0,9	11,21	0,007	40,41	4,57	0,11	4,04	0,02	0,18	0
Nádia Amin	1,79	3,96	3,3	13,6	0,003	22,58	11,92	0,06	1,01	0,06	0,14	0
Gravatal	1,82	6,21	4,2	11,6	0	38,74	9,14	0,72	2,91	0,04	0,15	0
Sta.Terezinha	1,55	6,8	4,1	10	0,008	41,01	6,53	0,33	2,55	0,04	0,48	0
Guarda1	1	3,4	4,8	12	0	28,8	9,23	0,7	2,76	0,05	0	0
Guarda2	1	3,6	4,8	11	0	27,14	9,05	0,69	2,68	0,05	0	0
Guarda3	1,2	4,4	5,8	12	0	34,8	9,25	0,8	2,51	0,05	0	0
Rio do Pouso	2,43	14,02	5,4	22	0,01	87,41	11,27	2,79	3,64	0	0	0
São Pedro	2	42,2	2,7	131,4	traços	136,9	114,1		118,3	0	traços	3,7
Urca	2,19	6,33	3,6	10,4	0	46,06	5,57	0,27	2,02	0,24	0,24	0
Minerale1	0,79	1,33	3,55	7,06	<0,001	14,02	7,42	0,065	1,38	0,03	<0,02	0
Minerale2	0,76	1,26	3,4	6,42	<0,001	11,68	7,83	0,053	1,35	0,04	<0,02	0
S.Bonifácio1	1,11	3,76	5,37	6,87	0,005	33,59	3,25	0,44	0,94	0,03	0,12	0
S.Bonifácio2	1,15	3,86	5,31	6,04	0,005	32,7	2,75	0,5	0,98	0,02	0,1	0
S.Bonifácio3	1,03	3,69	6,08	7,32	0,004	34,15	3,61	0,61	1,03	0,02	0,18	0
S.R.de Lima1	1,23	3,9	3,9	5,7	<0,001	25,21	3,68	0,153	1,24	<0,02	<0,02	0
S.R.de Lima2	1,36	4,8	3,55	5,1	<0,001	24,4	2,52	0,309	1,33	<0,02	<0,02	0
Avila	2,05	1,6	4,4	13,2	0	21,17	16,02	0	6,12	0	0	0
S.J.do Sul	3,79	1.207	195	799,65	3,11	12,86	3.210,06	8,59	452,5	41,44	<0,02	0
Arribá1	7,41	7,01	3,8	15,11	0	54,44	24,67	0,16	3,92	0	0,74	0
Arribá2	14,48	36,03	3	14,5	0	195,35	12,43	0,28	4,75	0	0	0
Atalaia	8,89	27,49	1,4	18,33	0	121,16	22,42	0,04	14,27	0,12	0	0
São Marcos	29,6	55	0	13,4	0	274,5	38	0,07	4,67	0,1	0	0
Canhanduba	7,06	9,92	1,2	5,6	0,004	62,68	7,65	0,1	2,11	0,04	0,09	0
Brilhante	1,61	1,26	1,3	6,6	0,001	12,84	7,54	<0,001	1,87	0,03	<0,02	0
Carolina1	3,46	4,92	1,2	6,9	<0,001	42,31	3,6	0,19	1,64	0,03	0,16	0
Carolina2	2,276	5,603	1,2	8,8	<0,01	44,96	2,73	0,12	2,05	0,03	0,3	0
Sta.Luzia	10,18	42,54	1,15	18,3	0,009	192	19,44	0,38	3,6	0,07	<0,022	0
Limeira1	1,22	2,07	1,55	8,57	0,007	23,3	6,21	0,01	1,56	0,05	0,04	0
Limeira2	2,53	5	1,5	9,2	0,005	32,98	10,21	0,14	1,49	0,06	0,018	0
Itinga	1,94	5,41	1,54	9,6	0	39,65	6,41	0	0	0	2,73	0
Ag.de Chapecó	1	2,1	1,5	234	0	143,4	145		141,5	0	traços	30
Ag.de Prata1	0,19	4,2	1,5	170	0,03	148,86	3,9	1,35	215,69	0	4	14,28
Ag.de Prata2	0,32	4,61	1,8	192,57	0,03	107,87	127,18	1,35	148,05	0	0	5,4
Ilha Redonda	1,23	6,01	2,2	360	0,1	176,29	196,88	1,41	337,7	0,37	0	15,86
Piratuba	0,36	2,2	1,52	350	0,03	481,90	166,74	0,15	36,68	0	0	36
Doble"W"	0,65	4,89	0,6	75	0,01	166,43	0,12	0	0	5,09	2,26	20,95
Nova Trento	1,46	19,83	5,1	195	0,2	264,4	137,2	3,2	38,18	0	0	118,06
Trombudo	16	16	1	39,68	0	226,38	4,8	0,34	0	0	0	4
Fahdu	1,48	17,48	0,3	12,77	<0,001	86,1	0,301	<0,005	0,76	<0,02	0,15	2,49

