

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**A IMPLICAÇÃO ANTRÓPICA NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HIDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
URUSSANGA - SC**

Heinz Alfredo Trein

Orientador: Prof.Dr.João Carlos Dourado

Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso
de Pós-Graduação em Geociências e Meio
Ambiente para obtenção de Título de Doutor
em Geociências e Meio Ambiente

Rio Claro (SP)

2008

AGRADECIMENTOS

À CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, empresa na qual trabalho há mais de seis anos e onde venho exercendo minha atividade profissional, pela experiência proporcionada ao longo do tempo e pela bagagem técnica adquirida não apenas no desenvolvimento de projetos a campo, mas também através de cursos de especialização e da participação em eventos técnicos.

À minha família, Nazir, Rafael e Alexandre, pelo incentivo e pela compreensão nas longas horas subtraídas de seu convívio durante todo o tempo da elaboração desta tese.

Ao Sindicato das Indústrias de Extração de Carvão de Santa Catarina – SIECESC, em especial ao eng. Fernando Luiz Zancan pelo apoio prestado através de sua infra-estrutura, material e contribuição técnica, decisivos para a realização desta tese.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Dourado (UNESP-RC), a quem devo, antes de tudo, a oportunidade deste Curso de Doutorado, por seu empenho na sua realização e por sua coordenação neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga pelo apoio recebido durante todas as fases de elaboração desta tese.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Artur, pelas orientações e ajudas nos diversos períodos em que estive nesta universidade para a elaboração desta tese.

Aos meus amigos e colegas da CPRM na Sureg de Porto Alegre, Msc. Marcos Alexandre Freitas, Geólogo Marcelo Goffermann e Msc. Andréa Germano, que demonstraram um elevado espírito de coleguismo ao prestarem seu apoio e incentivo à realização desta tese.

Aos amigos e colegas da CPRM do núcleo Criciúma, Dr. Antonio Silvio Jornada Krebs, José Eduardo do Amaral, Lindomar Santos e José Arcinei Bardini, pela preciosa colaboração e apoio prestados e, principalmente, pela participação direta em várias etapas da compilação de dados e execução dos mapas na caracterização hidrogeológica da Bacia do Rio Urussanga,

com o objetivo de montar uma base de informações que possibilitam ajudar num gerenciamento da bacia para minimizar a degradação ambiental existente nesta região.

RESUMO

Esta tese apresenta os resultados dos estudos geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos, das fontes de poluição e do cadastramento de fontes de água subterrânea da área correspondente à bacia hidrográfica do rio Urussanga, SC que pertence a 10ª Região Hidrográfica do Estado de Santa Catarina. A Bacia do rio Urussanga apresenta uma rede de drenagem de 1064 km de extensão, abrangendo uma área de 580 km² com densidade média de drenagem de 1,83 (km/km²), e é formada pela junção dos rios Carvão e Maior, e outros tributários, destacando-se os seguintes rios: América, Caeté, Vermelho, Cocal, Ronco D'Água, Três Ribeirões, Cocalzinho, Ribeirão da Areia, entre outros.

Em toda a bacia, foram cadastrados 240 pontos de água, sendo 64 referentes aos poços tubulares profundos, 98 aos poços escavados, 33 aos poços-ponteiras, e 45 às fontes, tendo também sido classificados seus usos. Paralelamente, também foram cadastradas 103 fontes de poluição, distribuídos em 11 chiqueiros; 26 aviários, 27 indústrias, 21 postos de combustíveis; 17 cemitérios; e 01 aterro sanitário. São apresentados, em escala 1:100.000, os seguintes mapas: Fontes de Poluição, Hidroquímico, Geológico; Fontes de Água, Contorno de pH de Poços Tubulares (aqüíferos confinados), Contorno de pH de Aqüíferos Livres, Contorno Piezométrico, Contorno Potenciométrico, Contorno do Mn de Poços Tubulares (aqüíferos confinados), Contorno de Ferro Total de Poços Tubulares (aqüíferos confinados), Contorno da Condutividade Elétrica de Aqüíferos Livres, Contorno da Condutividade Elétrica de Poços Tubulares (aqüíferos confinados) e Contorno Topográfico das Fontes de Água. A interpretação geológica e estrutural da área permitiu a identificação de diversos locais com maior favorabilidade à captação de água através de poços tubulares profundos. No mapeamento hidrogeológico foram identificados 11 sistemas aqüíferos, sendo 4 relacionados às rochas sedimentares gonduânicas, 1 aos sedimentos quaternários pleistocênicos, 1 relacionado às rochas basálticas cretáceas, 4 relacionados as formações sedimentares paleozóicas e um relacionado aos granitos neoproterozóicos. Os resultados de análises físico-químicas de águas subterrâneas realizadas durante este estudo e de análises realizadas em trabalhos anteriores permitiram a classificação hidroquímica das águas dos diferentes sistemas aqüíferos presentes nesta bacia. As atividades de mineração e de beneficiamento do carvão, as atividades industriais, a falta de rede de canalização e de tratamento de esgoto em todos os municípios e a utilização de adubos e defensivos agrícolas nas áreas cultivadas estão entre os principais fatores responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, degradação do solo e, conseqüentemente, pelo comprometimento ambiental de grande parte da área desta bacia hidrográfica.

Palavras-chaves: água subterrânea – aqüíferos – hidrogeologia - Urussanga

ABSTRACT

This work presents the results regarding the geological, hydrogeological and hydrochemical surveys carried out in the area of Urussanga Hydrographic Basin. It also shows the data related to the pollution sources and the number of groundwater exploitation spots in the referred basin. The Urussanga Hydrographic Basin has a drainage extension of 1064 km², covering 580 km² in área with a average drainage density of 1,83 (km/km²). It is formed by the junction of the rivers Carvão and Maior. Other trybutaries are also important: América, Caeté, Vermelho, Cocal, Ronco D'Água, Três Ribeirões, Cocalzinho, Ribeirão da Areia, between others little more. Regarding the structural aspects, we have concluded that the most important elements are the faults. There are also, in a subordinated way, fractures and sills. We have made a cadastre of 240 water spots from which 64 refer to deep tubular wells, 98 to hand digged wells, 33 to shallow wells and 45 to surface sources. All the 240 water spots have been classed by type of use. We have made also a cadastre of 103 pollution sources. The following maps are presented (scale 1:100.000): Geologic Map, Water productivity Map, Pollution Sources Map, Hydrochemical Map, electric conductivity contour maps, pH contour maps, Mn contour map, Fe contour maps, potenciometric and piezometric contour maps. The hydrologic mapping has also permitted us to classify 11 aquifer systems, being 4 of them related to gondwanic sedimentary rocks, 4 to quaternary sediments, 1 to granitic rocks, 01 to alluvial sediments and 1 to basaltic rocks. The results off physic-chemical analysis of groundwater carried out along this study and in previous works have given us the hydrochemical classification of the different aquifer systems present in this basin.. Coal mining and treatment activities as well as industrial activities, the lack of drainage, the use of fertilizers and pesticides in the crops are the main responsible factors for water ressources contamination and soil degradation in this area. As a consequence, a large portion of the Urussanga Hydrographic Basin is in a bad environmental situation.

Key-words: groundwater - aquifer –hydrogeologie, Urussanga

LISTA DE SIGLAS

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
 ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
 CECO - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
 CENPES - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo M. de Mello (PETROBRÁS)
 CEPIS - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
 CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
 CIDASC - Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
 CPRM - Serviço Geológico do Brasil
 CR- Município de Criciúma
 CS – Município de Cocal do Sul
 DAM- Drenagem Ácida de Mina
 DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral
 EDUNISC - Editora da Universidade de Santa Cruz do Sul
 EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
 GRUPERHS - Grupo de Pesquisas de Recursos Hídricos
 IAH - Internacional Association of Hidrogeologists
 IAHS - International Association of Hydrological Sciences
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia
 IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas
 IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas
 IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
 IÇ- Município de Içara
 JICA - Japan International Cooperation Agency
 JG- Município de Jaguaruna
 LABHID - Laboratório de Hidrologia
 MEC - Ministério de Educação e Cultura
 MF- Município de Morro da Fumaça
 OMS - Organização Mundial da Saúde
 OPS - Org anización Panamericana de la Salud
 OSNLR - The Ocean Science in Relation to Non-Living Resources
 PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.
 PROGESC - Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina

PG- Município de Pedras Grandes

PT –Poço Tubular Profundo

S. F. P. M. - Seção de Fomento da Produção Mineral

SG- Município de Sangão

SBG - Sociedade Brasileira de Geologia

SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração do Carvão do Estado de Santa Catarina

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SUDESUL - Superintendência de Desenvolvimento do Sul

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina

UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí

UR- Município de Urussanga

USAID - US Agency for International Development

USITESC - Usina Termelétrica Sul-catarinense

USP - Universidade Federal São Paulo

LISTA DE FIGURAS

Figura nº 01 - Mapa com localização da área trabalhada	17
Figura nº 02 - Balanço hídrico mensal de Urussanga	29
Figura nº 03 - Veios de fluorita no granito	44
Figura nº 04 - Galeria de exploração de fluorita, abandonada	45
Figura nº 05 - Poço de ventilação de mina de fluorita abandonado	45
Figura nº 06 - Seixos pingados e lentes de arenito duro	48
Figura nº 07 - Detalhe da foto acima - seixo pingado	48
Figura nº 08 - Varvitos da Formação Rio do Sul, Coordenada	49
Figura nº 09 - Detalhe da foto	49
Figura nº 10 - Contato da rocha granítica com areitos da Formação Rio Bonito	51
Figura nº 11 e 12 - Formação Rio Bonito	54
Figura nº 13 - Argilito da Formação Palermo	56
Figura nº 14 - Folhelho Irati	57
Figura nº 15 - Vista geral de “cuestas basálticas”	59
Figura nº 16 - Extração de Basalto	59
Figura nº 17 - Sedimentos do Grupo Itararé	63
Figura nº 18 e 19 - Arenito da Formação Rio Bonito	64
Figura nº 20 e 21 – Arenito da Formação Rio Bonito intensamente fraturado	65
Figura nº 22 - Formação Rio Bonito	66
Figura nº 23 - Veio de calcedônia	66
Figura nº 24 - Veio de Fluorita principal	67
Figura nº 25 - Mapa de localização dos sistemas aquíferos	70
Figura nº 26 - Percolação de água em fratura	71
Figura nº 27 - Extração mineral no manto de intemperismo	72
Figura nº 28 - Formação Rio Bonito com camada de carvão	79
Figura nº 29 - Formação Rio Bonito com camada de carvão	79
Figura nº 30 - Formação Rio Bonito com camada de carvão	80
Figura nº 31 - Estrada Rio Carvão de Baixo, em área minerada	80
Figura nº 32 - Rejeito carbonoso depositado em divisor de água	81
Figura nº 33 - Rejeito de carvão utilizado no leito da estrada	81
Figura nº 34 - Início de drenagem com água ácida. Afluente do Rio Carvão	82

Figura nº 35 - Mineração a céu aberto abandonada com disposição de rejeito carbonoso	82
Figura nº 36 - Mineração a céu aberto abandonada	83
Figura nº 37 - Cabeceiras do rio Carvão	83
Figura nº 38 - Extração de argila, ativa, município de Morro da Fumaça	85
Figura nº 39 - Extração de argila, município de Morro da Fumaça	85
Figura nº 40 - Extração de argila na localidade de Rio Acima, município de Içara	86
Figura nº 41 - Extração de argila, município de Içara	86
Figura nº 42 - Extração de argila em Morro Grande, município de Sangão	87
Figura nº 43 - Extração de argila em Morro Grande, município de Sangão	87
Figura nº 44 - Extração de argila ao lado da rodovia Morro da Fumaça.- Cocal	88
Figura nº 45 - Extração de areia no Bairro Ibiripoera	88
Figura nº 46 - Extração de areia no município de Morro da Fumaça	89
Figura nº 47 - Disposição de palha de arroz, na beira do Rio Urussanga	89
Figura nº 48 - Poço não instalado no município de Içara	100
Figura nº 49 - Poço instalado no município de Içara	100
Figura nº 50 - Município de Içara, poço tecnicamente bem construído	101
Figura nº 51 - Município de Içara, poço não utilizado	101
Figura nº 52 - Município de Cocal do Sul, poço ponteira sem proteção sanitária	102
Figura nº 53 - Município de Cocal do Sul, poço ponteira sem proteção sanitária	102
Figura nº 54 - Município de Urussanga, poço escavado	103
Figura nº 55 - Município de Urussanga, poço escavado	103
Figura nº 56 - Município de Cocal do Sul, poço escavado	104
Figura nº 57 - Fonte cadastrada no município de Pedras Grandes	104
Figura nº 58 - Fonte natural cadastrada no município de Treze de Maio	105
Figura nº 59 - Fonte natural cadastrada no município de Treze de Maio	105
Figura nº 60- Mapa topográfico dos pontos d'água	118
Figura nº 61- Mapa de contorno potenciométrico	119
Figura nº 62- Mapa de contorno piezométrico	120
Figura nº 63 - Mapa de contorno de condutividade elétrica de aquíferos livres	121
Figura nº 64 - Mapa de contorno de condutividade elétrica de poços tubulares	122
Figura nº 65- Mapa de contorno de pH de aquíferos livres	123
Figura nº 66- Mapa de contorno de pH de poços tubulares	124
Figura nº 67- Mapa de contorno de ferro total de aquíferos confinados	125

Figura nº 68 - Mapa de contorno de manganês de aquíferos confinados	126
Figura nº 69 - Diagrama de Piper para aquíferos fraturados	127
Figura nº 70 - Diagrama de Piper para aquíferos porosos	128
Figura nº 71 - Diagrama de Piper das fontes naturais	128
Figura nº 72 - Diagrama de risco de salinidade para fontes	129
Figura nº 73 - Diagrama de piper p/ 30 pontos d'água	132
Figura nº 74 - Diagrama de piper de poços escavados	133
Figura nº 75- Diagrama de piper de poços ponteiros	133
Figura nº 76 - Diagrama de piper de poços tubulares	134
Figura nº 77 - Gráfico de salinidade	134
Figura nº 78 - Diagrama geral de risco de salinidade	135
Figura nº 79 - Diagrama de risco de salinidade poços tubulares	135
Figura nº 80 - Diagrama de risco de salinidade poços escavados	136
Figura nº 81 - Diagrama de risco de salinidade poços ponteiros	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coluna estratigráfica da área da bacia hidrográfica do rio Urussanga	18
Tabela 2 - Localização da estação pluviométrica de Urussanga	26
Tabela 3 - Valores médios mensais das variáveis meteorológicas	26
Tabela 4 - Totais médios mensais e anuais de precipitações pluviométricas	26
Tabela 5 - Número de dias de chuva observados.....	27
Tabela 6 - Intensidade média da precipitação (mm/dia)	27
Tabela 7 - Classificação de mapas de vulnerabilidade da água subterrânea	34
Tabela 8 - Parâmetros analisados durante este trabalho de tese	41
Tabela 9 - Pontos de extração mineral	91
Tabela 10- Fontes de poluição	94
Tabela 11- Relação dos poços tubulares cadastrados	106
Tabela 12- Relação dos poços escavados cadastrados	108
Tabela 13- Relação dos poços ponteiras cadastrados	112
Tabela 14- Relação das fontes naturais cadastradas	114
Tabela 15- Análises químicas dos pontos de água	130

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	15
2 - OBJETIVO.....	16
3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	16
3.1 - Localização da Área	16
3.2 - Geologia	17
3.3 - Geomorfologia	19
3.4 - Solos	20
3.5 - Cobertura vegetal	23
3.6 - Clima	24
3.6.1 - Classificação climática	24
3.6.2 - Temperatura	25
3.6.3 - Precipitação pluviométrica	25
3.6.4 - Evapotranspiração	28
3.6.5 - Balanço Hídrico	28
4 - PRINCIPAIS ATIVIDADES RESPONSÁVEIS PELA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	29
4.1 - Vulnerabilidade Natural e Riscos de Contaminação dos Aquíferos	33
5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O ESTUDO HIDROGEOLÓGICO	35
5.1 - Obtenção de Dados Existentes	35
5.2 - Elaboração do Mapa Geológico.....	36
5.2.1 - Reinterpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite ..	36
5.2.2 - Trabalhos de campo	37
5.2.3 - Confeção do mapa geológico	37
5.3 - Elaboração do Estudo Hidroquímico	37
5.3.1 - Interpretação dos dados geológicos	38
5.3.2 - Etapa de campo	38

5.3.3 - Estudo hidroquímico	39
5.3.4 - Métodos de amostragem	41
5.3.5 - Técnicas analíticas utilizadas.....	41
5.3.6 - Elaboração do mapa de fontes de poluição	43
6 - GEOLOGIA DA BACIA DO RIO URUSSANGA	43
6.1 – Cristalino	43
6.1.1 - Granitóides tardi a pós-tectônicos	43
6.2 - A Sequência Gonduânica	46
6.2.1 - Grupo Itararé -Formação Rio do Sul	46
6.2.2 - Formação Rio Bonito	50
5.2.2.1- Descrição Litológica	50
6.2.3 - Formação Palermo	55
6.2.4 - Formação Irati	56
6.2.5 - Formação Serra Geral	58
6.3 - Os Depósitos Cenozóicos	60
6.3.1 - Sistema de leques aluviais	60
6.3.2 - Sistema Laguna-Barreira III	61
6.3.3 - Sistema Laguna-Barreira IV	62
6.3.4 - Depósitos aluviais atuais	62
6.4 - Aspectos Estruturais	62
7 -CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS	67
8 -CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO	78
9- CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA	99
10 - CARACTERIZAÇÃO HIDROQUIMICA DAS FONTES DE ÁGUA	127
11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
12 – CONCLUSÃO.....	138

ANEXOS	139
---------------------	------------

Apêndice A - Mapa Hidroquímico

Apêndice B – Mapa de Fontes de Água

Apêndice C - Mapa de Fontes de Poluição

Apêndice D - Mapa Geológico

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
---	------------

1 - INTRODUÇÃO

No século XIX, os primeiros colonizadores europeus chegados na região da bacia hidrográfica do rio Urussanga, iniciaram a derrubada da floresta para implantarem suas casas, benfeitorias e para estabelecerem áreas de cultivo para subsistência e criação de gado

O advento da lavra e beneficiamento de carvão mineral ocorreu em meados do ano de 1916, tendo aumentado significativamente nas décadas subseqüentes, principalmente na época das guerras mundiais, em razão da necessidade de energia e do potencial energético do carvão. Medidas de prevenção para evitar a poluição ambiental eram ignoradas e, assim, os rejeitos piritosos eram dispostos aleatoriamente em áreas próximas as usinas de beneficiamento causando, ao longo dos anos, um índice alarmante de degradação.

A baixa qualidade do carvão catarinense devolve ao solo 75% do volume processado nas usinas. Considerando as bacias dos Rios Araranguá e Tubarão juntamente com a Bacia do Rio Urussanga, dados da FATMA, 1991, revelam que cerca de dois terços dessas bacias já se encontram comprometidas, recebendo 300 mil metros cúbicos diários de despejos ácidos das mineradoras, sendo equivalentes ao lançamento do esgoto de uma população de nove milhões de habitantes, ou seja, o dobro da população de todo o estado de Santa Catarina. São lançadas, diariamente, 3.370 toneladas de sólidos totais, 127 toneladas de acidez, 320 toneladas de sulfatos e 35,5 toneladas de ferro total. Como consequência, os níveis de qualidade da água são críticos, onde as concentrações de poluentes ultrapassam assustadoramente os níveis mínimos de segurança previstos na legislação ambiental.

Neste contexto, o rio Urussanga é o que apresenta a pior situação qualitativa na sub-bacia, revelando inclusive a presença em alguns pontos, de metais pesados (manganês e alumínio).

Devido à solubilização de metais pesados, não há condições do sistema público tratar as águas poluídas, sendo grandes as dificuldades de abastecimento nos 34 municípios da região Sul Catarinense.

Assim, a Bacia do Rio Urussanga está inserida em uma das 14 regiões ambientalmente mais críticas do Brasil. Informações da Fundação do Meio Ambiente (Fatma) apontam para o fato de que este setor hídrico encontra-se praticamente comprometido pela extração do carvão. As águas são consideradas impróprias para consumo humano e apresentam restrições para outros usos.

2 – OBJETIVOS

A proposição desta tese em avaliar os impactos da ação antrópica na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga resultou da urgência em fornecer subsídios para tentar reverter os elevados níveis de comprometimento ambiental dos aquíferos, decorrentes da contaminação por agrotóxicos, esgotos domésticos, efluentes industriais e, principalmente, por resíduos decorrentes das atividades extrativas de carvão mineral. Ressalta-se, também, a contaminação proveniente dos engenhos de farinha e fécula, concentrada nos meses de abril a junho.

Objetivou-se, simultaneamente, munir os comitês gestores da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga com um banco de dados que auxiliem na tomada de decisões visando à recuperação dos recursos hídricos.

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização da Área

A Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga localiza-se no sudeste do Estado de Santa Catarina entre as bacias dos rios Araranguá e Tubarão. Ao todo, nove municípios são integrados pela bacia: Criciúma, Cocal do Sul, Içara, Jaguaruna, Morro da Fumaça, Pedras Grandes, Sangão, Treze de Maio e Urussanga.

Abaixo, segue o mapa com a localização da área:

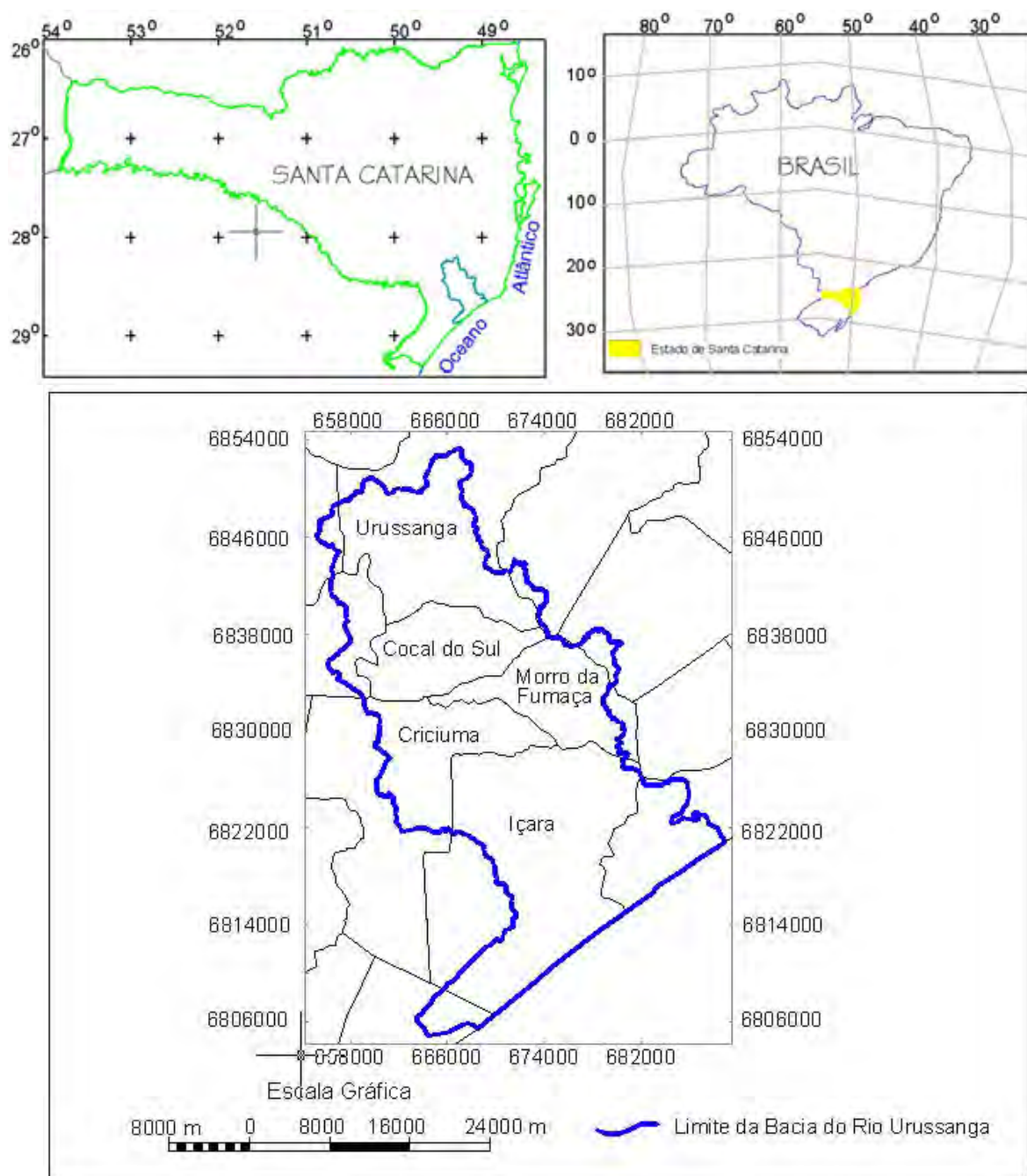


Figura nº 01 - Mapa com localização da área trabalhada.

3.2 Geologia

O Mapa Geológico (Apêndice D) ilustra a distribuição em área das diferentes unidades geológicas presentes nesta bacia.

Na área estudada afloram rochas sedimentares e ígneas que fazem parte da seqüência gonduânica da borda leste da Bacia do Paraná e extensos depósitos de leques aluviais (DUARTE, 1995; KREBS, 2004). Sedimentos quaternários são abundantes junto aos cursos

de água. Na porção costeira, ocorrem depósitos arenosos de origem transicional (praial) e retrabalhamento eólico.

Devido à importância para este estudo, uma descrição detalhada de todas as unidades geológicas identificadas na área da bacia do rio Urussanga é apresentada no capítulo 6.

A tabela 1 sintetiza a coluna estratigráfica da área.

Tabela 1. Coluna estratigráfica da área da bacia hidrográfica do rio Urussanga. Sequência Gonduânica adaptada de MÜHLMANN et al. (1974), Coberturas Cenozóicas adaptadas de CARUSO JR., 1997. Embasamento cristalino e Grupo Itararé (não aflorantes) foram estabelecidos por KREBS (2004).

IDADE			TERMI NOLO- GIA	AMBIENTE/FORMAÇÃO		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Sistema Laguna-Barreira IV	Depósitos Aluvionares Atuais		Sedimentos argilosos, argilo-arenosos, arenosos e conglomeráticos depositados junto às calhas ou planícies dos rios.
				Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos		Areias quartzosas, esbranquiçadas, com granulometria fina à média, com estratificação plano paralela(fácies praial) e cruzada, de pequeno a grande porte (fácies eólica).
				Depósitos Lagunares		Areias quartzosas junto às margens e lamas no fundo dos corpos de água.
		Pleistoceno	Sistema Laguna-Barreira III	Depósitos Flúvio-Lagunares		Areias siltico-argilosas, com restos de vegetais, cascalhos depósitos biodetríticos
				Depósitos Paludiais		Turfas ou depósitos de lama, ricos em matéria orgânica.
				Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos e Retrabalhamento Eólico		Areais quartzosas médias, finas a muito finas, cinza-amarelado até avermelhado. Nas fácies praiais são comuns estruturas tipo estratificação plano-paralela, cruzada acanalada. Nas fácies eólicas é freqüente a presença de matriz rica em óxido de ferro, que confere ao sedimento tons avermelhados.

	Terciário/ Quaternário	Plioceno/ Holoceno	Sistema de Leques Aluviais	Depósitos de Encostas, Fluviais e Retrabalramento Fluvial		Cascalhos areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais. Nas porções mais distais, depósitos resultantes do retrabalhamento por ação fluvial dos sedimentos colúvio-aluvionares.
MESOZÓICO	Cretáceo	Inferior	Grupo São Bento	Serra Geral		Derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio de cor escura, com fraturas conchoidais. O litotipo preferencial é equigranular fino a afanítico, eventualmente porfirítico. Notáveis feições de disjunção colunar estão presentes.
	Triássico	Inferior		Rio do Rasto		Arenitos finos bem selecionados, geometria lenticular, cor bordô, com estratificação cruzada acanalada. Siltitos e argilitos cor bordô, com laminação plano-paralela.
PALEOZÓICO	Permiano	Superior	Grupo Passa Dois	Estrada Nova		Argilitos folhelhos e siltitos intercalados com arenitos finos, cor violácea. Nos folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuro a violáceos, ocorrem concreções de marga.
				Irati		Folhelhos e siltitos pretos, folhelhos pirobetuminosos e margas calcáreas.
				Palermo		Siltitos cinza-escuros, siltitos arenosos cinza-claro, interlaminaados, bioturbados, com lentes de arenito fino na base.
		Inferior/Superior	Grupo Guatá	Rio Bonito	Membro Siderópolis	Arenitos cinza-claro, finos a médios, quartzosos, com intercalações de siltitos carbonosos e camadas de carvão
					Membro Paraguaçu	Siltitos cinza-escuro, com laminação ondulada, intercalado com arenitos finos.
					Membro Triunfo	Arenitos cinza-claro, quartzosos ou feldspáticos, sigmoidais. Intercala siltitos.
		Inferior	Grupo Itararé	Rio do Sul		Folhelhos e siltitos várvidos com seixos pingados, arenitos quartzosos e arenitos arcoseanos, diamictitos e conglomerados. A nível de afloramento, constitui espessa sequência rítmica.
PRÉ-CAMBRIANO		Superior	Granitóides tardi a pós tectônicos			Granitos e granitóides de cor cinza-avermelhado, granulação média à grossa, textura porfirítica ou porfiróide, constituídos principalmente por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como acessório, ocorre titanita, apatita, zircão e opacos. São aparentemente isotropos e recortados por veios aplíticos ou pegmatíticos.

3.3 Geomorfologia

A bacia do rio Urussanga, situada no extremo sul de Santa Catarina, caracteriza-se por ser umas das mais importantes bacias fluviais do litoral sul-catarinense e abrange, parcialmente, a bacia carbonífera catarinense. Suas cabeceiras drenam um amplo anfiteatro da escarpa da Serra Geral e trechos do Planalto Meridional atravessando uma extensa baixada litorânea até desaguar no Oceano Atlântico.

A evolução geomorfológica desta bacia remete-nos à origem da fachada atlântica do litoral catarinense a partir da fragmentação do supercontinente Gondwana e abertura do Atlântico Sul durante o Cretáceo (PAUWELLS, 1941; MAACK, 1947; JUSTUS et al., 1986). Portanto, todo o cenário morfológico da costa catarinense apresenta uma história pós-cretácica. Assim sendo, o fato mais relevante é o soerguimento da margem atlântica com

formação das serras do Mar, do Tabuleiro/Itajaí e Geral, constituídas por granitos e gnaisses diversos, de idade Pré-Cambriana a Eo-Paleozóica, e por rochas sedimentares e vulcânicas de idade Paleozóica a Mesozóica, respectivamente. A Formação Serra Geral representa, na realidade, uma escarpa de borda de planalto (DUARTE, 1995) e este levantamento processou-se, provavelmente, a partir de fins do Cretáceo e ao longo de todo o Terciário, produzindo os atuais desnivelamentos superiores a 1.000m. Concomitantemente ao soerguimento, ocorreu um progressivo recuo da escarpa de borda de planalto, o que propiciou o estabelecimento de uma extensa baixada litorânea e o afloramento de rochas sedimentares de idade Permiana no litoral sul catarinense, atual sítio da Bacia Carbonífera de Santa Catarina.

Depósitos correlacionados a esta grande fase de erosão regressiva da escarpa do Montanhão (Formação Serra Geral), encontram-se tanto na plataforma continental, neste caso de idade mais antiga, remontando ao Cretáceo, quanto na planície emersa, caracterizada por sedimentos Pliocênicos a Quaternários, de natureza continental, transicional ou marinha.

3.4 Solos

A bacia do rio Urussanga apresenta uma grande variação litológica, cujo intemperismo físico e químico gerou diversos tipos de solos.

A porção mais a norte-noroeste da bacia caracteriza-se por superfícies planas, levemente sulcadas pela instalação da atual rede de drenagem. Este planalto compõe-se de intrusivas básicas à intermediárias de idade juro-cretácica (Montanhão (Formação Serra Geral)), constituindo rochas de composição básica, tais como basaltos e fenobasaltos, com desenvolvimento de geodos e rochas de composição intermediária, tais como andesitos e dacitos (HORBACH et al., 1986). A partir desse substrato rochoso desenvolveram-se, na área da bacia, Cambissolos Brunos Húmicos e, subordinadamente, Terra Roxa Estruturada Húmica e Solos Litólicos, todos de composição álica (KER et al., 1986). A pequena espessura destes solos, a despeito do relevo, em geral pouco acidentado, pode estar relacionada às baixas temperaturas encontradas neste alto planalto, pois baixas temperaturas retardam a velocidade de intemperismo químico das rochas e da matéria orgânica.

Geralmente estes solos apresentam uma fertilidade natural (principalmente em decorrência da decomposição química dos basaltos), mas sua baixa profundidade e alta saturação em alumínio (solos predominantemente rasos e álicos) são fatores limitantes para as práticas agrícolas.

Esta escarpa caracteriza-se por um relevo de transição de morfologia muito acidentada. Este escarpamento, com aproximadamente 700m de desnível, apresenta direções aproximadas NE-SW e N-S e localiza-se nas cabeceiras da região noroeste desta bacia.

Esses terrenos de alta declividade desenvolvem, predominantemente, solos Litólicos eutróficos ou distróficos, pedregosos e com horizonte A bem desenvolvido (KER et al., 1986). Nas altas vertentes, os solos Litólicos podem estar associados a afloramentos de rochas básicas ao passo que nas baixas encostas se associam a Cambissolos, resultantes do processo de pedogênese de depósitos de tálus.

As cristas endentadas com os sedimentos da escarpa do Montanhão caracterizam-se como interflúvios serranos entre as principais sub-bacias da bacia de drenagem do rio Urussanga, apresentando expressivos desnivelamentos. O dismantelamento erosivo dos espigões pode originar morros que se destacam na paisagem plana dos leques aluviais coalescentes. Esses terrenos com alta declividade desenvolvem solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos, de textura média, argilosa. Subordinadamente ocorrem Solos Litólicos eutróficos, pedregosos, nas porções mais elevadas e íngremes dos patamares (KER et al., 1986). Apesar de apresentarem um relevo menos enérgico e solos mais desenvolvidos e profundos em relação aos da escarpa principal da Serra Geral, estes terrenos apresentam também uma alta vulnerabilidade frente aos processos erosivos e movimentos de massa.

A Depressão da Zona Carbonífera Catarinense abrange o norte e a área central/oeste da bacia do rio Urussanga e caracteriza-se por um relevo de colinas e morros, com média a alta densidade de drenagem, situados no sopé da escarpa da Serra Geral. A geração desta depressão está diretamente relacionada à erosão regressiva da escarpa da Serra Geral e à exumação de rochas Permianas da Bacia do Paraná, das quais algumas contêm jazidas de carvão mineral.

Este conjunto diversificado de rochas sedimentares, esculpido em um terreno movimentado de colinas e morros de baixa amplitude de relevo, desenvolve, predominantemente, solos profundos, de baixa fertilidade natural e horizonte B textural, onde se destacam os Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos e os Podzólicos Latossólicos Vermelho-Amarelos álicos, de textura média a argilosa. Subordinadamente também ocorrem solos Podzólicos Bruno - Acinzentados álicos e Latossolos Vermelho-Amarelos álicos. Os terrenos embasados pelas básicas desenvolvem solos de textura argilosa a muito argilosa, destacando-se a Terra Roxa Estruturada distrófica e os Cambissolos Húmicos álicos, (JUNGBLUT, 1995).

Na porção correspondente aos Leques Aluviais, os solos tendem a ser jovens com predomínio de Cambissolos eutróficos e distróficos. Em situações de pedogênese mais avançada, foram desenvolvidos solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos. Possivelmente a boa aptidão agrícola destes solos, em relevos mais suavizados e de boa fertilidade natural, contribuíram para uma ocupação antrópica mais efetiva desta porção da bacia.

As planícies aluviais nas proximidades dos contrafortes da Serra Geral, tendem a ser conglomeráticas devido à maior competência de transporte, apresentando, progressivamente, uma granulometria mais fina em direção à foz do rio Urussanga. Desta forma, desenvolvem-se a montante Solos Aluviais, gradativamente substituídos por Solos Gley Pouco Húmicos e por Gley Húmicos, à medida que a várzea se apresenta mais extensa e alagável, em direção à jusante. Os solos Gley, que predominam nos baixos cursos flúvio-lagunares, são em geral solos de textura argilosa, podendo apresentar horizonte A chernozêmico. Em terraços fluviais mais antigos, podem desenvolver-se Cambissolos eutróficos e distróficos de textura argilosa.

No caso dos terraços marinhos, GIANINI; SUGUIO (1994), estudando essas formações arenosas na região, verificaram que existe um processo de pedogênese mais avançado nas formações pleistocênicas que consistem de terraços marinhos e dunas fixas de areias cimentadas e escurecidas, com presença de limonita. Já os terraços marinhos holocênicos e, as dunas ativas ou semi-estabilizadas, apresentam areias claras e inconsolidadas, pouco pedogeneizadas.

As formações arenosas pleistocênicas apresentam, predominantemente, areias quartzosas distróficas e álicas, podendo também ocorrer solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos, de textura arenosa quando submetidos a um grau de pedogênese mais avançado, (JUNGBLUT,1995)..

As formações arenosas holocênicas, por sua vez, também apresentam um predomínio de areias quartzosas distróficas e álicas, com ocorrência de dunas. São também encontrados Podzóis Hidromórficos, ocupando depressões embrejadas (baixios de lama) entre os cordões litorâneos.

Inserida na baixada litorânea, entre as gerações de terraços marinhos, ocorre a Planície Lagunar. Estes terrenos consistem de sedimentos argilo-arenosos a argilosos, ricos em matéria orgânica, de idade holocênica, resultantes de processos de progressiva colmatagem de extensas paleo-lagunas.

Essas planícies alagadas tendem a desenvolver solos orgânicos distróficos em ambiente palustre, em condições de lenta decomposição de matéria orgânica.

Subordinadamente ocorrem também Gley Pouco Húmicos, distróficos, de textura argilosa, e algumas turfeiras.

3.5 Cobertura vegetal

A região sul de Santa Catarina foi, originalmente, coberta pela Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica de Encosta). O termo Ombrófila deve-se à excelente distribuição de chuvas (em grego = ombros). O termo “densa” revela que a floresta se desenvolvia de forma exuberante, constituída de árvores vigorosas, com largas copas perenifoliadas, resultando uma cobertura fechada, de aspecto denso.

Os primeiros colonizadores europeus aqui chegados, durante o século XIX, iniciaram a derrubada desta floresta para implantarem suas casas e benfeitorias e para estabelecerem áreas de cultivo para subsistência e para a criação de gado. Em consequência disso, o desmatamento foi-se acelerando. Abriram-se estradas, novas áreas agropecuárias, e passou-se a utilizar progressivamente maiores quantidades de lenha com fins energéticos nas estufas de fumo, olarias, cerâmicas e outras indústrias. As espécies de valor comercial tais como canela, louro, cedro, ipê e itaúba passaram a ser exploradas intensamente, de forma seletiva, para atender às demandas dos setores da construção civil, mobiliário, entre outros. Nas áreas mais planas, onde as árvores mais freqüentes consistiam na espécie baguaçu, peroba, ipê-amarelo, figueira, sobragi, palmiteiro, bacopari, entre outras, ocorreu o desmatamento para a implantação de áreas de cultivo de arroz em rotação com a pecuária.

Com isso, na bacia do rio, os remanescentes da floresta nativa estão localizados quase exclusivamente nas escarpas do Montanhão (Serra Gera)l, onde a vegetação florestal encontra-se quase inteiramente preservada devido a condições de pouca acessibilidade, aliadas a sua inaptidão agrícola. Apenas esparsos segmentos das baixas vertentes apresentam alguma ocupação, ainda que de forma rarefeita. Ocorrem ainda em pequenos nichos ao longo da bacia, distribuídos nas propriedades rurais.