FONTE	N am.	N alb.	NO2	NO3	SiO2	Fetot.	Mn	Al	Sr	Ba
Caldas 1 e 2			<0,02	0,76	32,95	<0,005	<0,001	<0,02	0,02	0
Figueira	0	0	<0,005	1,67	30,42	0,02	0	0,12	0,02	<0,005
Piscina	0	0	<0,005	1,35	32,83	<0,005	<0,001	<0,01	<0,02	<0,005
Plaza	0	0	0	0,35	60	0,01	0	0	0	0
Ag. Mornas1	0	0	0	1	26	0,13	0,02	0,04	0,02	0,03
Ag. Mornas2	0	0	0	1	24,8	0,07	0	0,06	0,02	0,06
Chua1	0,03	0,1	0	1,5	34	0	0	0		
Chua2	0,04	0,05	0	1,5	41	0	0	0		
Crystal	<0,005	<0,005	<0,005	1,36	16,86	0,004	0,1	<0,02	0,03	0,02
Baden-Baden	0	0	0,008	1,3	34,16	<0,003	<0,0005	0,03	0,03	<0,0005
Sta Catarina	0	0	0	0,63	17,4	0,05	0	0,05	0	0
Verani	0	0	0	1	24	0,01	0,03	0,01	0,05	0,15
Fontes do Sul	0	0	<0,005	3,02	37,19	<0,005	<0,001	<0,01	0,052	0,125
Nádia Amin	0	0	0,005	17,9	14,23	0,046	0,024	<0,02	0,07	0,09
Gravatal	0	0	0	4,82	25,2	0,03	0	0,02	0,02	0
Sta.Terezinha	0	0	<0,02	4,34	14,68	<0,00	<0,001	<0,02	0,025	0,017
Guarda1	0	0	0	4,35	12,4	0,04	0	0,02	0	0,02
Guarda2	0	0	0	4,4	17,8	0,03	0,01	0,02	0	0,02
Guarda3	0	0	0	3,92	16,2	0,05	0,01	0,02	0,01	0,02
Rio do Pouso	0	0	0	1,47	4,27	0,04	0	0,3	0,03	0
São Pedro	traços	traços	0,1	traços	26,4	0,1	0	1,6		
Urca	0	0	0	4,26	15,5	0	0	0	0,03	0,02
Minerale1	0	0	<0,005	3,62	9,85	<0,001	<0,001	<0,02	0,006	0,011
Minerale2	0	0	<0,005	3,05	9,48	<0,001	<0,001	<0,02	0,006	0,011
S.Bonifácio1	0	0	<0,02	1,73	23,43	<0,003	<0,0005	0,02	0,02	0,0035
S.Bonifácio2	0	0	0,03	1,5	24,9	<0,003	<0,0005	0,02	0,02	0,0015
S.Bonifácio3	0	0	<0,02	1,5	25,89	<0,003	<0,0005	0,02	0,02	0,0022
S.R.de Lima1	0	0,08	<0,005	5,82	12,34	<0,001	<0,001	0,02	0,02	0,034
S.R.de Lima2	0	0	<0,005	9,31	12,71	<0,001	<0,001	0,03	0,02	0,015
Avila	0	0	0,005	0,67	25,4	0,15	0,05	0,03	0,01	0,08
S.J.do Sul	0,00	0,00	0	0,23	9,88	<0,007	0,692	0,893	19,34	0,22
Ariribá1	0	0	0	1,32	23,3	0,02	0	0,04	0,04	0,06
Ariribá2	0	0	0	1,98	46,55	0,03	0	0,04	0,04	0,06
Atalaia	0	0	0,005	1,37	14	<0,004	0,26	0,05	0,16	0,03
São Marcos	0	0	0	2,37	24,4	0,01	0	0	0,01	0,03
Canhanduba	0	0	<0,02	3,47	6,64	<0,002	<0,002	<0,05	0,021	0,027
Brilhante	0	0	0	3,39	18,4	<0,003	<0,0005	<0,01	0,02	0,02
Carolina1	0	0,12	0	1,3	32,21	<0,003	<0,0005	0,02	0,06	0,05
Carolina2	0	0	<0,02	0,77	19,91	<0,004	<0,002	<0,1	0,049	0,067
Sta.Luzia	0,422	0,06	<0,005	0,03	22,21	3,92	0,42	<0,02	0,2	0,06
Limeira1	0	0	<0,005	1,32	13,61	0,001	<0,001	<0,02	<0,01	0,033
Limeira2	0	0	<0,005	1,55	14,13	<0,001	<0,001	<0,02	0,028	0,035
Itinga	0	0,2	0	0,1	23,2	0,02	0	0,01	0,06	0,08
Ag.de Chapecó		0,07	presença	0	13,6	traços	0	traços		
Ag.de Prata1	0,09	0,21	<0,005	0,15	20,12	0,11	0	0,01	0,19	0,02
Ag.de Prata2	0	0	0	0	20	0,01	0	0,05	0,19	0,02
Ilha Redonda	0,23	0,03	0	0,1	18,01	<0,01	0,011	0,03	0,29	0,03
Piratuba	0,11	0,11	0	0	15,4	0,12	0	0,03	0,13	0,06
Doble" W"	0,04	0	<0,01	0	8,5	0,2	0,02	0,05	0,13	0,08
Nova Trento	0,06	0,06	<0,005	0	13,4	0,15	0,05	0,08	0,6	0,04
Trombudo	0,02	0	0	0	35,4	0,03	0,17	0,02	0,13	0,3
Fahdu	0,025	0,022	<0,005	1,33	17,16	<0,002	<0,001	<0,1	0,001	<0,002