A despeito da pouca espessura dos solos existentes ao longo do escarpamento, este é recoberto por floresta tropical (“Mata Atlântica”) montana e sub-montana, estando próximo aos limites meridionais de sua ocorrência fitogeográfica (TEIXEIRA et al., 1986). Tal fato deve-se ao clima extremamente chuvoso neste trecho de borda de planalto, condicionado por chuvas orográficas, onde a muralha montanhosa retém boa parte da umidade trazida pelos sistemas frontais e propicia um aumento da pluviosidade na serra em detrimento do planalto, situado a sotavento.

As áreas florestadas existentes ao longo de cursos de água são denominadas matas ciliares ou ripárias e de galeria (HUECK; AB'SABER apud CITADINI-ZANETTE, 1995). As matas ciliares são definidas como “matas ecológicas”, pois, de acordo com as condições locais de topografia, clima e solos, apresentam tipos fisionômicos bem definidos. Porém, em Santa Catarina, a maior parte da vegetação marginal aos cursos de água foi substituída por culturas cíclicas e pastagens, devido à proximidade da água e à fertilidade do solo. De acordo com KLEIN et al. apud CITADINI-ZANETTE (1995, p. 3), “a ocorrência dessa formação ficou restrita aos trechos de difícil acesso, como depressões e encostas íngremes.”

Ao longo do litoral encontram-se formações vegetais de origem primária, denominadas restinga (SANTA CATARINA, 1997a). Por sua localização junto ao litoral, as restingas têm sido, desde a colonização européia, submetidas a um intenso processo de degradação ambiental.

3.6 Clima

A caracterização do clima de uma determinada região deve tomar em consideração vários fatores, tais como: radiação solar, latitude, continentalidade, massas de ar, correntes oceânicas. Estes fatores condicionam os elementos climáticos como temperatura, precipitação, umidade do ar, pressão atmosférica, entre outros (BACK, 1999). Segundo estudos realizados por PANDOLFO; BRAGA (2002), “existe alta correlação entre as temperaturas do Estado de Santa Catarina em relação à longitude, latitude e a altitude”.

A bacia do rio Urussanga caracteriza-se por apresentar uma expressiva variação na altitude. Na faixa costeira a altitude é pequena, inferior a 100 metros; nas proximidades do sopé da escarpa até o seu topo, varia de 200 a mais de 1400 metros. Este relevo, por sua vez, proporciona o aparecimento de chuvas orográficas e convectivas regionais, afetando a espacialidade das precipitações.

3.6.1 - Classificação climática

De acordo com o Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (2002), a bacia do rio Urussanga insere-se em uma região que, segundo o sistema de classificação climático de Köppen, se enquadra no clima do grupo C - mesotérmico, uma vez que as temperaturas médias do mês mais frio estão abaixo dos 18°C e acima de 3°C, e neste grupo, ao tipo (f) sem estação seca distinta (Cf), pois não há índices pluviométricos mensais inferiores a 60 mm. Quanto à altitude da região, o clima se distingue por subtipo de verão (a), com temperaturas médias nos meses mais quentes de 28°C (Cfa).

O clima da região sul é caracterizado pela ação de massas de ar intertropicais quentes e massas polares frias, sendo as últimas responsáveis pelo caráter mesotérmico do clima, de efeito acentuado, atuando, porém, em ondas esparsas, dominadas parcialmente pelas massas intertropicais - “Tropical Atlântica” de ação complementar. As oscilações da frente polar que atingem o território catarinense durante todo o ano imprimem sobre o seu clima dois aspectos característicos: a instabilidade do tempo e a elevada pluviosidade no decorrer do ano. O predomínio das chuvas de verão se faz por interferência de expansão da massa equatorial continental para o sul, estendendo-se até o litoral sul do Estado.

Para a descrição climática da área em estudo utilizaram-se os dados da estação meteorológica da Epagri, de Urussanga, por ser representativa da região, e os dados de precipitação de algumas estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). A tabela 1 apresenta valores médios mensais das variáveis meteorológicas registradas em Urussanga (BACK, 1997). Os dados de precipitação pluviométrica referem-se ao período de 1949 a 1996. Nas demais variáveis meteorológicas foram utilizadas as séries de dados registradas no período de outubro de 1980 a dezembro de 1996. A evapotranspiração potencial de Urussanga foi calculada de pelo método Penman-Monteith.

3.6.2 - Temperatura

No território catarinense evidenciam-se as características subtropicais, sendo que os valores de temperatura sofrem forte influência da altitude, com os menores valores registrados nos pontos de cota mais elevada. Segundo EPAGRI (1999), na sub-região sul do estado a temperatura média anual varia de 17,0 a 19,3° C. A temperatura média das máximas varia de 23,4 a 25,9° C, e das mínimas, de 12,0 a 15,1° C. Podem ocorrer, em termos normais, de 0,3 a 11,0 geadas por ano. Os valores de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2° C são relativamente baixos (de 164 a 437 horas acumuladas por ano). A insolação total normal anual varia de 1.855 a 2.182 horas nesta sub-região (THOMÉ et al., 1999).

3.6.3 - Precipitação Pluviométrica

O litoral sul do estado é caracterizado pelos menores valores de precipitação total anual, variando de 1.220 a 1.660 mm, com um total anual de dias de chuva entre 98 e 150 dias (EPAGRI, 1999). Em geral, a precipitação está bem distribuída durante o ano devido às características do relevo e à atuação da Massa Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica que, por sua constância, fazem com que não ocorra uma estação seca (SANTA CATARINA, 1986). A tabela 2 localiza a estação pluviométrica de Urussanga:

Tabela 2: Localização da estação pluviométrica de Urussanga:

<u>Município</u>	<u>Estação</u> <u>nº</u>	<u>Coordenado</u> <u>pela</u>	<u>Localização:</u>	<u>Localização:</u>	<u>Cota:</u>	<u>Período:</u>
Urussanga	02849011	:EPAGRI	28°31'00"	49°19' 19"	48 m	1949-1998

Tabela 3: Valores médios mensais das variáveis meteorológicas registradas na estação meteorológica de Urussanga, SC. (Adaptado de BACK, 1997).

Variável	Mês do ano												total anual
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Temp. média (°C)	24,0	24,0	22,7	20,4	17,0	14,5	14,1	14,4	16,5	18,3	20,9	19,1	
Temp. máxima (°C)	29,9	30,0	28,9	26,8	24,0	22,0	21,6	22,0	23,6	24,4	27,1	25,8	
Temp. mínima (°C)	19,1	19,2	18,0	15,6	12,0	9,2	8,9	9,0	10,9	13,2	15,4	14,0	
Precipitação (mm)	200,1	201,8	174,8	99,1	94,2	81,8	95,5	112,8	129,5	130,4	119,2	132,	1593,5
													8
Umid. Rel. (%)	83,2	84,1	85,4	86,1	87,1	87,5	86,8	85,2	82,2	82,5	80,5	84,1	
vento(m.s-1)	2,1	2,3	2,5	2,4	2,3	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	2,5	
insolação (h/dia)	5,4	5,6	5,6	5,2	5,0	4,8	4,6	4,9	4,6	4,6	5,7	5,1	
Insolação (h/mês)	167,4	158,2	173,6	156,0	155,0	144,0	142,6	151,9	138,0	142,6	171,0	156,	1873,9
													2
Evapotranspira ção (mm)	131,9	116	108,9	82,0	62,9	51,0	57,1	70,8	84,6	112,2	126,1	126,	1138,9
													2

Para a comparação dos regimes pluviométricos consideraram-se as séries de dados de 1977 a 1998. Na tabela 4 constam os totais mensais e anuais, e na tabela 5 estão os valores de número de dias de chuva igual ou maior que os limites de 0,1; 1,0; 5,0; 10,0; e 50,0 mm. Na tabela 6 está indicada a intensidade média diária das chuvas, calculada pela divisão da precipitação média mensal pelo número de dias de chuva maior ou igual a 0,1 mm.

Tabela 4: Totais médios mensais e anuais de precipitação pluviométrica observada no período de 1977 a 1998

Mês	Urussanga
Janeiro	210,4

Fevereiro	222,3
Março	154,0
Abril	106,0
Maio	111,1
Junho	86,3
Julho	122,6
Agosto	106,7
Setembro	123,0
Outubro	149,4
Novembro	137,2
Dezembro	195,5
Anual	1724,5

Tabela 5: Número de dias de chuva observada na estação pluviométricas no período de 1977-1998

Urussanga

Limite	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez	Ano
>0,1 mm	16,1	15,0	14,0	10,7	9,3	9,0	10,5	10,0	12,0	14,0	13,0	14,1	147,6
>1,0 mm	14,5	13,4	12,1	8,5	7,9	7,0	8,8	8,4	9,8	11,2	11,1	12,5	125,0
>5,0 mm	9,8	9,3	7,6	4,8	4,8	4,1	5,8	5,5	6,0	7,1	7,0	8,1	79,9
>10 mm	6,7	6,6	4,7	3,2	3,5	2,3	4,0	3,8	3,9	4,7	4,4	5,6	53,4
>50 mm	0,64	0,55	0,23	0,23	0,36	0,18	0,32	0,27	0,32	0,32	0,36	0,64	4,41

Tabela 6: Intensidade média da precipitação (mm/dia)

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov	Dez	Ano
Urussanga	13,1	14,9	11,0	9,9	11,9	9,6	11,7	10,6	10,2	10,7	10,5	13,8	11,7

Quanto às características das precipitações, observam-se algumas diferenças sazonais. Os meses de dezembro a março são caracterizados por chuvas mais freqüentes e de maior intensidade. Por outro lado, os meses de maio a setembro são caracterizados pela menor intensidade e menor freqüência das chuvas.

Ainda segundo Santa Catarina (2000), o número de dias de chuva por ano é de 148 para a estação pluviométrica de Urussanga.

3.6.4 Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial refere-se à quantidade de água necessária para cobrir as perdas por evaporação e transpiração de uma área coberta por vegetação verde, de porte baixo, sem restrições de umidade. Os valores de evapotranspiração estão diretamente relacionados aos dados da temperatura, umidade do ar, insolação e velocidade do vento.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios mensais de evapotranspiração potencial, estimados pelo método de Penman-Monteith para Urussanga (BACK, 1997). Observa-se que os valores são máximos no verão e mínimos no inverno. Somente no mês de novembro os valores de evapotranspiração superam os valores de precipitação, caracterizando-se assim como o mês com maior risco de déficit hídrico.

3.6.5 Balanço Hídrico

O balanço hídrico climatológico, desenvolvido por THORNTHWAITE; MATHER (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo pela chuva (P) e da demanda atmosférica pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal.

Na figura 2 está representado o balanço hídrico médio mensal, segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), considerando-se a capacidade de armazenamento de 100 mm. Nestes balanços hídricos consideraram-se os dados de Evapotranspiração calculados pelo método de Thornthwaite com os dados da estação meteorológica de Urussanga, e os dados de precipitação constantes na Tabela 4.

Observa-se que em termos médios a precipitação supera a evapotranspiração em todos os meses.

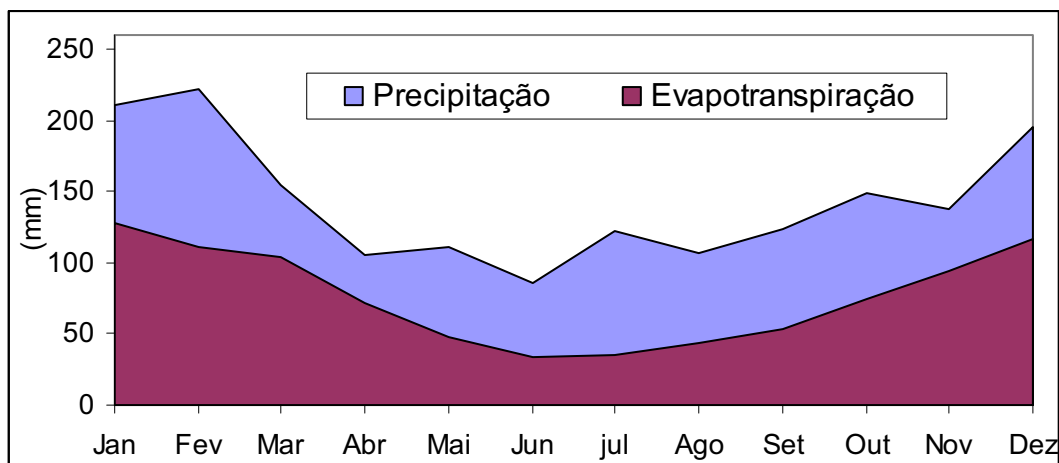


Figura nº 2: Balanço hídrico mensal de Urussanga.

4 - PRINCIPAIS ATIVIDADES RESPONSÁVEIS PELA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De acordo com FOSTER et al. (1987), os maiores e mais sérios riscos de contaminação das águas subterrâneas estão relacionados aos sistemas de saneamento sem coleta e tratamento, às atividades agrícolas, à infiltração de águas contaminadas provenientes de rios e a várias atividades industriais, especialmente aquelas com disposição de efluentes líquidos.

A qualidade dessas águas vem sofrendo degradação à medida que o homem ocupa o solo, gerando efluentes e/ou resíduos domésticos e industriais, dispostos no meio ambiente sem tratamento ou de forma inadequada. Outro fator agravante é a impossibilidade de recuperação de aquíferos muito contaminados, principalmente quando os contaminantes são extremamente tóxicos, como os compostos organo-sintéticos. Em vários países as tentativas de limpeza têm demonstrado que os resultados obtidos são muito limitados. O problema, além de econômico, é principalmente de ordem técnica, pois até então não existem métodos que permitem a remoção completa de produtos contaminantes dos aquíferos. Diante deste panorama, chega-se à conclusão que o melhor caminho é a prevenção para diminuir a contaminação. A preservação consiste em estabelecer-se um programa claro e eficiente de proteção de aquíferos e de controle das atividades humanas, planejando-se e ordenando-se a ocupação e o uso do solo.

A identificação das áreas com maior risco de degradação dos aquíferos é condição essencial para o desenvolvimento de estratégias que visem à preservação dos recursos

hídricos, priorizando a aplicação de recursos técnicos e financeiros nos locais de maior interesse socioeconômico e ambiental.

É conveniente lembrar que em grande parte da bacia do rio Urussanga o maior comprometimento das águas subterrâneas está relacionado às diversas atividades de lavra e beneficiamento de carvão.

A poluição hídrica causada pela drenagem ácida é provavelmente o impacto mais significativo das operações de mineração e beneficiamento do carvão mineral. Essa poluição decorre da infiltração da água de chuva sobre os rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento, que alcança os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. Essa água adquire baixos valores de pH (<3), altos valores de ferro total, sulfato total além de vários outros elementos tóxicos que impedem a sua utilização para qualquer uso e destroem a flora e a fauna aquáticas (ALEXANDRE; KREBS, 1995). Também há potencial de contaminação do solo e subsolo em áreas não recobertas por material oriundo da mineração. Isso ocorre através da inundação de regiões não contaminadas com águas de drenagens ácidas e pelo avanço da pluma de poluição, a partir das áreas já poluídas. Nas proximidades de centros urbanos, onde ocorre uma grande concentração de indústrias com alto potencial poluidor e uma alta concentração urbana, o comprometimento das águas superficiais e de parte das águas subterrâneas é ainda maior devido à interferência destas outras fontes de poluição.

FOSTER et al. (1987) ressaltam ainda que as ameaças mais sérias no tocante à orientação da Organização Mundial de Saúde (OMS), no que se refere à qualidade da água potável, relacionam-se às concentrações de nitratos que se incrementam em grandes proporções e, mais ainda, a episódios cada vez mais freqüentes de contaminação causada por hidrocarbonetos halogenados voláteis.

Sob certas condições hidrogeológicas, algumas unidades de tratamento de esgoto apresentam riscos de uma migração de bactérias e vírus patogênicos para o interior dos aquíferos e fontes de água subterrânea, sendo responsáveis pela transmissão de agentes patogênicos em surtos de epidemia. Os compostos de nitrogênio nos excrementos não representam um perigo imediato para as águas subterrâneas, porém podem causar problemas mais amplos e persistentes. Ainda de acordo com FOSTER et al. (1987), uma população de 20 pessoas/ha representa uma descarga de cerca de 100 kg/ha/a ao solo que, oxidada e lixiviada, com 100 mm/a de infiltração, poderão resultar numa recarga local de água subterrânea com uma concentração de 100 mg de $\text{NO}_3\text{-N/l}$. É provável que provoque maiores problemas em zonas áridas onde não têm um significativo fluxo regional no aquífero.

O uso de fertilizantes, herbicidas e pesticidas nas atividades agrícolas também é outro importante fator de contaminação dos recursos hídricos. Nos países industrializados é mais freqüente o uso de fertilizantes inorgânicos, produzidos industrialmente, enquanto que nos países em desenvolvimento empregam-se geralmente dejetos humanos ou de animais como fertilizantes orgânicos.

Dentre os fertilizantes, o principal contaminante é o nitrogênio na forma de nitrato. O nitrato move-se com a água subterrânea e pode atingir extensas áreas. Concentrações superiores aos limites permissíveis para a água potável são encontradas em muitas regiões agrícolas do mundo como, por exemplo, na Inglaterra (FOSTER; CREASE, 1972), Alemanha (GROBA; HAHN, 1972) e Estados Unidos (SPALDING et al., 1978).

GAUJOUS (1993), estudando a vulnerabilidade de sistemas aquíferos na França, ressalta, em particular, a forte vulnerabilidade daqueles aquíferos relacionados aos leques aluviais. Alguns são de um cuidado específico (planície do Reno, Mosele, leste de Lyon) devido a problemas de poluição por fontes difusas, relacionadas a atividades agrícolas (nitratos, pesticidas).

O referido autor conclui que é conveniente realizar-se uma vigilância muito grande sobre a evolução da qualidade das águas subterrâneas, garantir dispositivos da preservação da qualidade (perímetros de proteção) e lembrar-se do caráter pernicioso (fenômenos hidrogeológicos longos, micro poluentes) de certas fontes de poluição.

Sempre de acordo com GAUJOUS (1993), as principais fontes de poluição dos lençóis subterrâneos na França são nitratos, pesticidas e tóxicos. No caso da poluição por nitratos, as principais causas são: poluição doméstica e industrial; agricultura e criação (chiqueiros de porco na Bretanha) e poluição atmosférica. O aumento do teor em nitratos é constatado em toda a França. Os problemas são freqüentemente difusos.

Os problemas para a saúde humana é a transformação dos nitratos em nitritos no estômago dos lactentes, o que causa um problema de oxigenação do sangue e um risco cancerígeno (por transformação em nitrosamina).

Sob certas condições, os nitratos desaparecem naturalmente nas águas subterrâneas. É o caso da seqüência de calcário ao sul de Lille, onde se observa uma brusca redução dos nitratos quando o aquífero passa sob cobertura argilo-arenosa. Esta redução se deve a fenômenos bacterianos.

No caso da poluição por pesticidas, alguns são encontrados em doses críticas nas águas subterrâneas. É o caso da atrazina. É uma poluição difusa, com doses muito fracas. Este problema é muito preocupante para o abastecimento da água potável, mesmo se

pensando que certos limites legais são atualmente muito rígidos em relação ao risco sanitário efetivo e que estudos toxicológicos e epidemiológicos mais avançados poderão, no futuro, modular-se à norma atual (1 µg/l), segundo as substâncias identificadas.

No caso dos tóxicos, trata-se geralmente de poluição pontual, de caráter “acidental”, de natureza e de origem diversas. Uma causa freqüente é a infiltração de resíduos estocados (em descargas, em áreas industriais). O problema surge por ocasião da localização e identificação das substâncias, com vistas à busca das origens e da responsabilidade. Por exemplo, uma poluição em Ilzach (planície da Alsácia) conduziu a litígios com os industriais durante vários anos (GAUJOUS, 1993).

Por sua vez, o impacto da agricultura irrigada sobre as águas subterrâneas pode ser muito grande. Em algumas zonas áridas com solos permeáveis, o cultivo das terras com sistemas ineficientes de irrigação tem gerado como efeito um novo recurso de água subterrânea. A sobre-irrigação, contudo, pode causar grandes incrementos no nível freático e resultar na salinização do solo e da água subterrânea devido à evaporação freática direta (FOSTER et al., 1987).

Na bacia do rio Urussanga ocorrem extensas áreas de cultivo de arroz irrigado e, de maneira subordinada, fumo e maracujá, que utilizam grandes quantidades de fertilizante e de pesticida. Os trabalhos de campo desenvolvidos neste estudo, mais uma vez evidenciaram que grande parte das áreas de rizicultura é irrigada com águas ácidas aduzidas do rio Urussanga. Esta prática continua causando uma recarga artificial do aquífero relacionado aos Depósitos de Leques Aluviais e, conseqüentemente, contribuindo para a degradação do referido aquífero.

Na área costeira, onde ocorrem excelentes sistemas aquíferos relacionados aos depósitos arenosos de origem praial e retrabalhamento eólico, existe um sério risco de contaminação das águas subterrâneas devido à possibilidade de avanço da cunha salina, possivelmente retratado nos mapas de contorno potenciométrico e de condutividade elétrica, que poderá ser ocasionado pela sobre-exploração do referido aquífero.

Durante a fase de cadastramento de pontos de água, constatou-se que nas proximidades da maioria das indústrias, capta-se água destes aquíferos para suprir suas demandas, utilizando sistemas integrados de ponteiros (corresponde a várias ponteiros interligadas, explotadas por uma única bomba). Na região balneária, praticamente todo o abastecimento doméstico é realizado utilizando-se poços tipo ponteiros.

4.1 Vulnerabilidade Natural e Riscos de Contaminação dos Aquíferos

Em se tratando de uma área onde os recursos hídricos superficiais estão seriamente comprometidos pelas diferentes fontes de poluição e os recursos hídricos subterrâneos são abundantes e ainda pouco explorados, a determinação da vulnerabilidade natural às cargas contaminantes e, a definição do risco de contaminação dos diferentes sistemas aquíferos, é ferramenta necessária ao planejamento das ações governamentais de controle e proteção desses mananciais subterrâneos, bem como à futura implantação de um sistema de gestão de recursos hídricos nesta bacia.

Segundo FOSTER et al. (1987), a definição de risco de poluição das águas subterrâneas é conceituada como a interação 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.

O termo “vulnerabilidade de aquíferos” surgiu pela primeira vez no início da década de 1960, introduzido pelo hidrogeólogo francês J. Margat (VRBA; ZOPOROZEC, 1994). Entretanto, foi a partir da década de 1970, com a criação da legislação americana para proteção de recursos hídricos subterrâneos, que começaram a ser difundidos vários métodos de classificação, objetivando a criação de classes comparativas de vulnerabilidade de aquíferos.

O crescente uso da água subterrânea e a necessidade de preservação deste recurso dentro de uma estratégia adequada de planejamento forçaram a criação de normas e regulamentações que visassem à proteção das águas subterrâneas. Segundo ALLER et al. (1987), muitos métodos foram desenvolvidos com o objetivo de definirem-se locais para a disposição de rejeitos variados, seja em aterros sanitários ou resíduos líquidos. Porém, os autores destacam o sistema desenvolvido por LeGRAND (1964) e uma versão modificada utilizada pela U. S. EPA (Environmental Protection Agency).

O conceito de vulnerabilidade natural dos aquíferos é baseado no fato de que o meio físico possui características capazes de atenuar e proteger a água disposta no subsolo de cargas contaminantes específicas, seja esta natural ou de contribuição humana.

É importante o entendimento claro das diferenças entre risco e vulnerabilidade à contaminação. O conceito de risco é muito comumente confundido com o de vulnerabilidade natural do sistema aquífero. Porém, cabe chamar a atenção de que o primeiro envolve a existência de uma fonte potencial contaminante, enquanto o segundo, como dito, depende apenas das características do meio físico.

Vários métodos, dentro das mais variadas concepções, foram desenvolvidos para a avaliação da vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos. Entretanto, todos se equivalem no conceito de que o resultado é sempre comparativo, sem apresentar valores absolutos que reflitam um padrão universal de vulnerabilidade. O objetivo final é sempre o de classificarem-se áreas com graus homogêneos de vulnerabilidade, que podem ser maiores ou menores que os das áreas vizinhas. A aplicabilidade destes métodos, além da limitação óbvia de necessitar de informações sobre o meio físico, tem uma outra grande restrição que é o fator de escala, não sendo indicados em estudos de detalhe de casos específicos, pois, para este objetivo deveriam ser agregadas técnicas mais apropriadas.

A principal utilidade dos mapas de vulnerabilidade está no suporte à decisão de planejadores, principalmente ligados a órgãos governamentais municipais, estaduais ou federais, no gerenciamento do uso e ocupação de seus territórios, auxiliando-os na escolha de áreas mais favoráveis à implantação de empreendimentos potencialmente poluidores. VRBA; ZOPOROZEC (1994) apresentam interessante tabela (Tabela 7) sobre os principais tipos de mapa de vulnerabilidade:

Tabela 7: Classificação de mapas de vulnerabilidade da água subterrânea (adaptado de VRBA; ZAPOROZEC, 1994).

Tipo de Mapa	Escala	Propósito e Conteúdo	Representação Gráfica
Regionais, sinóticos	1:500.000 ou menor	Planejamento geral, tomada de decisão e cenário político em proteção de água subterrânea nacional ou internacional; propósito educacional. Mapas sintéticos mostrando a vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea, sem detalhes locais.	Mapas compilados manualmente ou atlas com notas explanatórias; mapas utilizando processos computacionais não são freqüentes.
Esquemáticos	1:500.000 a 1:100.000	Planejamento regional, regulamentação e gerenciamento da proteção da água subterrânea, determinação de problemas de contaminação difusa. Alguns detalhes locais não aparecem, devem ser seguidos de mapeamentos específicos.	Mapas compilados manualmente ou mapas e atlas bi- e/ou tri- dimensionais feitos com auxílio computacional

Operacionais	1:100.000 a 1:25.000	Desenvolvimento de programas de proteção de água subterrânea e planejamento de uso do solo local. Mapas analíticos descrevendo a vulnerabilidade da água subterrânea em uma extensão de área em relação ao tempo de trânsito de um contaminante específico.	Mapas digitais bi- ou tri-dimensionais ou mapas compilados manualmente; perfis e diagramas crementam sua utilidade.
Específicos ou com propósito especial	1:25.000 ou maior	Mapas com propósitos e locais específicos, para planejamento de cidades e proteção de poços. Expressa problemas locais de vulnerabilidade da água subterrânea. Requer dados representativos; investigações específicas do local são normalmente necessárias.	Mapas digitais bi ou tri-dimensionais ou diagramas e mapas de grids.

5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O ESTUDO HIDROGEOLÓGICO

Para realizar-se a caracterização hidrogeológica da área da bacia do rio Urussanga, adotaram-se os procedimentos a seguir descritos:

5.1 Obtenção de Dados Existentes

Inicialmente consideraram-se as informações obtidas através do inventário de todos os pontos de água, constituídos por poços tubulares profundos, ponteiros, poços escavados e nascentes, disponíveis em trabalhos já realizados. A partir de setembro de 2004, com o objetivo de buscarem-se mais informações a respeito dos pontos de água, foram feitas várias visitas a campo para complementar o cadastro destes pontos.

À partir destas informações, montou-se um banco de dados em Access o qual contém todas as informações do ponto de água cadastrado tais como identificação do poço, proprietário, local, laudos de análises (se existentes), dados construtivos (no caso de poços tubulares profundos), perfis litológicos, nível estático e nível dinâmico, entre outras.

Com relação aos aspectos geológicos e estruturais, consideraram-se as informações disponíveis nos diversos relatórios de mapeamento geológico realizado na região pela CPRM para o DNPM, tais como: SCHULZ; ALBUQUERQUE e RODRIGUEZ (1970) pela CPRM,

através do Programa de Levantamento Geológico Básico – PLGB; SILVA e LEITES (2001), PETROBRÁS (1970) e, com relação à geologia da planície costeira, foram consideradas as informações disponibilizadas por CARUSO (1995), CARUSO (1997), KREBS (2004) e DUARTE (1995).

Examinaram-se também vários documentos relacionados à pesquisa de carvão, os quais contêm informações a respeito da geologia da região e do contorno estrutural da lapa da camada de carvão (Camada Barro Branco e Camada Bonito). Dentre estes documentos, podem-se destacar os seguintes: ABORRAGE; LOPES (1986), FABRÍCIO et al. (1973), CAYE et al. (1975), KREBS et al. (1982 e 1983). Também foram analisados mapas de controle de lavra de carvão em superfície e subsuperfície, obtidos junto ao DNPM e a empresas que desenvolvem ou já desenvolveram atividades na região carbonífera do sul de Santa Catarina.

A leitura e a análise dos referidos relatórios e mapas geológicos deixaram evidente a necessidade de elaborar-se um novo mapa geológico para demonstrar principalmente o comportamento estrutural dos blocos falhados bem como detalhar melhor a geometria dos principais lineamentos estruturais presentes nesta bacia, visto que os mapas existentes não correspondem às informações constantes nos perfis litológicos e mapas de controle de lavra em subsolo.

Por este motivo, antes de realizar-se o estudo hidrogeológico, procedeu-se à execução de um novo mapeamento geológico, dando-se atenção especial aos aspectos estruturais e litofaciológicos.

5.2 Elaboração do Mapa Geológico

Para a elaboração do referido mapa, adotou-se a seguinte série de procedimentos:

- Reinterpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite;
- Trabalhos de campo;
- Confecção do Mapa Geológico.

5.2.1 Reinterpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite

Foram reinterpretadas fotografias aéreas convencionais, escala 1:25.000, datadas de 1976/78, obtidas pelos Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul S.A, fotografias aéreas escala 1:40.000, datadas de 2002, obtidas pela Aeroimagem S.A, e fotografias em branco e preto, escala 1:60.000, datadas de 1965, obtidas pelo Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul S.A, disponíveis na CPRM/PA e no DNPM. Também foram interpretadas imagens do satélite

LANDSAT – TM, escala 1:100.000, nos diversos canais obtidos em diferentes datas disponíveis na CPRM/PA. Através da análise das referidas fotos e imagens, foi possível delimitarem-se os principais sistemas de falha que seccionam toda a área correspondente à bacia do rio Urussanga. Os trabalhos de fotointerpretação serviram também para definirem-se com maior precisão os contatos geológicos entre as diferentes unidades geológicas presentes.

Constatou-se que a maioria dos mapas geológicos consultados apresentavam muitas inconsistências no que se refere aos contatos geológicos e ao basculamento de blocos falhados.

Todos os elementos fotointerpretados foram lançados em uma base cartográfica, escala 1:50.000, do IBGE, para posterior cheque de campo.

5.2.2 Trabalhos de campo

Para a realização deste mapeamento, contou-se com o apoio da CPRM e com a infraestrutura disponibilizada pelo Sindicato da Indústria de Extração de Carvão de Santa Catarina – SIECESC, em Criciúma, através de seu Núcleo de Meio Ambiente. Contou-se também com o apoio da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, através do seu Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT.

5.2.3 Confecção do mapa geológico

Após terem sido estabelecidos os contatos geológicos e as relações de fácies bem como definido o comportamento estrutural do maciço rochoso e dos depósitos de cobertura, procedeu-se à elaboração do Mapa Geológico em escala 1:100.000.

A representação em mapa das diferentes unidades geológicas foi realizada utilizando-se letras e cores. Para a representação dos elementos estruturais, falhas diques e fraturas, entre outros, consideraram-se os mesmos traços e legendas utilizados nos Mapas Geológicos do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB, desenvolvido pela CPRM em todo o território nacional. Com relação aos recursos minerais, empregaram-se diferentes símbolos para a indicação de ocorrência mineral, jazida, mina em atividade e mina desativada. Ao lado do símbolo colocou-se a sigla do mineral.

5.3 Elaboração do Estudo Hidroquímico

Para a elaboração do referido estudo, realizou-se uma série de procedimentos:

- Interpretação dos dados geológicos;
- Etapa de campo;

- Estudo hidroquímico;
- Métodos de amostragem
- Técnicas analíticas utilizadas
- Elaboração do Mapa de Fontes de Poluição;

5.3.1 Interpretação dos dados geológicos

As unidades geológicas cartografadas foram analisadas e hierarquizadas levando-se em consideração sua maior ou menor capacidade de armazenamento de água. No domínio das rochas sedimentares (Formações Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Rio do Rasto e Botucatu) bem como sedimentos terciários e ou quaternários, o armazenamento é controlado pelo maior ou menor grau de permeabilidade das rochas ou sedimentos. Neste sentido, quanto mais arenosa for a litologia, maior quantidade de espaços intergranulares ela terá e, conseqüentemente, poderá apresentar maior permeabilidade. Sabe-se que tanto as rochas sedimentares quanto os sedimentos inconsolidados presentes nesta bacia hidrográfica apresentam freqüentes variações laterais e verticais de litofácies.

No caso das rochas cristalinas, o armazenamento é controlado pelas fraturas. Desta forma, quanto mais fraturada a área maior possibilidade de ocorrência de água subterrânea ela terá.

A presença de fraturas pode ampliar a vazão de poços construídos em aquíferos com porosidade intergranular. Sabe-se também que a presença de falhas com diques de diabásio encaixados geralmente ampliam a vazão de poços construídos em aquíferos com porosidade intergranular devido às fraturas de resfriamento existentes nestes corpos intrusivos (SILVA, 1984; MACHADO, 1997).

5.3.2 Etapa de campo:

Procedeu-se primeiramente à complementação do cadastro de pontos de água. Procurou-se cadastrar todos os poços tubulares profundos construídos até então. No caso do Sistema Aquífero relacionado aos Depósitos de Leques Aluviais, verificou-se que grande parte da população rural que habita esta bacia utiliza este sistema aquífero para fins de complementação do abastecimento doméstico, através da construção de poços escavados ou sistema de poços-ponteiras. Desta forma, para efeito de cadastramento de pontos de água neste sistema, optou-se por realizar uma malha de amostragem com eqüidistância média de 2 km. Procurou-se obter o maior número possível de pontos, tendo sido cadastrados 240 pontos de água, sendo 64 referentes aos poços tubulares profundos, 98 aos poços escavados,

33 aos poços-ponteiras, e 45 às fontes, tendo também sido classificados seus usos. Estes pontos distribuem-se ao longo de toda a área da bacia, como se vê no Mapa de Fontes de Água,(Apêndice B).

Cada ponto cadastrado foi identificado no campo através de coordenadas UTM, tomadas no local com o emprego de um GPS. Estes pontos foram imediatamente plotados em uma base cartográfica escala 1:50.000, devidamente georreferenciada. Para a confirmação do local eram observadas as fotos aéreas escala 1:20.000 e 1:40.000, datadas de 2000. Ao final da campanha de cadastramento de pontos de água, com o objetivo de definir-se perfeitamente o local do ponto, utilizaram-se também as ortofotocartas escala 1:5.000. Para cada ponto preencheu-se uma ficha com todas as informações referentes à localização, ao proprietário, aos tipos de uso da água, às características geológicas e hidrogeológicas do local, à existência ou não-existência de laudos técnicos ou resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas, aos aspectos construtivos, entre outros. Estas fichas, ao final de cada dia, eram lançadas em uma tabela Excel que alimenta o banco de dados referentes aos pontos de água desta bacia, permitindo a plotagem de todos estes pontos em uma base cartográfica escala 1:100.000, georreferenciada. Foram tomadas medidas de pH, de condutividade e de temperatura em todos os pontos cadastrados, inclusive naqueles que já haviam sido cadastrados em trabalhos anteriores, ou nos poços construídos pela CIDASC, CASAN e SAMAE que possuem laudos de análises. Utilizou-se também uma máquina fotográfica digital para registrar o estado de cada ponto.

Para tomarem-se as medidas de condutividade e pH, utilizou-se um equipamento tipo ORION, modelo 1230, portátil. Utilizaram-se também condutivímetros portáteis e pHgômetros. A temperatura foi medida usando-se o ORION. Para a medida do nível estático e do nível dinâmico, quando possível, empregaram-se trenas elétricas de 25m e de 50m. A profundidade dos poços escavados foi medida com uma trena metálica acoplada a uma roldana.

Os valores pH, condutividade, temperatura, níveis estáticos e dinâmicos, profundidade do poço, além das coordenadas UTM e cota da boca, foram lançados em tabelas do Excel para posterior tratamento hidroquímico através do software AquaChem da Waterloo. A cota da boca de cada ponto de água foi definida através do modelo digital do terreno, obtido a partir das ortofotocartas escala 1:5.000, com curvas de nível intervaladas de 1m.

5.3.3 Estudo hidroquímico

Após a conclusão do cadastramento, realizou-se uma criteriosa seleção de pontos, tomando-se em consideração aspectos geológicos, estruturais, resultados de medidas de pH, condutividade e posicionamento com relação a alguma fonte de poluição. Estes pontos selecionados foram amostrados para a realização de um estudo hidroquímico. A caracterização hidroquímica das águas dos diferentes sistemas aquíferos individualizados no Mapa dos Sistemas Aquíferos, foi baseada na elaboração de gráficos semi-logarítmicos de Schöeller e de diagramas de Stiff e de Piper. Objetivando avaliar-se a utilização das águas subterrâneas para fins de irrigação, determinou-se a razão de adsorção de sódio (SAR). Tendo em vista a construção da termelétrica USITESC no município de Treviso, calculou-se também o índice de estabilidade do carbonato de cálcio (RYZNAR, 1944) e o índice de saturação definido por Langelier (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1983).

Desta forma, os parâmetros analisados foram aqueles necessários ao tratamento hidroquímico através do software AquaChem o qual permite a elaboração de diferentes gráficos e diagramas. Para este tratamento hidroquímico utilizou-se também o software Qualigraf.

Optou-se por utilizar o Diagrama de Piper para a caracterização hidroquímica das águas de cada sistema aquífero pelo fato de este permitir que se obtenha uma série de outras informações além da referida classificação hidroquímica. Nesse diagrama, os cátions (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+}) e os ânions (Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^-) são plotados em porcentagem de miliequivalentes, em duas bases triangulares. Os dados contidos nesses triângulos são projetados em um losango, possibilitando a classificação das águas em função da concentração de íons.

Com base no diagrama de Stiff, elaborou-se um mapa hidroquímico. Neste mesmo mapa construiu-se um diagrama de Piper, com representação de todos os pontos de água relacionados ao aquífero do tipo poroso e outro com todos os pontos de água relacionados ao aquífero do tipo fraturado.

Através do gráfico semi-logarítmico de Schöeller correlacionaram-se várias análises de água de diferentes pontos bem como foram comparadas amostras de águas superficiais e subterrâneas de uma mesma porção desta bacia hidrográfica. Este gráfico ressalta as relações entre íons de uma mesma amostra e variações temporais e espaciais existentes. O número de elementos representados variou de acordo com os objetivos da interpretação. Por exemplo, na área carbonífera procurou-se realizar comparações entre amostras de água de diferentes pontos, objetivando verificar-se a influência das atividades relacionadas à lavra e ao beneficiamento de carvão. Na porção correspondente à planície costeira, procurou-se

correlacionar amostras de água, visando definir-se a interferência de elementos químicos relacionados às práticas agrícolas realizadas nesta porção da bacia do rio Urussanga.

5.3.4 Métodos de amostragem

Amostrou-se cada ponto selecionado, tendo sido as amostras encaminhadas para análise no laboratório do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT, no município de Criciúma. O laboratório cedeu todos os frascos necessários e um técnico para auxiliar as amostragens.

No caso dos poços tubulares profundos, a água foi coletada na boca do poço ou em uma saída mais próxima antes de passar por reservatórios. Antes da amostragem procurou-se deixar a bomba ligada por pelo menos 30 minutos para que a água captada apresentasse suas características físico-químicas originais. Durante as coletas procurou-se representar as condições climáticas do momento, o fato de o poço estar ou não em bombeamento, bem como verificar-se a existência ou ausência de alguma fonte de poluição nas proximidades.

5.3.5 Técnicas analíticas utilizadas

As análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas das amostras de água foram realizadas no laboratório do IPAT, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, em Criciúma.

O laboratório do IPAT segue os procedimentos analíticos apresentados no “Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water (1998)”. A Tabela 8 mostra os parâmetros analisados durante este trabalho de tese.