FONTE	NH ₃	Cd	Pb	As	Sc	Se	Cu	Zn	B	Co	Cr
Caldas 1 e 2	0	<0,002	<0,05				<0,10	0,01			
Figueira	0	0	0,01				0	0			
Piscina	0	<0,005	<0,0025				0,002	<0,0025			
Plaza	0										
Ag. Mornas1	0	0	0				0,02	0,01			
Ag. Mornas2	0	0	0,03				0,01	0			
Chuá1	0										
Chuá2	0										
Crystal		<0,005	<0,02	<0,02	<0,001	<0,05	<0,002	0,155	<0,01	<0,002	0,004
Baden-Baden	0	<0,001	<0,02				0,016	0,004	<0,02	<0,004	<0,004
Sta.Catarina	0	0	0				0,1	0,03			
Verani	0	0	0				0	0,02			
Fontes do Sul	<0,02	<0,0005	<0,002				0,002	0,005			
Nádia Amin	0	<0,005	<0,02				0,004	0,61	0,04	0,003	<0,002
Gravatal	0	0	0				0,02	0,02			
Sta.Terezinha	0	<0,01	<0,02				<0,002	<0,002	<0,01	0,017	<0,002
Guarda1	0	0	0				0	0,01			
Guarda2	0	0	0				0	0,01			
Guarda3	0	0	0				0	0,01			
Rio do Pouso	0	0	0				0	0			
São Pedro	0,1										
Urca	0	0	0				0	0			
Minerale1	<0,05	<0,005	<0,02				<0,002	0,15	<0,01	0,003	0,002
Minerale2	<0,05	<0,005	<0,02				<0,002	0,365	<0,01	<0,002	<0,002
S.Bonifácio1	0	<0,001	<0,02				<0,004	<0,002	<0,08	<0,004	<0,004
S.Bonifácio2	0	<0,001	<0,02				<0,004	0,015	<0,08	<0,004	<0,004
S.Bonifácio3	0	<0,001	<0,02				0,021	<0,002	<0,08	<0,004	<0,004
S.R.de Lima1	0	<0,005	<0,02				<0,002	<0,002	<0,01	0,005	<0,002
S.R.de Lima2	0	<0,005	<0,02				<0,002	<0,002	<0,01	0,011	<0,002
Ávila	0	-	-				-	-	-	-	-
S.J.do Sul	0	<0,005	0,08				<0,007	0,021	1,872	<0,005	<0,005
Aribá1	0	0	0,02				0	0,02			
Aribá2	0	0	0				0	0,09			
Atalaia	0	<0,005	0,01				<0,007	0,015	<0,02(B)	<0,005	<0,005
São Marcos	0	0	0				0,04	0,13			
Canhanduba	0	<0,001	<0,02				<0,005	0,003	<0,01(B)	<0,005	<0,01
Brilhante	0	<0,001	<0,02				0,011	0,005	<0,02	<0,004	<0,004
Carolina1	0	<0,001	<0,02				0,019	<0,002	<0,02	<0,004	<0,004
Carolina2	0	<0,005	<0,05				<0,007	0,009	<0,02 (B)	<0,005	<0,002
Sta.Luzia		<0,005	<0,02	<0,02	0,2	<0,05	<0,002	0,032	<0,01	<0,002	<0,002
Limeira1	0	0,01	<0,02				<0,002	<0,002	0,01	0,004	<0,002
Limeira2	0	<0,005	<0,02				0,002	<0,002	0,02	0,007	<0,002
Itinga	0	0	0				0	0			
Ag.de Chapecó	traços										
Ag.de Prata1	0,09	0	0				0	0,12			
Ag.de Prata2	0	0	0,01				0,01	0,04			
Ilha Redonda	0,22	<0,001				<0,02	<0,005	0,009	2,93	<0,002	<0,002
Piratuba	0,06	0	0				0	0			
Doble"W"	0,04		0,01				0	0,01			
Nova Trento	0,06	0,03	0,01				0,02				
Trombudo	0,02										
Fahdu		<0,001	<0,005	<0,01	0,001	<0,005	<0,01	<0,001	0,013	<0,002	<0,02

FONTE	Sn	Ni	Mo	Ti	W	V	Ga	In
Caldas 1 e 2								
Figueira								
Piscina								
Plaza								
Ag. Mornas1								
Ag. Mornas2								
Chuá1				0				
Chuá2				0				
Crystal	0,03	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,005		
Baden-Baden		<0,01	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	0,09	<0,03
Sta.Catarina								
Verani								
Fontes do Sul								
Nádia Amin	<0,01	<0,01	0,002	<0,002	0,011	<0,005		
Gravatal								
Sta.Terezinha	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,01	<0,01		
Guarda1								
Guarda2								
Guarda3								
Rio do Pouso								
São Pedro								
Urca								
Minerale1		<0,01	<0,01	<0,002	0,012	<0,005		
Minerale2		<0,01	<0,01	<0,002	0,006	<0,005		
S.Bonifácio1		<0,01	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	<0,04	<0,03
S.Bonifácio2		<0,01	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	<0,04	<0,03
S.Bonifácio3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	<0,04	<0,03
S.R.de Lima1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	0,006	<0,005		
S.R.de Lima2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	0,007		
Ávila	-	-	-	-	-	-		
S.J.do Sul		0,04	<0,005	<0,02	0,042	0,016		
Arribá1								
Arribá2								
Atalaia		<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<0,04		
São Marcos								
Canhanduba	<0,1	<0,01	<0,005	<0,02	<0,05	<0,05		
Brilhante		<0,001	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	<0,04	<0,03
Carolina1		<0,01	<0,01	<0,002	<0,02	<0,005	0,06	<0,03
Carolina2	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,04	<0,01		
Sta.Luzia	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,005		
Limeira1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,005		
Limeira2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	0,005		
Itinga								
Ag.de Chapecó				traços				
Ag.de Prata1								
Ag.de Prata2								
Ilha Redonda		<0,02	0,017	<0,005	<0,02	<0,05		<0,02
Piratuba								
Doble" W"								
Nova Trento								
Trombudo								
Fahdu	0,01	<0,002	<0,005	<0,05	<0,01	<0,02	<0,001	