Tabela 8: Parâmetros analisados durante este trabalho de tese no laboratório do IPAT/UNESC

Parâmetros	Mínimo Detectável	Método de Análise
pH (22,1 °C)	0,1	Potenciométrico
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Titulométrico à pH 4,3
Alcalinidade Fenolftaleína (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Volumétrico à pH 8,3
Alcalinidade Bicarbonatos (HCO ₃) (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Relação entre alcalinidade total e fenolftaleína

Cloretos (mg.L ⁻¹)	1	Argentométrico
Condutividade (mS.cm ⁻¹ – 22,1°C)	0,001	Condotométrico
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,01	Colorimétrico
Nitrogênio Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,1	Colorimétrico
Sulfatos (mg.L ⁻¹)	1	Colorimétrico
Alumínio (mg.L ⁻¹)	0,1	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Cálcio (mg.L ⁻¹)	0,01	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Ferro total (mg.L ⁻¹)	0,02	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Magnésio (mg.L ⁻¹)	0,01	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Manganês (mg.L ⁻¹)	0,01	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Potássio (mg.L ⁻¹)	0,01	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Sódio (mg.L ⁻¹)	0,01	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Coliformes Totais (NMP.100 mL ⁻¹)	Ausentes em 100mL	Tubos Múltiplos
Coliformes Fecais (NMP.100 mL ⁻¹)	Ausentes em 100mL	Tubos Múltiplos
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Titulométrico à pH 4,3
Alcalinidade Fenolftaleína (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Titulométrico à pH 8,3
Alcalinidade Bicarbonatos (HCO ₃) (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Relação entre alcalinidade total e fenolftaleína

5.3.6 Elaboração do mapa de fontes de poluição

Durante a elaboração desta tese, realizaram-se várias campanhas de campo com o objetivo de coletar as informações necessárias à elaboração deste mapa. Nesta fase, e cadastrou-se o maior número possível de postos de combustíveis, de cemitérios, de pocilgas, de aviários, hospitais, aterros sanitários, áreas de extração mineral, lixões e de indústrias.

A delimitação dos terrenos degradados pelas atividades de lavra e de beneficiamento de carvão, além da geometria da área minerada para carvão em subsolo, foram obtidas a partir dos mapas mineiros do DNPM, atualizados pelo núcleo de Meio Ambiente do SIECESC.

Através de símbolos, letras, elementos e cores e, utilizando-se uma base cartográfica 1:100.000, foi então elaborado o Mapa de Fontes de Poluição da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga .

6 - GEOLOGIA DA BACIA DO RIO URUSSANGA

Na área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Urussanga, afloram rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a seqüência da borda leste da Bacia do Paraná e sedimentos inconsolidados que constituem a Planície Costeira ou formam depósitos aluviais atuais. O embasamento cristalino regional é composto de rochas granitóides tardi a pós-tectônicas.

Na faixa costeira também ocorre uma diversidade enorme de depósitos de areia, silte e argila, relacionados a processos marinhos e continentais. Com relação às rochas sedimentares que constituem a seqüência gonduânica da borda leste da Bacia do Paraná, foi dada atenção especial para as formações Rio Bonito e Rio do Sul, por serem estas as que apresentam freqüentes camadas de arenito com boas perspectivas de contenção de água subterrânea.

6.1 Cristalino

6.1.1 Granitóides tardi a pós-tectônicos

TEIXEIRA et al. (1969), estudando as rochas graníticas do sul de Santa Catarina, onde se encontram as principais ocorrências de fluorita, individualizou vários tipos de granitóides, os quais receberam denominações regionais que se distinguiam pela granulometria, composição, cor e modo de ocorrência. Os principais termos individualizados por aquele autor foram: Granodiorito Tubarão, Granito Pedras Grandes, Granito Pindotiba, Granito Morro da Fumaça e Granito Jaguaruna.

(CASTRO; CASTRO, 1969), mapeando a quadrícula de Laguna, escala 1:250.000, agruparam vários termos graníticos e definiram o Complexo Pedras Grandes. Posteriormente, SCHULZ JR. et al. (1970) subdividiram o Complexo Pedras Grandes em quatro fácies graníticas: Imaruí, Rio Chicão, Jaguaruna e Palmeira do Meio.

MORGENTAL; KIRCHNER (1983), estudando a área de ocorrência de fluorita do sul do estado, denominaram Granitóide Pedras Grandes as rochas graníticas de quimismo calcioalcalina que ocorrem naquela área.

Na porção compreendida entre as cidades de Pedras Grandes e Morro da Fumaça (em locais próximos ao limite da bacia), ocorre o denominado Granitóide Pedras Grandes, bastante conhecido por conter filões de fluorita e ocorrências de água mineral. Trata-se de uma rocha granítica de cor rósea, granulação média à grossa, textura porfírica ou porfíroide, constituída principalmente de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como mineral acessório ocorre titanita, apatita, zircão e opacos. É aparentemente isótropa e freqüentemente recortada por veios aplíticos ou pegmatíticos.



Figura nº 03- Veios de Fluorita no granito, galeria nível 250metros..Mina da Companhia Nitroquímica. Município Morro a Fumaça.

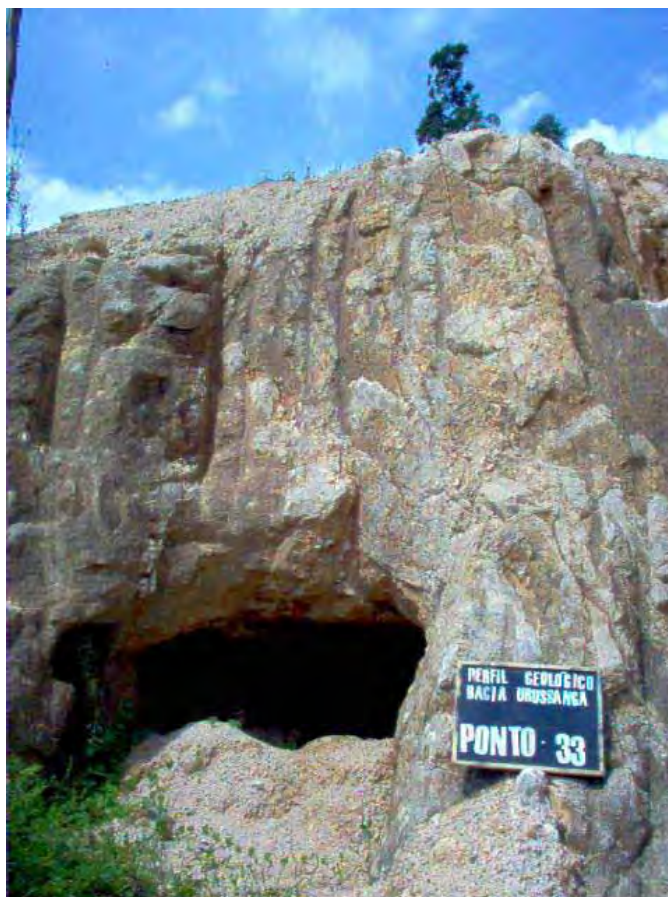


Figura nº 04 -Galeria de exploração de fluorita, abandonada, em rocha granítica.



Figura nº 05 -.Poço de ventilação de mina de fluorita abandonado, com água termal. Município de Pedras Grandes.

6.2 A Seqüência Gonduânica

6.2.1 Grupo Itararé , Formação Rio do Sul

Esta formação aflora na bacia do rio Urussanga preenchendo paleovales e constituem uma excelente unidade aquífera.

OLIVEIRA (1916) introduz pela primeira vez esta denominação, referindo-se aos sedimentos com influência glacial que ocorrem no vale do Rio Itararé, na divisa dos Estados de São Paulo e Paraná. Este autor amplia os conceitos de WHITE (1908) e destaca os dois membros basais da “Série Tubarão” em uma seqüência distinta, para a qual propôs o nome “Série Itararé”.

OLIVEIRA (1918 e 1927), MORAES REGO (1930), CARVALHO (1932) e LEINZ (1937) conservam a proposição de OLIVEIRA (1916) e reconhecem a existência da “Série Itararé”.

ROCHA; SCORZA (1940) revisam a coluna clássica de WHITE (1908), visando a comparar e generalizar os conhecimentos adquiridos na seção catarinense com outros Estados, e admitem a “Série Itararé” como base do “Sistema de Santa Catarina”, atribuindo-lhe uma idade permocarbonífera.

GORDON JR. (1947) e MAACK (1947) elevam a “Série Itararé” para a categoria de Grupo, subdividindo-o em duas formações: Palmira-basal (fácies continental-glacial) e Taió-superior (fácies glacial-marinho).

LANGE (1954) divide o Grupo Itararé em duas formações: Palmeira (inferior) e Teixeira Soares (superior), denominações bastante empregadas em Santa Catarina e no Paraná.

Trabalhos posteriores realizados por GUAZELLI; FEIJÓ (1970) MEDEIROS (1971), de caráter mais abrangente e regional, definiram a Formação Rio do Sul como sendo constituída de um espesso pacote de rochas sedimentares com litologias bem características, contendo referências à seção tipo e provável ambiente deposicional.

MÜHLMANN et al. (1974) e SCHNEIDER et al. (1974), adotando critérios desenvolvidos pela PETROBRÁS, através dos trabalhos de TOMMASI; RONCARATI (1970), TOMMASI (1973) e GONÇALVES; TOMMASI (1974), apresentaram uma revisão estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná e propuseram formalmente a subdivisão do Grupo em quatro formações: Campo do Tenente, Aquidauana, Mafra e Rio do Sul,

respectivamente, da base para o topo. A Formação Aquidauana seria restrita aos Estados de Mato Grosso, Goiás e nordeste de São Paulo enquanto as outras três foram mapeadas somente em Santa Catarina e sul do Paraná.

SCHNEIDER; CASTRO (1975) e CASTRO (1980) apresentam um quadro sedimentológico-estratigráfico com detalhe para Formação Rio do Sul no leste de Santa Catarina. SILVA; BORTOLUZZI (1987) Apresentam o Mapa Geológico de Santa Catarina, acompanhado de um texto explicativo.

KREBS; MENEZES FILHO (1986) realizaram o mapeamento faciológico da porção compreendida entre Taió e Rio do Sul, individualizaram em mapa escala 1:50.000 várias seqüências litológicas relacionadas geneticamente a diferentes ambientes deposicionais que fazem parte da Formação Rio do Sul. Poços executados no centro da cidade de Içara, na rua Duque de Caxias (P 1 e P 2), mostraram que a espessura média desta formação é da ordem de 55 metros.

Do ponto de vista litológico, a Formação Rio do Sul, na porção sudeste do Estado, é caracterizada por um conjunto de folhelhos e siltitos cinza-escuro a preto, conglomerados, diamictitos, ritmitos, varvitos e depósitos de arenito com estratificações plano-paralela, cruzada de baixo ângulo e cruzada hummocky. Todas estas litologias podem ser verificadas em bons afloramentos, existentes ao longo da SC 466, no trecho compreendido entre Urussanga e Orleans, e através da SC-438, a partir de Orleans até Lauro Muller.

A Formação Rio do Sul contém restos de flora e uma grande quantidade de palinomorfos, referenciados na Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná, executada pela PETROBRÁS (1970). Através da análise destes dados palinológicos, os sedimentos desta unidade foram situados no Permiano Inferior, mais especificamente entre o topo do Sakmariano e a base do Artinskiano. DEMON; QUADROS (1970) realizaram estudos palinológicos e posicionaram a Formação Rio do Sul no andar Kunguriano do Permiano Médio.



Figura nº 06- Seixos pingados e lentes de arenito duro em varvitos e folhelhos da Formação Rio do Sul.Coordenada 662544E/684220N cota 125 m.



Figura nº 07- Detalhe da foto acima- seixo pingado.



Figura nº 08- Varvitos da Formação Rio do Sul, Coordenada 665064E/6846791N, cota 121m



Figura nº 09–Detalhe da foto acima.

5.2.2 Formação Rio Bonito

O mapa geológico da região carbonífera, elaborado por KREBS (1997) durante o desenvolvimento do PROGESC - Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial, mostra que esta formação na área desta bacia hidrográfica é aflorante na sua porção mais a oeste, estendendo-se de norte a sul, ao longo de uma extensa faixa descontínua, orientada segundo norte-sul.

WHITE (1908) propõe a denominação “Camada Rio Bonito” para caracterizar o conjunto de rochas areníticas associadas a pelitos e camadas de carvão descritas na seção-tipo, entre as cidades de Lauro Müller-Guatá-São Joaquim, em Santa Catarina.

MEDEIROS; THOMAZ (1973) estabeleceram a primeira tentativa de divisão da Formação Rio Bonito em três intervalos: inferior, médio e superior, dando-lhes conotação de empilhamento estratigráfico, porém sem denominações formais.

MÜHLMANN et al. (1974), no trabalho “Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná”, propõem a formalização das denominações Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis na categoria de membros, tendo ampla aceitação e uso em toda a Bacia do Paraná.

Com relação ao Membro Siderópolis, no município de Criciúma, através dos trabalhos desenvolvidos pelo PROGESC, DIAS (1995) individualizou três subintervalos com base nos ciclos de carvão, reconhecidos como de expressão regional pelos trabalhos de pesquisa e exploração desenvolvidos na região (camadas de carvão Barro Branco e Bonito).

5.2.2.1 Descrição Litológica

Membro Triunfo

O Membro Triunfo, caracteriza a porção basal da Formação Rio Bonito, sendo constituído essencialmente de arenitos e conglomerados cinza-claros a esbranquiçados, com intercalações de folhelhos e siltitos maciços ou laminados de coloração cinza ou preta.

Do ponto de vista litológico, os arenitos variam de finos a grossos, são argilosos, micáceos, feldspáticos, com grau de selecionamento regular e grãos, geralmente, subarredondados. Apresentam estratificações paralelas, cruzadas tabulares e acanaladas de pequeno a grande porte, e ciclos onde predominam lobos sigmoidais.

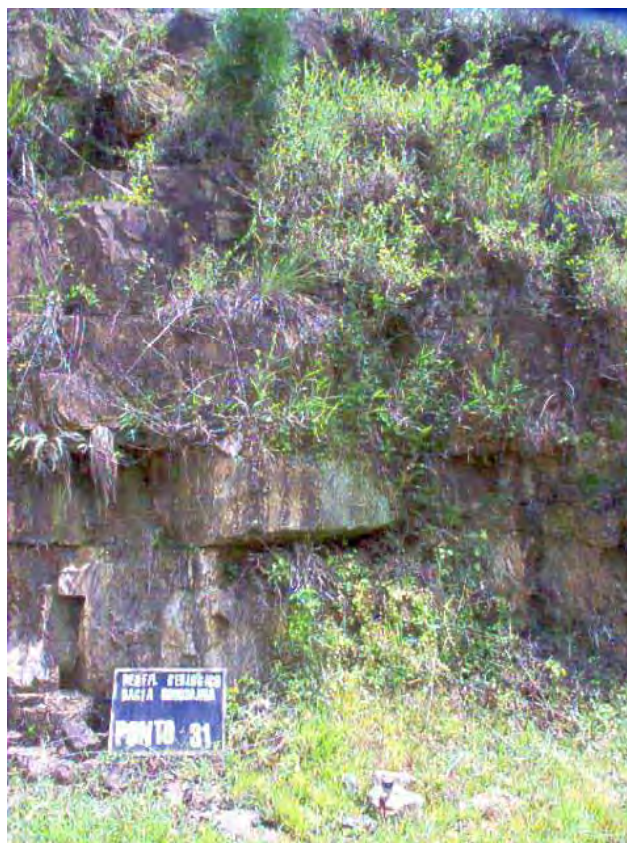


Figura nº 10- Contato da rocha granítica com areitos da Formação Rio Bonito.
Coordenada 666201E/6842415N, cota 53 m.

Membro Paraguaçu

O Membro Paraguaçu constitui a parte média da Formação Rio Bonito, sendo caracterizado por uma sedimentação predominantemente pelítica. É formado principalmente por siltitos e folhelhos cinza-médios a esverdeados e subordinadamente apresenta intercalações de camadas de arenitos muito finos, quartzosos, micáceos, com laminação plano-paralela e ondulada, e bioturbação. Mais raramente, podem ocorrer camadas e leitos de margas. A sedimentação do Membro Paraguaçu deu-se em um ambiente marinho de plataforma rasa, de caráter transgressivo sobre os sedimentos flúviodeltaicos do Membro Triunfo, que lhe é subjacente. Caracteriza o afogamento do delta do Membro Triunfo (Krebs, 2004).

Membro Siderópolis

O Membro Siderópolis constitui um espesso pacote de arenitos, com intercalações de siltitos, folhelhos carbonosos e carvão. O Membro Siderópolis foi dividido em três seqüências

litológicas distintas e individualizado em mapa na área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Araranguá por Krebs (2004).

a) Seqüência basal:

Nesta seqüência, geralmente os arenitos possuem cor cinza-amarelado, textura média, localmente grossa, sendo moderadamente classificados, com grãos arredondados a subarredondados de quartzo e, raramente, feldspato. Possuem abundante matriz quartzo-feldspática. As camadas apresentam espessuras variáveis, desde alguns centímetros até mais de metro, geometria lenticular ou tabular, sendo a estruturação interna constituída de estratificação acanalada, de médio e pequeno porte. Ocorrem também arenitos com granulometria fina a muito fina; sua cor é normalmente cinza-claro a cinza-médio, tendo como principais estruturas a laminação plano-paralela, truncada por ondas e cruzada cavalgante (climbing), acamadamento flaser e drapes de argilas, bioturbação e fluidização.

No topo da seqüência basal do Membro Siderópolis ocorre uma espessa camada de carvão, conhecida como “Camada Bonito”. Em alguns locais da bacia, principalmente na região litorânea, esta seqüência possui espessuras superiores a 60m, (Krebs, 2004).

b) Seqüência média:

A seqüência média é a mais espessa das três. No terço superior desta seqüência, ocorre a camada de carvão Irapuá.

De maneira subordinada, intercaladas nessa seqüência arenosa, ocorrem camadas de siltito e folhelho carbonoso.

Na sua porção média predominam arenitos finos quartzosos, cores cinza-claro, com microestratificação cruzada acanalada ou ondulada, com truncamento por ondas e hummocky. Intercalados neste pacote arenoso ocorrem siltitos e, subordinadamente, siltitos carbonosos, folhelhos e delgadas camadas de carvão. Próximo à base desta seqüência ocorre um espesso pacote de arenitos cinza-claro, textura média, com pouca matriz feldspática. A estruturação interna das camadas é constituída principalmente por estratificação cruzada acanalada de pequeno porte, percebendo-se, localmente, gradação normal.

As litologias pelíticas são caracterizadas por siltitos de coloração cinza-média a cinza-escura, com acamadamento wavy e linsen, associados aos arenitos finos com laminação truncada por ondas. Aparecem também siltitos cinza-escuro a pretos, carbonosos, geralmente maciços, com impressões de plantas, que se agregam, em alguns locais, a camadas de carvão. Neste intervalo médio, as intercalações de camadas de carvão são muito subordinadas (Krebs, 2004).

c) Seqüência superior:

Na seqüência superior do Membro Siderópolis, ocorrem arenitos finos a médios, cores cinza-claro, bem retrabalhados, com grãos bem arredondados, quartzosos, com ou sem matriz silicosa. Estes arenitos apresentam geometria lenticular e a estruturação interna das camadas é formada por estratificação ondulada, com freqüentes hummockys, que evidenciam retrabalhamento por ondas. Neste intervalo ocorre a mais importante camada de carvão existente na Formação Rio Bonito, denominada camada Barro Branco. Além dessa, em locais isolados da bacia carbonífera, ocorre outra camada de carvão, denominada Treviso.

A interrelação das diferentes unidades de fácies, identificadas nos Membros Siderópolis e Triunfo, sugere um ambiente de deposição relacionado a um sistema lagunar e deltáico, influenciado por rios e ondas. A presença de cordões litorâneos, evidenciada pelo arenito de cobertura da camada de carvão Barro Branco, que apresenta freqüentes estruturas tipo microhummocky, indica que este ambiente lagunar/deltáico era periodicamente invadido pelo mar. Por outro lado, a persistência de fácies predominantemente pelíticas no Membro Paraguaçu sugerem a atuação de correntes de maré.

O conteúdo fossilífero da Formação Rio Bonito é evidenciado pela abundância de restos vegetais e palinomorfos encontrados nos carvões e rochas associadas, caracterizados na Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná (PETROBRÁS, 1970), em que, através de sua análise, permitem situar esta formação no Permiano Inferior, mais especificamente entre o Artinskiano e a base do Kunguriano.



Figura nº 11 e 12- Coordenada 6850344N/0662298E cota 356 – Formação Rio Bonito com camada de carvão.

6.2.3 Formação Palermo

WHITE (1908) emprega pela primeira vez o termo Palermo para descrever uma seqüência de siltitos arenosos e argilosos, aflorantes na região sudeste de Santa Catarina. Neste trabalho, o autor define esta unidade litoestratigráfica em duas seções: uma aflorante, ao longo da antiga estrada do Rio do Rastro, entre as cidades de Lauro Müller e São Joaquim, e a outra nas proximidades da Vila Palermo, também no município de Lauro Müller.

Devido ao fato desta unidade preservar uma constância de caracteres, tanto litológicos como estruturais internos, a sua caracterização não difere da atualmente aceita pela maioria dos autores.

O Mapa Geológico, Apêndice D, mostra que esta formação aflora de maneira contínua, desde as proximidades da BR-101, ao sul-sudoeste, até o limite norte desta bacia. A Formação Palermo, que caracteriza o início do evento transgressivo, é constituída de um espesso pacote de ritmitos, com interlaminação de areia-silte e argila, com intenso retrabalhamento por ondas. A alternância de tonalidades claras e escuras evidencia a intercalação de leitos arenosos e siltico-argilosos, respectivamente.

O conteúdo fossilífero da Formação Palermo é representado pela freqüência de troncos fósseis silicificados (Dadoxilon) e pela abundância de palinomorfos, representados principalmente por esporomorfos. GORDON JUNIOR (1947) localizou a presença de pelecípodes em Santa Catarina e PUTZER (1955) relata a ocorrência do gênero *Loxomma* na região de Criciúma.

Na Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná (PETROBRÁS, 1970), esta formação é situada no Permiano Inferior-Superior, entre o Kunguriano e a base do Kazaniano.

A natureza predominantemente argilosa de suas litologias indica que, do ponto de vista hidrogeológico, esta formação deve atuar principalmente como aquífero. Localmente, onde ocorrem intercalações de fácies arenosas, principalmente no seu terço inferior ou onde esta formação é seccionada por falhamentos, pode atuar como unidade aquífera de baixa potencialidade. Fotografia nº 08- Contato da rocha granítica com areitos da Formação Rio Bonito



Figura nº 13- Argilito da Formação Palermo, (popularmente denominado de Taguá), endurecido, explorado para uso em olarias. Coordenada 655.544E/6.847.376N, localidade de Belvedere, município de Urussanga.

6.2.4 Formação Irati

A Formação Irati foi definida por White (1908) para designar os folhelhos pretos com restos do réptil *Mesosaurus brasiliensis*.

Neste estado, esta formação costuma ser dividida em dois Membros: designados Taquaral (base) e Assistência (topo), definidos por MÜHLMANN et al. (1974).

Do ponto de vista litológico, esta formação caracteriza-se por ser essencialmente pelítica, sendo constituída, na sua base, por folhelhos e siltitos cinza-escuro, eventualmente cinza-claro a azulado. Quando intemperizados, os folhelhos adquirem tons amarelados, micáceos, mostrando desagregação conchoidal (Membro Taquaral). No seu topo, (Membro Assistência) é formada por um pacote de folhelhos cinza-escuro a pretos, intercalados com folhelhos pirobetuminosos e associados a lentes de margas creme a cinza-escuro, dolomíticas. Localmente, é comum encontrar-se estes folhelhos pirobetuminosos interestratificados com as camadas de margas, dando ao conjunto um aspecto rítmico, onde se destacam laminação plano-paralela, convoluta, concreções silicosas, marcas onduladas e estruturas de carga.

Cristais euédricos e disseminados de pirita são encontrados nas margas, e nos folhelhos pirobetuminosos são observadas exsudações de óleo em fraturas e amígdalas.

As características litológicas e sedimentares da Formação Irati indicam um ambiente marinho de águas rasas e calmas, abaixo do nível de ação das ondas, com os folhelhos pirobetuminosos tendo sido depositados em ambiente restrito, e as margas, em áreas plataformais.

A Formação Irati apresenta um conteúdo fossilífero representativo, abrangendo desde restos de peixes, crustáceos do gênero *Clarkecaris*, vegetais, palinórmorfos e répteis dos tipos *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*.

Na Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná (PETROBRÁS, 1970), esta formação é situada no Permiano Superior, no andar Kazanian.

A natureza predominantemente argilosa desta formação indica que ela atua principalmente como aquitardo. Localmente, onde é intrudida por diabásio, pode apresentar algum intervalo aquífero. As sondagens realizadas para prospecção de água para a USITESC evidenciaram que no seu terço superior, onde ocorre uma marga com aspecto brechóide, esta formação atua como unidade aquífera de baixa potencialidade. Do ponto de vista hidroquímico, a presença de folhelhos pirobetuminosos indica que a água resultante desta formação é de má qualidade.



Figura nº 14- Folhelho Irati. Coordenada 670.050E/6.839.549 N, localidade de São Pedro, município de Pedras Grandes.

6.2.5 Formação Serra Geral

WHITE (1908) utiliza pela primeira vez a denominação Serra Geral para indicar como seção-tipo as exposições que ocorrem na Serra Geral, ao longo da estrada que liga as cidades de Lauro Müller a São Joaquim (SC-438), em Santa Catarina.

LEINZ (1949), também na mesma estrada Lauro Müller – São Joaquim (Serra do Rio do Rastro), estabelece um perfil clássico e individualiza o caráter interno de um derrame em: zona vítrea basal, com disjunção horizontal; zona intermediária, com juntas verticais; zona superior, com disjunção vertical e horizontal; e basalto vesicular no topo.

WILDNER; LIMA (1998 e 1999) apresentaram o mapa geológico do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, separando conjunto de derrames cujas características petrográficas permitem uma correlação com a divisão litoquímica, na categoria de Fácies. PEATE et al. (1992) utilizaram esta denominação na divisão litoquímica das rochas extrusivas da Formação Serra Geral, nos dois estados, a saber: Fácies Gramado; Fácies Caxias; Fácies Paranapanema-Pitanga; Fácies Esmeralda e Fácies Chapecó.

FREITAS et al (2003), baseados em critérios de campo, tendo por área-tipo a região da cidade de Campo Erê, no norte do Estado de Santa Catarina, definem a Fácies Campo Erê, descrevendo-a como “derrames de basaltos altamente vesiculares, contendo cristais aciculares centimétricos de augita branching e vesículas preenchidas por zeolitas, cobre nativo e cuprita, contendo intercalações de camadas sedimentares”.

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral constituem a escarpa superior do planalto gonduânico. KREBS; CARUSO JUNIOR, por ocasião da elaboração do Roteiro Geológico da COLUNA WHITE (1994), verificaram que estas rochas afloram a partir da cota 760 m. No topo do planalto ocorrem cotas de 1450 m, indicando uma espessura de 690 m para esta formação neste local. Ocorre também na porção costeira ou central onde capeia pequenos morros.

É muito freqüente a intrusão de diabásios em rochas sedimentares gonduânicas. Constatou-se que estas intrusões ocorrem principalmente no intervalo estratigráfico correspondente às Formações Rio Bonito e Irati e à base da Formação Estrada Nova.

Esta formação é consequência de um intenso magmatismo de fissura, correspondendo este vulcanismo ao encerramento da evolução gonduânica da bacia do Paraná.

MÜHLMANN, et al. (1974) situa a Formação Serra Geral no Cretáceo Inferior (entre 120 e 130 milhões de anos) através de dados radiométricos obtidos por diversos autores. As características hidrogeológicas, áreas fraturadas podem ser interessantes para obtenção de água subterrânea.

As demais porções desta bacia, por ocorrerem em áreas desfavoráveis, junto às encostas do planalto gonduânico ou capeando pequenos morros, onde são seccionadas pela superfície do terreno, não constituem unidades aquíferas. Elas atuam principalmente como áreas de recarga para os aquíferos subjacentes.



Figura nº 15- Vista geral de “cuestas basálticas” ao fundo.



Figura nº 16- Coordenada 664.754E/6.851.392 N, Extração de Basalto para brita – SETEP, localidade de Rio Maior, município de Urussanga.

6.3 Os Depósitos Cenozóicos

Os depósitos cenozóicos são resultados de processos pertencentes a dois tipos de sistemas deposicionais: Sistema de Leques Aluviais, que abrange os depósitos proximais de encostas e fluviais de canais sinuosos, e Sistema Laguna-Barreira, englobando uma série de depósitos lagunares, deltaicos, paludiais, praias marinhos e eólicos, acumulados no Pleistoceno Superior e/ou Holoceno (CARUSO JUNIOR, 1997; SUGUIO et al., 1986 e SUGUIO; MARTIN, 1987).

O subsistema barreira possibilitou a acumulação de depósitos praias marinhos e eólicos produzidos em ambiente costeiro.

O subsistema laguna instalou-se através das barreiras arenosas, constituídas pelos sedimentos dos depósitos praias marinhos e eólicos, que isolaram corpos aquosos entre o mar e o continente. O subsistema de interligação é caracterizado pelos canais que ligam o oceano e a laguna.

Adotou-se neste trabalho a mesma terminologia em relação aos sistemas deposicionais, utilizada por CARUSO JUNIOR (1995 e 1997), SILVA; LEITES (2000), que se basearam no trabalho de VILLWOCK et al. (1986) no mapeamento da região costeira do Rio Grande do Sul. Porém, os trabalhos de campo executados durante a elaboração desta tese demonstraram que na porção correspondente a esta bacia hidrográfica não ocorre nenhum depósito com fácies e estruturas sedimentares que permitam caracterizá-lo como depósito lagunar típico.

De acordo com a definição de PRITCHARD (1967), admite-se um ambiente estuarino para a foz do rio Urussanga (DUARTE, 1995).

Desta forma, para a individualização em mapa dos diferentes ambientes deposicionais representativos da Planície Costeira presentes na área desta bacia, adotou-se a proposição de CARUSO JUNIOR (1997), com a diferença de que o Sistema Laguna-Barreira III está representado por Depósitos Praias Marinhos e Eólicos e de Retrabalamento Eólico, Depósitos Paludiais e Depósitos Flúvio-Lagunares com Retrabalamento Eólico. O Sistema Laguna Barreira IV está representado por Depósitos Praias Marinhos e Eólicos e de Retrabalamento Eólico, e Depósitos Flúvio-Lagunares com Retrabalamento Eólico.

6.3.1 Sistema de leques aluviais

Leques aluviais, de acordo com BULL (1968), é um depósito com forma de um segmento de cone, distribuído radialmente mergulho abaixo a partir do ponto onde os cursos de água deixam as montanhas. MEDEIROS (1971) define leques aluviais como sedimentos

em forma cônica, depositados onde as correntes aluviais deixam as terras altas, penetrando em áreas baixas adjacentes. Define como fácies de leques os depósitos compostos por sedimentos mal classificados, de granulação fina à grossa, depositados no sopé das montanhas ou em outras áreas de relevo acentuado onde as encostas íngremes se tornam mais suaves.

No caso da bacia do rio Urussanga, os principais processos deposicionais são fluxos torrenciais não canalizados, fluxos torrenciais canalizados, correntes normais e fluxo de detritos.

As litologias resultantes são cascalhos, areias e lamas. Na parte superficial e mais moderna do pacote, predominam depósitos fluviais de canais sinuosos (KREBS, 2004).

A implantação deste sistema ocorreu provavelmente no Plioceno, e os processos responsáveis por sua gênese perduram desde o Plioceno até o Holoceno, podendo ser constatados até nos dias atuais como, por exemplo, o evento catastrófico ocorrido em dezembro de 1995 em Timbé do Sul. PELLERIN et al. (1996) e PONTELLI; PELLERIN (1998) descrevem com detalhe o referido evento.

6.3.2 Sistema Laguna-Barreira III

Este sistema instalou-se sobre os depósitos continentais, retrabalhando-os no decorrer dos ciclos de transgressão e regressão marinha resultantes das oscilações de nível do mar que caracterizaram o Quaternário (MARTINS, et al., 1988). Pelo menos em dois momentos, Pleistoceno Superior (Sistema Laguna-Barreira III) e Holoceno (Sistema Laguna-Barreira IV), ele esteve constituído de três subsistemas perfeitamente individualizados: o subsistema barreira, o subsistema laguna e o subsistema canal de interligação.

Procurou-se, nesta tese, manter a designação dos depósitos pertencentes a este sistema de acordo com a proposição apresentada por CARUSO (1995 e 1997) e mantida no trabalho de SILVA; LEITES (2002), com algumas modificações. CARUSO (1995) correlaciona estes depósitos àqueles designados na Província Costeira do Rio Grande do Sul por VILLWOCK, et al. (1986), ou aos da Transgressão Cananéia, assim denominados por SUGUIO; MARTIN (1987), na costa paulista, e que também são similares aos da Penúltima Transgressão, considerados por BITTENCOURT, et al. (1978), na costa nordeste do Brasil. De acordo com os autores referidos acima estes depósitos estão geneticamente, relacionados ao último evento transgressivo marinho ocorrido no Pleistoceno, há mais ou menos 120.000 anos.

Os trabalhos de campo realizados para este estudo permitiram verificar-se que nesta bacia hidrográfica o sistema Laguna Barreira III está representado por Depósitos Marinhos

com Retrabalhamento Eólico, Depósitos Flúvio-Lagunares com Retrabalhamento Eólico e Depósitos Paludiais.

6.3.3 Sistema Laguna-Barreira IV

De acordo com CARUSO (1995), o sistema deposicional Laguna-Barreira IV desenvolveu-se na região costeira durante o Holoceno, relacionado, em parte, aos depósitos correspondentes à Barreira III. Assim, os depósitos deste sistema podem ser correlacionados aos da Transgressão Santos (SUGUIO; MARTIN, 1987), da costa paulista, ou aos da Última Transgressão (BITTENCOURT, et al., 1978), na região costeira do nordeste. Segundo o referido autor, são similares aos depósitos do Sistema Laguna-Barreira IV, da costa sul-riograndense, onde assim foram denominados por VILLWOCK, et al. (1986).

Aquele autor admite que este sistema esteja relacionado à última fase transgressiva pós-glacial, que atingiu seu apogeu há cerca de 5.150 anos. Este evento possibilitou a formação de uma barreira arenosa próxima à antiga planície costeira e a ingressão marinha pelos vales anteriormente escavados nesta planície, restabelecendo o sistema lagunar que, acompanhando a posterior progradação da barreira, evoluiu para um complexo de ambientes deposicionais.

6.3.4 Depósitos aluviais atuais

Os trabalhos de campo realizados nesta área permitiram verificar-se que ocorrem ali diferentes tipos de depósitos aluviais, geneticamente relacionados à natureza de sua área fonte.

Na porção oeste-noroeste, onde se posiciona a encosta do platô gonduânico, os vales são encaixados e têm gradientes acentuados. Nesta porção, os depósitos aluviais são pouco expressivos e se constituem, geralmente, de depósitos conglomeráticos ou areno-conglomeráticos que se concentram nas calhas dos cursos d'água, formando barras transversais ou longitudinais e barras em pontal.

6.4 Aspectos Estruturais

Na região trabalhada, as falhas juntas/diaclasses e fraturas são as feições estruturais que se salientam, e tem enorme importância do ponto de vista hidrogeológico. Dois sistemas de falhas se destacam: o de direção N5°-30°W e o de direção N45°-75°E. Subordinadamente, falhas com direção próxima de E-W; N-S e N30°-45°E.

Por se tratar de uma área em que as reservas de carvão que afloram na porção noroeste e seguem em profundidade, com declive de NW para SE, a estruturação tectônica na região é bem conhecida, em função da implantação das minas subterrâneas. Igualmente, as minas de fluorita na região do município de Morro da Fumaça, que ocorrem em galerias com profundidades de até 250 metros requerem um conhecimento detalhado deste aspecto.

Em se tratando de recursos hídricos subterrâneos, os aspectos estruturais tem fundamental importância na interpretação de suas características. Sabe-se que a capacidade de armazenamento e de transmissão de água subterrânea em rochas cristalinas do embasamento e vulcânicas da Formação Serra Geral está diretamente relacionada à existência de sistemas de juntas, fraturas ou falhas na rocha.

Nas rochas sedimentares pelíticas, a presença de estruturas tectônicas como falhas e fraturas permitem que os mesmos funcionem como aquíferos fraturados.

As figuras abaixo denotam que a região foi bastante fraturada/falhada.



Figura nº 17 - Sedimentos do Grupo Itararé intensamente falhados



Figuras nº 18 e 19 - Arenito da Formação Rio Bonito intensamente fraturado



Figuras nº 20 e 21- Coordenada 6850887/0662443 cota 349 m- Arenito da Formação Rio Bonito intensamente fraturado, cataclasado, direção N75W/73SW e fratura secundária N10E/SE



Figura nº 22-Coordenada 6850344/0662298 cota 356 – Formação Rio Bonito muito fraturado com camada de carvão.



Figura nº 23 - Veio de calcedonia em fratura no granito. Mina da Companhia Nitroquímica



Figura nº 24 - Veio de Fluorita principal espessura de 4,6 metros galeria nível 250 metros.

Mina da Companhia Nitroquímica

7 - CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

A Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, em função dos diferentes tipos litológicos, apresenta aquíferos do tipo fraturado no tocante às rochas do embasamento cristalino e da Formação Serra Geral (Montanhão), sendo que este tipo também predomina nas litologias sedimentares correspondentes às Formações Palermo, Irati e em fácies mais argilosos (litificados) da Formação Rio do Sul.

Já nas Formações Rio Bonito, Estrada Nova, Rio do Rasto e Botucatu (não aflorante), as características sedimentares de permeabilidade e porosidade conduzem para aquíferos do tipo granular, mas o fraturado continua exercendo importante papel na transmissividade da água.

O aquífero do tipo granular propriamente dito é encontrado nos depósitos de leques aluviais, depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico e depósitos flúvio-lagunares que constituem os sedimentos terciários e quaternários.

Durante as atividades de campo, procurou-se analisar e hierarquizar as unidades geológicas cartografadas quanto à sua maior ou menor capacidade de armazenamento e

transmissividade de água, no entanto, ao longo dos trabalhos de cadastramento dos poços tubulares ficou constatado que a grande maioria dos poços captam água de formações geológicas diferentes e, geralmente de mais de uma formação, excetuando-se os poços existentes nas litologias ígneas, onde verificou-se que uma grande parte destes poços utilizam água freática do manto de alteração, fato que é comum quando a perfuração não ultrapassou zona fraturada/diaclasada/falhada com água.

No Mapa dos Sistemas Aquíferos, os diferentes sistemas presentes nesta bacia são identificados com cores, letras e números, de acordo com o proposto na legenda internacional de mapas hidrogeológicos, elaborada pela Associação Internacional de Hidrogeólogos (IAH/IAHS, 1970; IAH/IAHS, 1983, LEAL, 1974; MENTE *et al.*, 1989).

Os sistemas aquíferos caracterizam-se por um conjunto de elementos físicos (transmissibilidade, condutividade hidráulica) e geométricos (forma, limites, espessura) usualmente sujeitos à determinadas ações externas ao sistema (bombeamento recarga artificial, drenagem). A definição dos sistemas aquíferos foi efetuada com base nas características litológicas, no comportamento estrutural dos conjuntos rochosos ou depósitos de sedimentos, além do tipo e da ordem de grandeza da permeabilidade.

Krebs (2004), desenvolveu estudos na bacia do rio Araranguá que permitiram a identificação de 09 sistemas aquíferos, sendo 4 relacionados às rochas sedimentares gonduânicas, 4 aos sedimentos quaternários, e um às rochas ígneas. Os sistemas aquíferos individualizados na bacia do rio Urussanga incluem mais dois, perfazendo 11 sistemas, abaixo relacionados:

- Sistema aquífero relacionado com embasamento cristalino (granitos Imaruí-Capivari)
- Sistema aquífero relacionado à Formação Rio do Sul;
- Sistema aquífero relacionado à Formação Rio Bonito;
- Sistema aquífero relacionado à Formação Palermo,
- Sistema aquífero relacionado à Formação Irati
- Sistema aquífero relacionado às rochas ígneas da Formação Serra Geral;
- Sistema aquífero relacionado aos depósitos de leques aluviais;
- Sistema aquífero relacionado aos depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico do tipo laguna barreira III e laguna barreira IV;
- Sistema aquífero relacionado aos depósitos paleo-lagunares;
- Sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares do tipo laguna

barreira IV.