APÊNDICE 2
PADRÕES DE POTABILIDADE

Parâmetro	Decr.12.486 de 20/10/76 NTA - 60 SP.				Port.56/MS. de 13/03/77	
	Unidade	Abast.Púb.	Fontes	Poços	V.M.D.	V.M.P.
pH		5,0 - 9,0	4,0 - 10,0	5,0 - 10,0		
OD	mg/l O ₂					
DBO	mg/l O ₂	2,5	2	3,5		
Turbidez	UNT	2,0 - 5,0	5	10	1	5
Sólidos Suspensos.	ppm					
Cor	mg/Pt/l	10,0 - 20,0	5	30	5	20
Mat.Flutuante						
Óleos e Graxas						
Odor e Gosto		isento/leve Cl	nenhum	nenhum	não objet.	não objet.
Corantes Art.						
Subst.que formam dep.						
Alumínio	mg/l				0,05	0,1
Amônia	mg/l N					
Amônia não ionizável	mg/l NH ₃					
Antimônio						
Arsênio	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Bário	mg/l	1	1	1		1
Berílio	mg/l					
Boro	mg/l					
Benzeno	mg/l					
Benzeno-a-Pireno	mg/l					
Cádmio	mg/l	0,01	0,01	0,01		0,01
Cianetos	mg/l	0,2	0,2	0,2		
Chumbo	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Cloretos	mg/l	250	100	250	200	600
Cloro Residual	mg/l	0,3				
Cobalto	mg/l					
Cobre	mg/l	1	1	1	0,2	0,1
Cromo Hexavalente	mg/l	0,05	0,05	0,05		
Cromo Total	mg/l					0,05
Cromo Trivalente	mg/l					
1.1 Dicloroetano	mg/l					
1.2 Dicloroetano	mg/l					
Estanho	mg/l					
Índice Fenol	mg/l C ₆ H ₅ OH					0,001
Ferro	mg/l	0,3	0,3			
Ferro Solúvel	mg/l				0,3	0,1
Fluoretos	mg/l	1	1			
Fosfato Total	mg/l					0,6-1,7
Lítio	mg/l					
Manganês	mg/l	0,05	0,05		0,05	0,5
Mercurio	mg/l					0,002
Níquel	mg/l					
Nitrato	mg/l	10	2,0 - 5,0			10
Nitrito	mg/l		0-0,02			

Parâmetro	Decr.12.486 de 20/10/76 NTA - 60 SP			Port.56/MS. de 13/03/77		
	Unidade	Abast.Púb.	Fontes	Poços	V.M.D.	V.M.P.
Prata	mg/l					0,05
Pentaclorofenol	mg/l					
Selênio	mg/l	0,01	0,01			0,01
Tálio	mg/l					
Sólidos Dis. Totais	mg/l					
Surfactantes	mg/l LAS					0
Sulfatos	mg/l	250			0,2	0,5
Sulfetos	mg/l					
Tetracloroetano	mg/l					
Tricloroetano	mg/l					
Tetracloroeto Carbono	mg/l					
2.4.6-Triclorofenol	mg/l					
Urânio Total	mg/l					
Vanádio	mg/l					
Zinco	mg/l	5	5	5	1	5
Aldrin	mg/l					0,001
Clordano	mg/l					0,003
DDT	mg/l					0,05
Dieldrin	mg/l					0,001
Endrin	mg/l					0,0002
Sendosulfan	mg/l					
Epoxido de Heptacloro	mg/l					
Heptacloro	mg/l					0,0001
Lindano	mg/l					0,004
Metoxicloro	mg/l					0,1
Dodecacloro+Nonacloro	mg/l					
PCBs	mg/l					
Toxafeno	mg/l					0,005
Demeton	mg/l					
Gusation	mg/l					
Malation	mg/l					
Paration	mg/l					
Carbanil	mg/l					
Org.Fosf.Carb	mg/l Emparation					0,1
2.4D	mg/l					0,02
2.4.5-TP	mg/l					0,03
2.4.5-T	mg/l					0,002
Pesticidas Totais	mg/l					
Coliformes Totais	n° em 100ml					
Coliformes Fecais	n° em 100ml					
Enterococos	n° em 100ml					
Pseudomonas aeruginosa	n° em 100ml					
Clostridio sulfito redutores	n° em 100ml					