- Sistema aquífero relacionado aos depósitos aluviais recentes;

O mapa na página seguinte ilustra a distribuição dos diferentes sistemas aquíferos na área estudada.

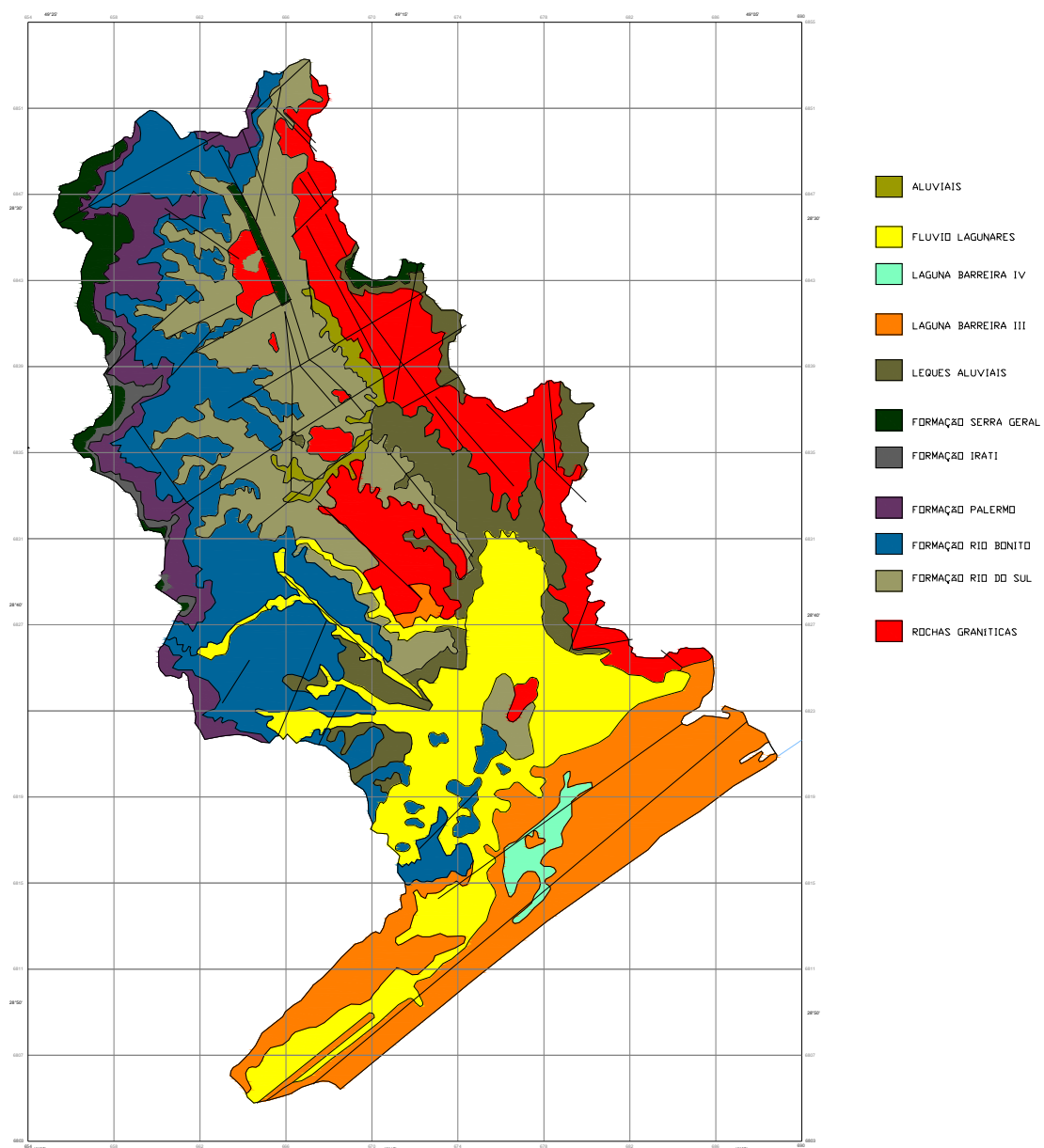


Figura 25 - Mapa de localização dos sistemas aquíferos

O sistema aquífero relacionado com o embasamento cristalino ocorre em grande parte da área trabalhada, e caracteriza-se por ser do tipo fraturado. Nas figuras abaixo, podemos observar que ocorrem fraturas em profundidades acima de 200 metros, com percolação de água.



Figura nº 26 - Percolação de água em fratura , nível 250 metros da mina de fluorita.

Em alguns locais, as litologias graníticas exibem um espesso manto de alteração, na ordem de dezenas de metros, como podemos observar na figura abaixo:



Figura nº 27 - Extração mineral no manto de intemperismo de litologias graníticas recobertas por sedimentos do Grupo Itararé, para usos em estradas e construção civil. Município Morro da Fumaça. EM-27.

O sistema aquífero relacionado as rochas graníticas possui um grau baixo de vulnerabilidade quando está recoberto pelas rochas gondwânicas, mas nas áreas onde está aflorante e sem manto de intemperismo espesso, o grau aumenta para alto. Contribui para tanto a intensa atividade mineira de extração de areia para uso na construção civil e como material de empréstimo para pavimentação de estradas, atividade esta que deixa o granito exposto as águas superficiais poluídas.

O potencial aquífero desta unidade não é muito elevado, mas nas zonas mais fraturadas /falhadas pode se obter boas vazões e água de boa qualidade. Observações efetuadas na Mina de Fluorita da Companhia Nitroquímica dão conta de, em níveis inferiores de 200 metros de profundidade, zonas fraturadas mostram percolação de água ascendente, indicando água confinada e também descendente de níveis superiores, provavelmente sugerindo aquífero livre sendo que, em aproximadamente 3000 metros de galerias, as bombas que retiram a água trabalham diuturnamente com uma vazão média ao redor de 100 m³/hora.

O sistema aquífero Rio do Sul, por suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área possui porosidade intergranular, é extenso e parcialmente confinado. Localmente, onde ocorre interseção de diferentes sistemas de falhas, pode se comportar como aquífero intergranular extenso, fraturado, confinado. Com relação à recarga deste sistema, as informações consolidadas neste trabalho permitem verificar-se que ela se processa de duas maneiras distintas: por infiltração direta, a partir das precipitações pluviométricas, ou por infiltração indireta, a partir de falhas abertas (com ou sem diques de diabásio encaixados).

A presença dos níveis argilosos característicos desta formação, intervalados com varvitos, diamictitos e lentes de arenitos permitem concluir que este sistema aquífero possui vulnerabilidade natural baixa na porção mais central da bacia pelo fato de estar capeado por uma espessa seqüência de rochas predominantemente pelíticas, pouco permeáveis. Na borda da bacia, a vulnerabilidade aumenta.

SILVA (1984), estudando a porção correspondente à área urbana do município de Içara, tece considerações a respeito de um poço situado nas proximidades do cruzamento das ruas Duque de Caxias com Donato Valvassore. O referido poço atravessou litologias

pertencente à Formação Rio do Sul, sendo concluído com 102,50 m. Apresentou vazão de 30 m³/h, com nível estático a 6,00 m e nível dinâmico a 37,00 m.

Do ponto de vista litológico, observações retiradas da análise de perfis de sondagens realizadas para carvão permitem concluir que é no terço médio a inferior da referida formação onde ocorrem as litologias predominantemente arenosas ou areno-conglomeráticas e, portanto, onde devem se encontrar os intervalos aquíferos com maior potencialidade.

Sistema aquífero relacionado à Formação Rio Bonito, O Mapa Geológico elaborado para esta tese, (Apêndice D), mostra que a Formação Rio Bonito é aflorante em grande área desta bacia hidrográfica, ocupando uma faixa comprida que se estende de sudeste a noroeste. Por suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, podemos concluir que este aquífero possui porosidade intergranular e é extenso. Nas suas áreas de afloramento, comporta-se geralmente como aquífero livre, extenso, e onde as camadas de arenito são capeadas por camadas de siltitos ou carvão ou ainda onde é capeado pela Formação Palermo, comporta-se como aquífero extenso confinado. Localmente, onde ocorre interseção de diferentes sistemas de falhas, pode se comportar como aquífero intergranular extenso fraturado, livre ou confinado.

Tendo em vista que o Sistema Aquífero Rio Bonito é o mais importante na área carbonífera, procurou-se, durante a elaboração do Mapa de Fontes de Poluição, identificar todas aquelas fontes relacionadas às atividades de lavra e ao beneficiamento de carvão. Cabe ressaltar-se que as informações relacionadas às atividades carboníferas foram obtidas a partir de mapas que estão sendo elaborados pela equipe de Meio Ambiente do SIECESC, como parte integrante do Programa de Recuperação Ambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina. Para a elaboração deste mapa foram utilizadas ortofotos escala 1:5.000, datadas de dezembro de 2002. Também foram identificadas as fontes de poluição relacionadas às atividades industriais, comerciais, à expansão urbana e, principalmente, às atividades agro-pastoris, tais como áreas de cultivo irrigado, com uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, feculárias e pocilgas. O Mapa de Fontes de Poluição foi elaborado na escala 1:100.000 e é apresentado no Apêndice C.

Os aquíferos do topo da Formação Rio Bonito são aflorantes em parte da área estudada e constituem-se, predominantemente, de litologias arenosas. Estas características conferem aos respectivos aquíferos uma alta vulnerabilidade natural, e o fato de ocorrerem pilhas de rejeito piritoso sobre estas rochas arenosas confere aos aquíferos um alto risco de contaminação.

Em todas as áreas onde houve atividades de mineração de carvão a céu aberto e em subsuperfície, bem como disposição de rejeito piritoso, constata-se que os referidos aquíferos, relacionados a esta seqüência, estão em parte comprometidos. Os intervalos aquíferos relacionados à Seqüência Inferior (Seqüência Bonito) e aqueles relacionados à base da Formação Rio Bonito (Membro Triunfo), pelo fato de estarem capeados por uma seqüência de rochas predominantemente argilosas, apresentam vulnerabilidade e risco de contaminação de baixo a moderado. No caso da presença de falhas distensionais, a área contígua à zona de falha apresentará alta vulnerabilidade e alto risco de contaminação, assim como na borda da bacia.

A potenciabilidade deste sistema aquífero é muito variada, sendo que SILVA (1984) calculou os parâmetros hidrodinâmicos de um poço construído na área urbana de Içara. O referido autor apresenta valores de transmissividade e permeabilidade em m^2/dia e m/dia , respectivamente, porque, segundo ele, são as unidades mais utilizadas universalmente. Os valores obtidos foram: transmissividade 439,20 m^2/dia , permeabilidade 1,008 m/dia e coeficiente de armazenamento $7,4 \times 10^{-3}$.

Sistema aquífero relacionado à Formação Palermo, em razão de suas litologias essencialmente pelíticas, comporta-se como aquífero de baixa potencialidade, com exceção de um intervalo estratigráfico posicionado na base da Formação Palermo, constituído por intercalações de arenitos finos laminados com siltitos arenosos, ambos muito bioturbados. Este intervalo possui espessura inferior a 3 metros. Por suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, pode-se concluir que este aquífero possui porosidade intergranular e é extenso. Porém, pelo fato de ocorrer sob a forma de um espesso pacote rítmico, constituído predominantemente por rochas impermeáveis ou pouco permeáveis, com subordinadas intercalações arenosas, mesmo em suas áreas de afloramento, comporta-se como aquífero confinado, extenso. Localmente, onde ocorre interseção de diferentes sistemas de falhas, pode se comportar como aquífero intergranular extenso fraturado, livre ou confinado.

Devido à natureza predominantemente pelítica de seus litótipos, a vulnerabilidade natural é de baixa à moderada.

Sistema aquífero relacionado à Formação Irati: caracteriza-se por ser essencialmente pelítico, sendo constituído, na sua base, por folhelhos e siltitos cinza-escuro, eventualmente cinza-claro a azulados. No seu topo é formado por um pacote de folhelhos cinza-escuro a pretos, intercalados com folhelhos pirobetuminosos e associados a lentes de margas creme a cinza-escuro, dolomíticas. É muito freqüente a intrusão de diabásio. Este

sistema apresenta baixa potenciabilidade, apesar de comportar-se como aquífero poroso e a sua vulnerabilidade natural também é baixa. Suas águas geralmente são de qualidade ruim, principalmente quando o pacote de folhelhos pirobetuminosos é mais extenso e espesso.

Sistema aquífero relacionado às rochas basálticas da Formação Serra Geral: caracteriza-se por rochas vulcânicas, maciças, praticamente sem poros e, de modo geral, impermeáveis, com exceção da zona amigdaloidal que pode apresentar incipiente porosidade. O armazenamento e a circulação das águas subterrâneas é feito através de fraturas e juntas. Um sistema de fraturamento mais superficial bastante denso, interligado ao manto imtempérico, normalmente funciona como um aquífero livre. A capacidade de armazenamento desse aquífero fraturado é pequena e vai depender das dimensões, da geometria e do espaçamento das fraturas. Sua importância maior reside no grande número de fontes que abastecem praticamente toda a população rural que reside nesta região. Pelo fato de estas rochas vulcânicas apresentarem um efetivo fraturamento devido ao rápido resfriamento, além de serem seccionadas por falhas abertas relacionadas a movimentos tectônicos, apresentam alta vulnerabilidade e alto risco de contaminação a qualquer tipo de fonte de poluição que se instale sobre estas rochas.

Até o presente momento, as áreas correspondentes aos topos dos morros têm sido poupadas de fontes de poluição pelo fato de estarem, geralmente, contidas em áreas de proteção ambiental e também por se situarem topograficamente em cotas mais altas do que aquelas onde ocorrem as camadas de carvão.

Sabe-se que os solos originados a partir da alteração destas rochas basálticas geralmente são férteis. As verificações de campo indicaram que grande parte das encostas e topo destes morros-testemunhos são utilizados para fins agrícolas.

O sistema aquífero relacionado aos depósitos de leques aluviais ocorre praticamente na parte mais central da área trabalhada, bordejando as litologias granitóides e a Formação Rio Bonito. (Mapa Geológico, Apêndice D). As descrições dos afloramentos, bem como as interpretações dos perfis litológicos permitiram verificar que, nesta porção da bacia, estes depósitos são constituídos por duas seqüências distintas: uma inferior, formada quase exclusivamente por material grosso, grânulos, seixos, cascalhos e blocos (que constitui o intervalo aquífero), e outra superior, de natureza areno-argilosa .

Este intervalo inferior, constituído predominantemente por material rudáceo, com pequena cobertura de material argilo-arenoso, apresenta boas perspectivas para a exploração de água através de poços escavados, ponteiras ou poços tubulares.

Litologicamente estes depósitos são formados por grânulos, seixos, cascalhos e blocos de rochas basálticas e graníticas, subordinadamente, areníticas ou pelíticas, com ou sem matriz arenosa. Na porção da bacia, onde o fluxo já está desconfinado, estes conglomerados são clastos-suportados e, de uma maneira geral, possuem pouca ou nenhuma matriz, o que lhes confere uma alta permeabilidade. A geometria das camadas é lenticular. Porém, em nível de afloramento apresentam uma forma aproximadamente tabular. Este sistema aquífero possui vulnerabilidade natural que varia de moderada à extrema. Em suas porções mais distais, a vulnerabilidade é moderada. Isto se deve ao fato de nestas porções os leques possuírem uma cobertura de material siltico-argiloso, originada a partir de processos de transbordamento. À medida que se aproximam da linha de costa, estes depósitos de leques são encobertos por depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico.

Krebs (2004), descreveu este sistema como sendo de alta potenciabilidade aquífera, mas bastante susceptível à contaminação por agrotóxicos e, como já referido anteriormente nesta tese, a utilização de água contaminada por DAM para o cultivo de arroz irrigado, espalha este contaminante de maneira significativa na bacia do rio Urussanga.

Sistema aquífero laguna barreira III: relacionado aos depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico. Ocorre ao longo da costa, intercalado com depósitos lagunares. Os espessos depósitos arenosos que constituem as barreiras marinhas atuais e subatuais apresentam boas condições para captação de água através de poços tubulares ou ponteiras. A natureza essencialmente arenosa de seus depósitos bem como sua distribuição em área indicam tratar-se de um aquífero com porosidade intergranular, extenso e livre, mas com alta susceptibilidade aos agentes contaminantes, sendo caracterizado com sendo de alta vulnerabilidade. Observou-se, durante os trabalhos de cadastramento, que este sistema aquífero é bastante explorado por particulares que a comercializam para as cidades litorâneas. A exploração é feita através de sistema de poços ponteiras, distanciados entre si na razão de 20 a 40 metros com profundidades que oscilam ao redor de 30 metros.

O sistema aquífero laguna barreira IV está relacionado às litologias que apresentam, em geral, intercalações de areias imaturas do ponto de vista textural e mineralógico, com lamas cinza-escuro, amareladas e, às vezes, pretas com muita matéria orgânica. Subordinadamente ocorrem pequenas lentes de areia fina, resultantes da ação eólica.

Corresponde a uma área plana, mal drenada com nível estático subaflorante durante a maior parte do ano. Embora o nível freático seja raso, a natureza predominantemente argilosa dos sedimentos e o alto teor de matéria orgânica são fatores que conferem um mau comportamento aquífero para esta unidade. Atua como aquífero de porosidade intergranular

pouco extenso, semiconfinado. A predominância de sedimentos finos caracteriza este sistema como sendo de baixa produtividade, com riscos significativos de contaminação. A sua extensão em termos de área na bacia do Rio Urussanga é relativamente pequena.

O sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares engloba um conjunto complexo de fácies fluviais e lagunares. De maneira subordinada ocorre fácies eólica. Constitui-se de intercalações de siltes, argilas e areias. A vulnerabilidade deste sistema varia de moderada à alta, e sua potenciabilidade varia de pequena à média, dependendo da presença de níveis arenosos.

Quanto ao risco de contaminação, ao longo da planície do rio Urussanga, onde a prática de cultivo de arroz irrigado com uso de defensivos agrícolas é muito freqüente, é muito alto. Nas demais porções, varia de moderado a alto.

O sistema aquífero relacionado aos depósitos aluvionares ocorre na porção central da área trabalhada, na calha do rio Cocal e Urussanga. Este sistema é constituído por conglomerados arenosos quando na calha da drenagem e por sedimentos mais finos na área da planície de inundação. A vulnerabilidade é considerada alta, com alto potencial hídrico nos sedimentos grosseiros.

8. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO

Na Bacia do rio Urussanga, durante o trabalho de campo, foram cadastrados 103 pontos/áreas de poluição distribuídos entre 11 chiqueiros, 26 aviários, 27 indústrias, 21 postos de combustíveis, 17 cemitérios e 01 aterro sanitário. Nesta compilação, foi impossível incluir a poluição referente às áreas de exploração de carvão, onde a disposição indiscriminada dos rejeitos piritosos, a utilização dos rejeitos como base para rodovias e estradas de acesso para as propriedades rurais, a utilização destes rejeitos como aterro de banhados gerou uma distribuição areal muito grande, de maneira que se torna muito complicado quantificar detalhadamente o total de áreas atingidas. No Mapa de Fontes de Poluição (Apêndice C), estão representadas as áreas de disposição de rejeitos e das áreas de lavra de carvão, além dos demais pontos citados acima. Como carvão desta região é muito rico em pirita, o rejeito da lavra de carvão é essencialmente piritoso (FeS). A sua decomposição/oxidação a céu aberto (presença de oxigênio) causa a liberação de gases sulfídricos, e, em contato com a água, ácido sulfúrico. Assim, as águas superficiais recebem uma carga muito grande dos poluentes provenientes da oxidação da pirita de maneira que, o pH, situa-se em níveis extremamente perigosos (em vários pontos próximos às áreas de lavra, nas lagoas de decantação de cinzas, nas áreas de disposição de rejeitos, o pH chega a ficar inferior a 3).