Parâmetro	Unidade	Decr. 14.250 de 05/07/81 -SC				Res.CONAMA nº 20 de 18/08/86			Port.36/MS-1990
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	V.M.P
pH						6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5
OD	mg/l O ₂		>5	>4	>0,5	>6	>5	>4	
DBO	mg/l O ₂		5	<10		<3	<5	<10	
Turbidez	UNT					<40	<100	<100	1(**)
Sólidos Suspensos.	ppm								
Cor	mg/Pt/l					natural	<75	<75	5,0-15,0
Mat.Flutuante			VA	VA	VA	VA	VA	VA	
Óleos e Graxas			VA	VA		VA	VA	VA	
Odor e Gosto			VA	VA	n.objet.	VA	VA	VA	não ojetável
Corantes Art.			ausente	ausente		VA			
Subst.que formam dep.						VA	VA	VA	
Alumínio	mg/l					0,1	0,1	0,1	0,2
Amônia	mg/l N		0,5	0,5					
Amônia não ionizável	mg/l NH ₃					0,02	0,02		
Antimônio									
Arsênio	mg/l		0,1	0,1		0,05	0,05	0,05	0,05
Bário	mg/l		1	1		1	1	1	1
Berílio	mg/l					0,1	0,1	0,1	
Boro	mg/l					0,75	0,75	0,75	
Benzeno	mg/l					0,1	0,1	0,1	10
Benzeno-a-Pireno	mg/l					0,00001	0,00001	0,00001	0,01
Cádmio	mg/l		0,01	0,01		0,001	0,001	0,001	0,005
Cianetos	mg/l		0,2	0,2		0,01	0,01	0,02	0,1
Chumbo	mg/l		0,1	0,1		0,03	0,03	0,05	0,05
Cloretos	mg/l					250	250	250	250
Cloro Residual	mg/l					0,01	0,01		0,2
Cobalto	mg/l					0,2	0,2	0,2	
Cobre	mg/l		1	1		0,02	0,02	0,5	1
Cromo Hexavalente	mg/l					0,05	0,05	0,05	
Cromo Total	mg/l		0,005	0,005					0,05
Cromo Trivalente	mg/l					0,5	0,5	0,5	
1.1 Dicloroetano	mg/l					0,0003	0,0003	0,0003	0,3
1.2 Dicloroetano	mg/l					0,01	0,01	0,01	10
Estanho	mg/l		2	2		2	2	2	
Índice Fenol	mg/l C ₆ H ₅ OH		0,001	0,001	1	0,001	0,001	0,3	
Ferro	mg/l								0,3
Ferro Solúvel	mg/l					0,3	0,3	5	
Fluoretos	mg/l		1,4	1,4		1,4	1,4	1,4	
Fosfato Total	mg/l					0,025	0,025	0,025	
Lítio	mg/l					2,5	2,5	2,5	
Manganês	mg/l					0,1	0,1	0,5	0,1
Merúrio	mg/l		0,002	0,002		0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Níquel	mg/l					0,025	0,025	0,025	
Nitrato	mg/l		10	10		10	10	10	
Nitrito	mg/l		1	1		1	1	1	

		OMS /CEE	Res.310/99 A.N.V.S.			OMS/CEE	Res. 310/99 da A.N.V.S.
Parâmetro	Unidade			Parâmetro	Unidade		
pH				Prata	mg/l		
OD	mg/l O ₂			Pentaclorofenol	mg/l		
DBO	mg/l O ₂			Selênio	mg/l	0,01	0,05
Turbidez	UNT			Tálio	mg/l		
Sólidos Suspensos.	ppm			Sólidos Dis. Totais	mg/l		
Cor	mg/Pt/l			Surfactantes	mg/l LAS		
Mat.Flutuante				Sulfatos	mg/l	400	
Óleos e Graxas				Sulfetos	mg/l		
Odor e Gosto				Tetracloroetano	mg/l		
Corantes Art.				Tricloroetano	mg/l	0,01	
Subst.que formam dep.				Tetracloroeto Carbono	mg/l	0,003	
Alumínio	mg/l			2,4,6-Triclorofenol	mg/l		
Amônia	mg/l N	0,01		Urânio Total	mg/l		
Amônia não ionizável	mg/l NH ₃			Vanádio	mg/l		
Antimônio			0,005	Zinco	mg/l	5	
Arsênio	mg/l	0,05	0,05	Aldrin	mg/l		
Bário	mg/l			Clordano	mg/l		
Berílio	mg/l		1	DDT	mg/l		
Boro	mg/l			Dieldrin	mg/l		
Benzeno	mg/l	0,01		Endrin	mg/l		
Benzeno-a-Pireno	mg/l			Sendosulfan	mg/l		
Cádmio	mg/l	0,005	0,003	Epoxido de Heptacloro	mg/l		
Cianetos	mg/l	0,1	0,07	Heptacloro	mg/l		
Chumbo	mg/l	0,05	0,01	Lindano	mg/l		
Cloretos	mg/l	250		Metoxicloro	mg/l		

		OMS/CEE	Res. 310/99 da A.N.V.S.			OMS/CEE	Res. 310/99 da A.N.V.S.
Cloro Residual	mg/l			Dodecacloro+Nonaclo ro	mg/l		
Cobalto	mg/l			PCBs	mg/l		
Cobre	mg/l	1	1	Toxafeno	mg/l		
Cromo Hexavalente	mg/l	0,05		Demeton	mg/l		
Cromo Total	mg/l		0,05	Gusation	mg/l		
Cromo Trivalente	mg/l			Malation	mg/l		
1.1 Dicloroetano	mg/l			Paration	mg/l		
1.2 Dicloroetano	mg/l			Carbanil	mg/l		
Estanho	mg/l			Org.Fosf.Carb	mg/l	Emparation	
Índice Fenol	mg/l C6H5OH				2.4D	mg/l	
Ferro	mg/l			2.4.5-TP	mg/l		
Ferro Solúvel	mg/l			2.4.5-T	mg/l		
Fluoretos	mg/l	1,5	obs	Pesticidas Totais	mg/l		
Fosfato Total	mg/l			Coliformes Totais	n° em 100ml		<1
Lítio	mg/l			Coliformes Fecais	n° em 100ml		ausente
Manganês	mg/l		2	Enterococos	n° em 100ml		<1
Mercúrio	mg/l	0,001	0,001	Pseudomonas aeruginosa	n° em 100ml		<1
Níquel	mg/l		0,02	Clostrídios sulfito reduzores	n° em 100ml		<1
Nitrato	mg/l	45	50				
Nitrito	mg/l		0,02				

Obs.: Deve ser destacado no rótulo: "contém flúor", quando contiver +1mg/L de íon F e "contra indicado para lactentes e crianças com menos de 7 anos de idade", quando o íon F for superior a 2 mg/L.

APÊNDICE 3
POLIGONAIS DAS ÁREAS EM LAVRA (DEZ/99)

Nº de ordem	Nome	Processo	Latitude	Longitude	Vetor	Lados	Área(m ²)
31	Ag.dé Chepecó	1829/36	2704384	52591159	0NE0000	550NW0000	772790
						1500NE9000	
						850SE0000	
						1092NW7403	
						450SW9000	
33	Ilha Redonda	437/38	2709225	53044460	950NW6930	1065NE7230	800000
						885SE2000	
						465SW6300	
						685SW7600	
						920NW1505	
7	Santa Catarina	5381/40	2741579	4840285	447NW6420	109NE0538	210776
						35NW2722	
						31NW3705	
						23NW3005	
						27NW2326	
						43NW6934	
						273SW0556	
						37SW6811	
						55SW8111	
						44NW6449	
						45NW6134	
						705SW0534	
						29SE8426	
						246SW0534	
						123SE8426	
						243NE0534	
						39NE0438	
						50NE0555	
						45SE8419	
						81NE0527	
						45SE8452	
						572NE0522	
						45NE6610	
1	Caldas da Imp.	2360/41	2742136	4848160		100NE8204	40000
						200SE0756	
						200SW8204	
						200NW0756	
						100NE8204	
14	Rio do Pouso	4227/41	2824548	4906313	274NE5146	98NW3244	30080
						88NW4214	
						81SW4019	
						123SW3837	
						136SE4908	
						63NE4346	
						109NE6028	
15	São Pedro	2834399	4915121		634SW3741	1159NE4624	302500
						269NW4336	
						1125SW4624	
						271SE3624	

Nº de ordem	Nome	Processo	Latitude	Longitude	Vetor	Lados	Area(m²)
22	Arribá	815.310/83	2657186	4838236	685SW2900	100S 25E 550S 50W 300N 50W 250N 25W 100N 100E	50000
18	São Bonifácio	815028/84	2751274	4857012	3578SW6831	800W 600N 800E 600S	480000
2	Plaza	815374/85	2742136	4848160	2932SW1500	100NE8204 200SE0756 200SW8204 200NW0756 100NE8204 285NW0000 334NE9000 450SE0000 200NE9000 118SE0000 164SW7552 294SW6645 53SW6054 225SW9000 750NW0000 166NE9000 285SE0000	426200
34	Piratuba	815424/86	2724579	5146142	1125SW4550	500S 1000W 500N 1000E	500000
8	Verani	815213/89	2736526	4837406	175SW4130	500S 1000W 500N 1000E	500000
20	Ávila	815097/90	2906430	4938178	823SW5509	698S 682W 698N 682E	476000
35	Doble "W"	815270/90	2615149	5104008	200SE4400	350E 350S 350W 350N	122500

APÊNDICE 4
ÁREAS COM ALVARÁ DE PESQUISA (DEZ/99)

Nº	Processo	Area	Latitude	Long	Titular	MUNICÍPIO	LOCALIDADE
37	84815057	490.000	2722535	4953369	ARNOLDO RINNERT	TROMBUDO CENTRAL	AGUA SULFUROSA
48	85815057	50.100	2816154	4907458	IVALDO NIEHUES	BRACO DO NORTE	AZEITEIRO
21	85815086	319.900	2910176	4946321	SÃO JOÃO DO SUL RECURSO HIDROMINERAIS LTDA	SÃO JOAO DO SUL	VILA CONCEICAO
120	86815024	500.000	2742136	4848160	WIRTO SCHAEFFER	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	AGUAS CLARAS
	87815025	350.000			ITEVINO LAZZARETTI	ANCHIETA	AGUAS DO ARACA
50	87815065	500.000	2808030	4848588	LUIZ DEPIZZOL	IMARUI	AGUAS MORNAS
51	87815619	499.800	2737538	5020027	ILMOR JUENGE	CORREIA PINTO	AGUA SULFUROSA
53	88815091	120.000	2742136	4848160	MINERACAO WING LTDA	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	CALDAS DA IMPERATRIZ
52	89815076	80.100	2740582	4845168	ADROALDO PINTO PEREIRA	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ
	89815453	440.067			WIRTO SCHAEFFER	AGUAS MORNAS	S/ DENOMINACAO
	89815454	430.098			WIRTO SCHAEFFER	AGUAS MORNAS	S/DENOMINACAO
	90815030	246.300			CIA. SULINA DE BEBIDAS ANTARCTICA	JOINVILLE	RIO MORRO ALTO
54	90815051	490.500	2830052	4902518	NERI TEIXEIRA DE PIERI	TREZE DE MAIO	SERTAO CORREIAS
55	90815055	500.000	2645590	5112404	MAURICIO CARLOS GRANDO	CACADOR	TAQUARA VERDE
56	90815223	490.012	2657186	4838236	PAULO CESAR DOS SANTOS	ITAJAI	S/DENOMINACAO
	90815271	499.800			FRANCISCO DE ASSIS NUNES	PALMITOS	AGUAS DE TAQUARUCU
	90815284	499.800			JOCELINA REIS	NOVA TRENTO	S/DENOMINACAO
57	91815027	200.000	2703569	5256326	AIRTON LUIZ ZOLET	AGUAS DE CHAPECO	AGUAS FRIAS
27	91815097	492.500	2649368	4901416	ALBANO JOAO THEISS	BLUMENAU	SEM DENOMINACAO
58	91815114	270.088	2724579	5146142	CIA DE CIMENTO PORTLAND RIO BRANCO	PIRATUBA	SEM DENOMINACAO
19	92815353	22.600	2801270	4907439	EGIDIO ALBERTO LOCKS	SANTA ROSA DE LIMA	AGUAS MORNAS
5	92815372	463.700	2741390	4849242	LUIZ DEPIZZOL	AGUAS MORNAS	AGUAS MORNAS
25	92815389	495.000	2657186	4838236	MARCUS PAUL	BALNEARIO DE CAMBORIU	CANHANJUBA
59	92815447	490.000	2740582	4845168	ADROALDO PINTO PEREIRA	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ
	92815481	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/ DENOMINACAO
41	92815482	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/DENOMINACAO
42	92815483	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/DENOMINACAO
43	92815484	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/DENOMINACAO
44	92815485	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/ DENOMINACAO
45	92815486	500.000	2826598	4904331	TERMAS SANTO ANJO DA GUARDA LTDA	TUBARAO	S/DENOMINACAO
46	93815160	500.000	2742136	4848160	AYRES MELCHIADES ULYSSEA	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	S/DENOMINACAO
61	93815192	499.900	2819231	4903501	SANDYR CARLOS GARCIA SCHUSTER	GRAVATAL	S/DENOMINACAO
62	93815230	487.500	2737562	4838319	WERNER GREVEL	SÃO JOSE	S/DENOMINACAO
63	93815247	487.500	2700027	5124295	WIRTO SCHAEFFER	TREZE TILIAS	S/DENOMINACAO
64	93815248	487.500	2700027	5124295	WIRTO SCHAEFFER	TREZE TILIAS	S/DENOMINACAO
65	93815249	487.500	2700388	5123089	WIRTO SCHAEFFER	TREZE TILIAS	S/ DENOMINACAO
66	93815260	500.000	2727412	4824150	FERNANDO M. DE MATTOS	FLORIANOPOLIS	S/DENOMINACAO
40	93815350	490.000	2614313	5048172	LEA LUIZA UNTERTELL CORREA	IRINEOPOLIS	IRINEOPOLIS
67	93815491	480.000	2659534	4838507	VALDIR ROSENBROCK	BAL. RIU	BAL. CAMBURIU
68	94815311	490.000	2651393	5050167	JARBAS FERREIRA DA LUZ	LEBON REGIS	FAX.SAO PEDRO
69	94815372	500.000	2742036	4848457	JOSE ADEMIR DESCHAMPS	AGUAS MORNAS	S/ENOMINACAO
70	94815376	500.000	2742036	4848457	JOSE ADEMIR DESCHAMPS	AGUAS MORNAS	S/DENOMINACAO
39	94815377	410.045	2742036	4848457	JOSE ADEMIR DESCHAMPS	AGUAS MORNAS	S/ DENOMINACAO

Nº	Processo	Área	Latitude	Long	Titular	MUNICÍPIO	LOCALIDADE
71	94815448	495.000	2733587	4848177	JANIO JOSE DE SOUZA	SAO JOSE	S/DENOMINACAO
72	94815898	220.040	2813531	4842128	NELSON FELINI	IMBITUBA	MIRIM
73	94815929	450.000	2637568	4841047	NERY SIRENA FIMO	BARRA VELHA	MORRO DO CRISTO
74	95815246	500.000	2706143	5236470	MARIANO JOSE SMANIOTTO	CHAPECO	CHAPECO
75	95815322	500.000	2738219	4845412	CROLIN GRACIE	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	MORRO DO GATO
76	95815357	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	QUIRIRI
77	95815360	500.000	2608243	490024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
78	95815361	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
79	95815362	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
80	95815363	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
81	95815364	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
82	95815365	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
83	95815366	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
84	95815367	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	QUIRIRI
85	95815371	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
86	95815372	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
87	95815373	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
88	95815374	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
89	95815375	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
90	95815376	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
91	95815377	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
92	95815378	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
93	95815379	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
94	95815380	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
95	95815381	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
96	95815383	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
97	95815384	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
98	95815385	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
99	95815387	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
100	95815388	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
101	95815389	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
102	95815391	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
103	95815392	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
104	95815393	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
105	95815394	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
106	95815395	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
107	95815396	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
108	95815404	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/ DENOMINACAO
109	95815405	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
110	95815407	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
111	95815410	250.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
112	95815411	250.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
113	95815412	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
114	95815413	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
115	95815416	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
116	95815417	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
117	95815418	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
118	95815419	375.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
119	95815420	370.050	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
121	95815421	370.050	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
122	95815422	370.050	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
123	95815423	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
124	95815424	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	R. SECO/ CUBATAO
125	95815425	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
126	95815426	250.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
127	95815427	250.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
128	95815428	277.500	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
129	95815429	285.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/ DENOMINACAO
130	95815430	375.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/ DENOMINACAO
131	95815433	285.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
132	95815461	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
133	95815463	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
134	95815464	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
135	95815465	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
136	95815466	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
137	95815467	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
138	95815468	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
139	95815469	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI

Nº	Processo	Área	Latitude	Long	Titular	MUNICÍPIO	LOCALIDADE
140	95815470	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
141	95815471	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
142	95815472	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
143	95815473	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
144	95815474	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
145	95815475	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
146	95815476	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
147	95815477	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
148	95815478	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
149	95815479	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
150	95815480	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
151	95815481	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
152	95815482	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
153	95815483	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
154	95815484	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
155	95815485	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
156	95815486	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
157	95815487	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
158	95815488	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
159	95815489	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
160	95815490	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
161	95815491	500.000	2608243	4900241	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
162	95815492	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	S/DENOMINACAO
163	95815493	124.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
164	95815494	116.500	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
165	95815495	110.065	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
166	95815496	110.030	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
167	95815497	500.000	2610325	4902208	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
168	95815747	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
169	95815749	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
170	95815750	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
171	95815751	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
172	95815752	125.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
173	95815754	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
174	95815755	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
175	95815756	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
176	95815757	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
177	95815758	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
178	95815759	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
179	95815760	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
180	95815761	250.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
181	95815762	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO VERMELHO
182	95815763	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO VERMELHO
183	95815764	250.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
184	95815765	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
185	95815766	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
186	95815767	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
187	95815768	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
188	95815769	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
189	95815770	370.050	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
190	95815771	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
191	95815772	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
192	95815773	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
193	95815774	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
194	95815775	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
195	95815776	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
196	95815777	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
197	95815778	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
198	95815779	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
199	95815780	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
200	95815781	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
201	95815782	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO J. COELHO

Nº	Processo	Area	Latitude	Long	Titular	MUNICÍPIO	LOCALIDADE
202	95815783	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
203	95815784	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
204	95815785	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
205	95815786	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
206	95815787	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
207	95815788	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
208	95815789	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/ DENOMINACAO
209	95815790	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
210	95815791	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
211	95815792	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
212	95815794	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
213	95815795	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO SECO
214	95815796	125.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
215	95815797	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
216	95815798	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
217	95815799	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
218	95815800	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
219	95815801	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO JERONIMO COELHO
220	95815802	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
221	95815803	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
222	95815804	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
223	95815805	375.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	RIO CUBATAO
224	95815810	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/ DENOMINACAO
225	95815811	500.000	2611337	4904024	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	JOINVILLE	S/DENOMINACAO
10	95815880	490.000	2731452	4837563	NADIA AMIN MELOU	SAO JOSE	BARREIROS
226	95815962	490.000	2658561	4856228	NOEMIA BOHN	GASPAR	GASPAR MIRIM
227	96815013	500.000	2648096	4836420	MARCUS PAUL	PENHA	PRAIA VERMELHA
228	96815034	500.000	2813531	4842128	LEO DE OLIVEIRA	IMBITUBA	S/DENOMINACAO
229	96815035	495.000	2813531	4842128	LEO DE OLIVEIRA	IMBITUBA	S/DENOMINACAO
230	96815036	480.000	2813531	4842128	LEO DE OLIVEIRA	IMBITUBA	S/ DENOMINACAO
231	96815038	350.000	2637403	5325124	DALVA SALETE GARLET LAZZARETTI	ANCHIETA	AGUAS DO ARACA
232	96815054	497.000	2651416	4903070	SALVIO VILMAR FISTAROL	BLUMENAU	FORTALEZA
233	96815117	500.000	2737204	4839075	NORMA FEUSER	SAO JOSE	CAMINHO DA FAZENDA
29	96815183	500.000	2707344	4847027	ADEMAR ROCHA	CAMBORIU	SITIO ROCHA
235	96815391	490.000	2737562	4838319	WERNER GREVEL	SAO JOSE	PICADAS DO SUL
236	96815636	476.000	2710065	5313358	ADEMIR PIFER	PALMITOS	PASSARINHOS
237	96815677	490.000	2740582	4845168	QUERUBINA RIBAS PEREIRA	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	VARGINHA DE BAIXO
238	96815684	4900000	2704108	5314029	IRACI ANTONINHO FAZOLO	PALMITOS	LINHA ALESSIO
239	96815719	475.000	2724579	5146142	ELEMAR KIRST	PIRATUBA	PIRATUBA
240	96815983	490.500	2830052	4902518	MARCELO CIDRAL SERGLER	TREZE DE MAIO	SERTAO CORREIAS
241	96815989	499.800	2717092	4855464	ROSANA MULLER KIANN	NOVA TRENTO	ESPRAIADO
242	96816256	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTR. BONITA
243	96816258	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
244	96816259	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
245	96816261	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
246	96816262	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
247	96816263	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
248	96816264	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
249	96816265	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
250	96816266	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
251	96816271	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
252	96816272	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
253	96816273	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
254	96816274	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
255	96816275	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
256	96816276	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
257	96816277	500.000	2608413	4854232	OSCAR FOCK	GARUVA	ESTRADA BONITA
258	97815133	499.800	2716469	4856175	SAULO DE TARSO PINHO SOUZA	NOVA TRENTO	ESPRAIADO
259	97815134	490.000	2637514	5015418	RUDIMAR FRANCISCO RAGNINI	MONTE CASTELO	GRANJA TILA
260	97815135	490.000	2637514	5015418	RUDIMAR FRANCISCO RAGNINI	MONTE CASTELO	GRANJA TILA

Nº	Processo	Área	Latitude	Long	Titular	MUNICÍPIO	LOCALIDADE
261	97815203	490.500	2830052	4902518	MARCELO CIDRAL SERGLER	TREZE DE MAIO	SERTAO CORREIAS
262	97815272	500.000	2613010	4839505	FERNANDO RODRIGUES CARNEIRO	S. FRAN. DO SUL	SAI-MIRINZINHO
263	97815378	490.000	2802403	5002094	EDUARDO FERREIRA AVILA	LAGES	FAZ.BARREIRO
264	97815434	500.000	2614026	4843338	FERNANDO RODRIGUES CARNEIRO		CORREGO DO CAJU
265	97815435	500.000	2614026	4843338	FERNANDO RODRIGUES CARNEIRO	S.FRAN. DO SUL	S.FRAN. DO SUL
266	97815436	500.000	2614026	4843338	FERNANDO RODRIGUES CARNEIRO		CORREGO DO CAJU
267	97815529	250.000	2657186	4838236	GILBERTO AMERICO MEIRINHO	BAL.CAMBORIU	BAL.CAMBORIU
268	98815168	500.000	2607049	4900127	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
269	98815169	500.000	2607049	4900127	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI
270	98815170	500.000	2607049	4900127	CUBATAO DRAGAGENS LTDA	GARUVA	QUIRIRI

ANEXO – Mapa Hidrogeológico Preliminar