As drenagens oriundas ou que dissecam estas regiões formam o que é comumente denominado de DAM, ou seja, drenagem ácida de mina.

Na Bacia do Rio Urussanga, as áreas de carvão situam-se na sua cabeceira, na porção noroeste, sendo que a lavra que já se estende por quase um século, culminou com a morte da fauna de praticamente todo o rio, assim com a flora nas suas margens. O carreamento dos resíduos piritosos pelas águas pluviais e fluviais espalharam a fonte contaminante, assim como o uso deste rejeito para fins de conservação de estradas e aterros para construção civil. Igualmente, a agricultura de arroz, que se utiliza das águas ácidas para irrigação, contribuiu para a disseminação deste poluente.

Com o avanço da agricultura, principalmente na planície de inundação do rio Urussanga, (terras mais férteis), foi efetuada a canalização do leito em grande extensão, visando um melhor aproveitamento da planície aluvionar para a agricultura e diminuir o risco de enchentes. Atualmente, praticamente todo o canal do rio encontra-se assoreado por rejeito piritoso.

As figuras que seguem retratam a exposição deste poluente nesta bacia.



Figura nº 28 -Coordenada 6850344/0662298 cota 356 – Formação Rio Bonito com camada de carvão. Extração parcialmente paralisada, em reavaliação de lavra.



Figura nº 29 - Coordenada 6850344/0662298 cota 356 – Formação Rio Bonito com camada de carvão. Extração parcialmente paralisada, em reavaliação de lavra.



Figura nº 30 - Coordenada 6850344N/0662298E cota 356 – Formação Rio Bonito com camada de carvão. Extração parcialmente paralisada, em reavaliação de lavra.



Figura nº 31 - Coordenada 6849971N/0661318E cota 345m – Estrada Rio Carvão de Baixo, em área minerada. Leito da estrada sobre rejeito carbonoso.



Figura nº 32 - Coordenada 6849627N/0661116E cota 327 m – Rejeito carbonoso depositado em divisor de água.



Figura nº 33 -Coordenada 6848940N/659251E, cota 276 m- Lagoa em área de rejeito de carvão.



Figura nº 34- Coordenada 6848354N/0659209E cota 265m – Início de drenagem com água ácida. Afluente do Rio Carvão.



Figura nº 35- Coordenada 6848020N/0661538E cota 165 - Mineração a céu aberto abandonada com disposição de rejeito carbonoso, (Coqueria Rio Deserto).



Figura nº 36- Coordenada 6848020N/0661538E cota 165 - Mineração a céu aberto abandonada com disposição de rejeito carbonoso, (Coqueria Rio Deserto).

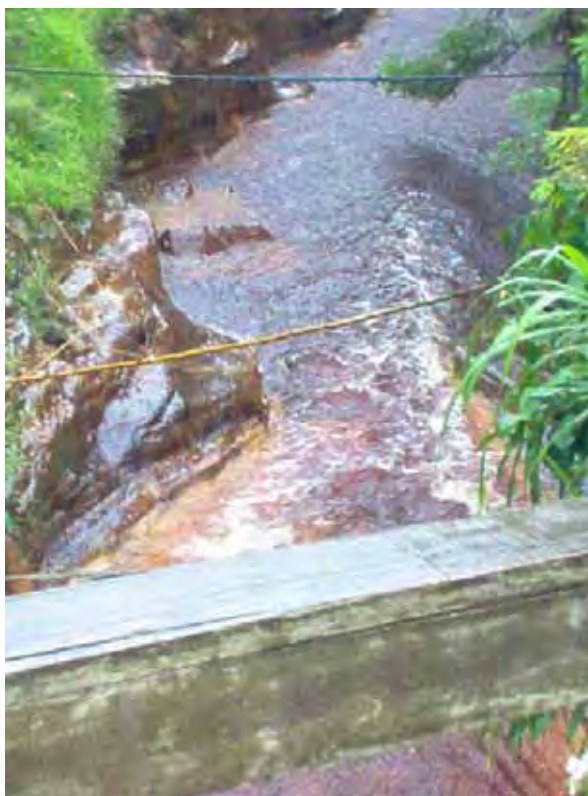


Figura nº 37- Coordenada 6847904N/0659939E cota 221m - Cabeceiras do rio Carvão, encaixada em arenitos da Formação Rio Bonito. Detalhe da oxidação das margens e leito causado pela drenagem ácida de mina (DAM).

A proliferação de aviários e chiqueiros na região da bacia do rio Urussanga é outro aspecto relevante no tocante à contaminação dos aquíferos, uma vez que a utilização de hormônios/medicamentos na ração animal e a consequente utilização dos dejetos como adubo agrícola está contaminando o solo, as águas superficiais e as freáticas. Os nitratos presentes no esterco suíno geram preocupações ainda maiores uma vez que a natureza não consegue eliminá-los.

A atividade industrial é geralmente poluente por sua própria natureza, mas o crescente aumento na rigidez da aplicação das leis ambientais e a obrigação do tratamento de efluentes e rejeitos industriais tendem a minimizar este problema. No entanto, observa-se contaminação significativa de manganês nos aquíferos da região do município de Içara.

Igualmente, a contaminação dos aquíferos por hidrocarbonetos está sendo reduzida em razão da obrigatoriedade de controle da infiltração através de piezômetros e adequação dos depósitos de combustíveis.

Lixões, cemitérios e aterros sanitários são outros fatores de contaminação dos aquíferos existentes na bacia estudada, assim como a ausência de tratamento do esgoto doméstico nas regiões urbanas. Observa-se, no entanto, que quando os esgotos cloacais são despejados em redes de drenagem contaminadas por DAM, o pH destas águas melhora consideravelmente.

Outro aspecto muito importante é a atividade muito intensa de extração de argila para a indústria cerâmica e olarias, além de areia subjacente para a construção civil, atividade esta que ocorre principalmente nas planícies de inundação da bacia do rio Urussanga e litologias do grupo Itararé, Formação Rio do Sul. Neste trabalho, foram cadastrados 96 pontos de extração mineral sendo a grande maioria relacionada a extração de argilas e areias. Não foram consideradas as áreas de extração de carvão nesta totalização, nem pontos impactados de dimensões pequenas.

Abaixo, seguem algumas figuras ilustrando este aspecto, que gera uma fonte potencial de poluição em razão do decapeamento das camadas de solo, cuja ação é filtrar, e absorver e/ou adsorver os poluentes existentes na água superficial preservando a qualidade dos aquíferos subterrâneos.



Figura nº 38- Coordenada 676.949E/6.823.377 N, Extração de argila, ativa, município de Morro da Fumaça



Figura nº 39 - Coordenada 670.419E/6.820.486N, Extração de argila, município de Morro da Fumaça



Figura nº 40- Coordenada 676.131E/6.822.309 N, Extração de argila na localidade de Rio Acima, município de Içara



Figura nº 41 – Coordenada 675.934 E/6.821.955 N, Extração de argila, município de Içara.



Figura nº 42- Coordenada 685.408E/6.825.751 N, Extração de argila em Morro Grande, município de Sangão



Figura nº 43 – Coordenada 684.844E/6.825.448 N, Extração de argila em Morro Grande, município de Sangão



Figura nº 44- Coordenada 676.505 E/6.828.744 N, Extração de argila ao lado da rodovia Morro da Fumaça.- Cocal, município de Morro da Fumaça



Figura nº 45 – Coordenada 676.141E/6.831.051 N, Extração de areia no Bairro Ibiripoera, município de Morro da Fumaça



Figura nº 46 – Coordenada 678190E/6829190N, Extração de areia no município de Morro da Fumaça



Figura nº 47 – Disposição de palha de arroz, na beira do Rio Urussanga, município de Morro da Fumaça

Abaixo, seguem as tabelas com a localização dos pontos de extração mineral e das fontes de poluição observados neste trabalho:

Tabela 9 – Pontos de extração mineral

PONTOS DE EXTRAÇÃO MINERAL - BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA								
Ponto	Sigla	Coordenadas UTM		Discriminação	Situação	Localidade	Município	Data
		E	N					
1	EM-01-UR-ur	657.364	6.845.600	Material de empréstimo	Ativa	Belvedere	Urussanga	04.10.2004
2	EM-02-UR-ur	655.544	6.847.376	Taguá para cerâmica	Ativa	Belvedere	Urussanga	04.10.2004
3	EM-03-UR-ur	665.329	6.847.495	Extração de argila	Ativa	Rio Maior	Urussanga	05.10.2004
4	EM-04-UR-ur	664.754	6.851.392	Basalto para brita - SETEP	Ativa	Rio Maior	Urussanga	05.10.2004
5	EM-05-UR-ur	666.734	6.851.939	Extração de argila - Colorminas	Ativa	Rio Maior	Urussanga	05.10.2004
6	EM-06-UR-ur	662.988	6.844.325	Extração de saibro de granito - PMU	Ativa	R.Ámerica Baixo	Urussanga	06.10.2004
7	EM-07-CS-ur	660.558	6.838.831	Extração de areia	Ativa	Rio Perso	Cocal do Sul	15.10.2004
8	EM-08-UR-ur	663.856	6.843.122	Extração de saibro de granito	Ativa	Sede	Urussanga	19.10.2004
9	EM-09-PG-ur	670.050	6.839.549	Extração de argila para olaria	Ativa	São Pedro	Pedras Grandes	19.10.2004
10	EM-10-PG-ur	670.874	6.837.954	Saibro de granito	Ativa	São Pedro	Pedras Grandes	19.10.2004
11	EM-11-PG-ur	672.268	6.837.142	Saibro e argila Taguá	Ativa	S.J.Urus. Baixo	Pedras Grandes	21.10.2004
12	EM-12-CS-ur	670.266	6.837.277	Saibro e argila	Ativa	São Pedro	Cocal do Sul	21.10.2004
13	EM-13-MF-ur	671.312	6.832.478	Extração de saibro	Ativa	Estação Cocal	Morro da Fumaça	27.10.2004
14	EM-14-MF-ur	669.493	6.833.859	Mina de fluorita - Nitroquímica	Ativa	Estação Cocal	Morro da Fumaça	27.10.2004
15	EM-15-MF-ur	673.647	6.829.018	Extração de saibro	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	05.11.2004
16	EM-16-MF-ur	678.153	6.829.382	Extração de areia	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	05.11.2004
17	EM-17-MF-ur	678.190	6.829.190	Extração de areia	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	05.11.2004
18	EM-18-MF-ur	678.250	6.829.242	Extração de argila	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	05.11.2004
19	EM-19-MF-ur	677.379	6.828.574	Extração de argila	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	05.11.2004
20	EM-20-MF-ur	676.505	6.828.744	Extração de argila	Semi-ativa	Rod.M.F. - Cocal	Morro da Fumaça	05.11.2004
21	EM-21-MF-ur	676.141	6.831.051	Extração de areia	Ativa	Bairro Ibiripoera	Morro da Fumaça	09.11.2004
22	EM-22-MF-ur	676.250	6.831.148	Extração de areia	Ativa	Bairro Ibirapoera	Morro da Fumaça	09.11.2004

23	EM-23-MF-ur	676.416	6.831.067		Extração de areia	Ativa	Bairro Ibirapoera	Morro da Fumaça	09.11.2004
24	EM-24-TM-ur	676.433	6.832.159		Extração de argila	Ativa		Treze de Maio	09.11.2004
25	EM-25-TM-ur	676.103	6.833.501		Extração de saibro	Semi-ativa		Treze de Maio	09.11.2004
26	EM-26-MF-ur	673.141	6.826.254		Extração de argila	Semi-ativa	Sede	Morro da Fumaça	18.11.2004
27	EM-27-MF-ur	672.933	6.825.948		Extração de argila	Ativa	Sede	Morro da Fumaça	18.11.2004
28	EM-28-MF-ur	672.439	6.824.314		Extração de argila	Ativa	Vila Esperança	Morro da Fumaça	18.11.2004
29	EM-29-SG-ur	685.408	6.825.751		Extração de Saibro	Ativa	Morro Grande	Sangão	18.11.2004
30	EM-30-SG-ur	684.844	6.825.448		Extração de argila	Ativa	Morro Grande	Sangão	18.11.2004
31	EM-31-MF-ur	677.635	6.821.350		Extração de argila	Ativa	Olho d'água	Morro da Fumaça	18.11.2004
32	EM-32-MF-ur	677.565	6.821.590		Extração de argila	Ativa	Olho d'água	Morro da Fumaça	18.11.2004
33	EM-33-MF-ur	677.497	6.821.875		Extração de argila	Ativa	Olho d'água	Morro da Fumaça	18.11.2004
34	EM-34-MF-ur	677.374	6.821.958		Extração de argila	Ativa	Olho d'água	Morro da Fumaça	18.11.2004
35	EM-35-MF-ur	676.520	6.824.645		Extração de argila	Ativa	Esplanada	Morro da Fumaça	18.11.2004
36	EM-36-MF-ur	644.620	6.826.701		Extração de argila	Ativa	Esplanada	Morro da Fumaça	18.11.2004
37	EM-37-MF-ur	676.619	6.824.855		Extração de argila	Ativa	Esplanada	Morro da Fumaça	25.11.2004
38	EM-38-IÇ-ur	671.991	6.811.632		Extração de argila	Ativa	Lagoa dos Freitas	Içara	25.11.2004
39	EM-39-IÇ-ur	673.765	6.815.367		Extração de saibro	Ativa	Tomeiro	Içara	25.11.2004
40	EM-40-IÇ-ur	675.225	6.815.790		Extração de areia	Ativa	Torneiro	Içara	25.11.2004
41	EM-41-JG-ur	682.550	6.818.283		Extração de areia	Ativa	Esplanada	Jaguaruna	25.11.2004
42	EM-42-IÇ-ur	670.769	6.812.996		Extração de argila	Inativa	Pedreiras	Içara	13.01.2005
43	EM-43-IÇ-ur	675.829	6.823.200		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
44	EM-44-IÇ-ur	675.712	6.822.751		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
45	EM-45-IÇ-ur	675.783	6.822.689		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
46	EM-46-IÇ-ur	675.912	6.822.689		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
47	EM-47-IÇ-ur	676.025	6.822.591		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
48	EM-48-IÇ-ur	675.977	6.822.358		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
49	EM-49-IÇ-ur	676.248	6.822.402		Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005

50	EM-50-IÇ-ur	676.131	6.822.309	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
51	EM-51-IÇ-ur	675.934	6.821.955	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
52	EM-52-IÇ-ur			Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
53	EM-53-IÇ-ur	676.051	6.821.868	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Içara	13.01.2005
54	EM-54-IÇ-ur	676.107	6.821.689	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	13.01.2005
55	EM-55-IÇ-ur	677.186	6.821.211	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	13.01.2005
56	EM-56-IÇ-ur	676.434	6.822.403	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	13.01.2005
57	EM-57-IÇ-ur	676.398	6.822.656	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	14.01.2005
58	EM-58-IÇ-ur	676.607	6.822.587	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	14.01.2005
59	EM-59-IÇ-ur	676.921	6.823.134	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	14.01.2005
60	EM-60-IÇ-ur	677.084	6.822.839	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	14.01.2005
61	EM-61-IÇ-ur	677.077	6.823.050	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Içara	14.01.2005
62	EM-62-MF-ur	676.949	6.823.377	Extração de argila	Ativa	Esplanada	Morro da Fumaça	14.01.2005
63	EM-63-MF-ur	676.286	6.822.812	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Morro da Fumaça	14.01.2005
64	EM-64-MF-ur	673.639	6.820.067	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Morro da Fumaça	14.01.2005
65	EM-65-MF-ur	673.874	6.820.385	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Morro da Fumaça	14.01.2005
66	EM-66-MF-ur	674.295	6.821.200	Extração de argila	Ativa	Rio Acima	Morro da Fumaça	14.01.2005
67	EM-67-IÇ-ur	674.598	6.821.250	Extração de argila	Inativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
68	EM-68-IÇ-ur	673.645	6.819.873	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
69	EM-69-IÇ-ur	673.486	6.819.118	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
70	EM-70-IÇ-ur	673.420	6.818.839	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
71	EM-71-IÇ-ur	672.937	6.817.862	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
72	EM-72-IÇ-ur	672.783	6.817.785	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
73	EM-73-IÇ-ur	672.683	6.817.873	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
74	EM-74-IÇ-ur	671.560	6.818.438	Extração de argila	Ativa	Primeiro Espigão	Morro da Fumaça	14.01.2005
75	EM-75-IÇ-ur	671.290	6.823.087	Extração de argila	Ativa	Vila Esperança	Içara	18.01.2005
76	EM-76-IÇ-ur	671.409	6.821.245	Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005

77	EM-77-IÇ-ur	671.525	6.821.109		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
78	EM-78-IÇ-ur	670.263	6.820.381		Extração de argila	Paralisada	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
79	EM-79-IÇ-ur	670.419	6.820.486		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
80	EM-80-IÇ-ur	670.316	6.820.570		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
81	EM-81-IÇ-ur	670.805	6.820.781		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
82	EM-82-IÇ-ur	671.048	6.820.822		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
83	EM-83-IÇ-ur	671.225	6.820.987		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
84	EM-84-IÇ-ur	670.877	6.821.073		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
85	EM-85-IÇ-ur	670.949	6.821.274		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
86	EM-86-IÇ-ur	670.772	6.821.276		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
87	EM-87-IÇ-ur	669.813	6.821.722		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
88	EM-88-IÇ-ur	669.852	6.821.595		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
89	EM-89-IÇ-ur	670.211	6.820.211		Extração de argila	Ativa	Santa Cruz	Içara	18.01.2005
90	EM-90-IÇ-ur	669.102	6.826.407		Extração de argila	Ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
91	EM-91-MF-ur	669.268	6.826.146		Extração de argila	Semi-ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
92	EM-92-MF-ur	668.464	6.825.790		Extração de argila	Paralisada	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
93	EM-93-MF-ur	668.258	6.825.845		Extração de argila	Ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
94	EM-94-MF-ur	668.194	6.825.602		Extração de argila	Ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
95	EM-95-MF-ur	668.016	6.825.694		Extração de argila	Ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005
96	EM-96-MF-ur	667.583	6.825.742		Extração de argila	Ativa	Linha Anta	Morro da Fumaça	18.01.2005

Tabela 10 – Fontes de poluição

FONTES DE POLUIÇÃO - BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA								
PONTO	SIGLA	COORDENADAS UTM		Cota topográfica	DISCRIMINAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	MUNICÍPIO	
		E	N					
1	ID-01-UR-ur	664.626	6.842.334	61.512	Cerâmica Ceusa	Bairro da Estação	Urussanga	
2	ID-02-Ur-ur	666.230	6.852.820	239.947	Termovac - Plásticos		Urussanga	

3	ID-03-CS-ur	662.331	6.833.139	79.546	Propeq - Indústria Química		Cocal do Sul
4	ID-04-CS-ur	662.290	6.834.068	60.876	Metalúrgica Rosso		Cocal do Sul
5	ID-05-CS-ur	664.088	6.834.230	77.298	Cerâmica Eliane	Sede	Cocal do Sul
6	ID-06-CS-ur	664.377	6.839.191	120.312	Indústria de Cereais		Cocal do Sul
7	ID-07-UR-ur	664.048	6.841.588	58.062	Indústria de Plásticos		Urussanga
8	ID-08-UR-ur	664.091	6.845.630	70.525	Metalúrgica Strametal		Urussanga
9	ID-09-UR-ur	666.882	6.841.974	39.890	Alumínios e Plásticos		Urussanga
10	ID-10-UR-ur	667.293	6.841.615	40.453	Femplast - Ind. Plásticos		Urussanga
11	ID-11-UR-ur	667.569	6.841.438	40.517	Rooster - Ind. Metalúrgica		Urussanga
12	ID-12-PG-ur	671.400	6.837.994	33.112	Chechinel - Ind. Carnes		Pedras Grandes
13	ID-13-PG-ur	671.589	6.837.290	34.342	Ind. Resíduos Químicos		Pedras Grandes
14	ID-14-MF-ur	672.920	6.834.981	23.165	Industria		Morro da Fumaça
15	ID-15-CS-ur	670.439	6.836.379	20.258	Cerâmica Zanatta		Cocal do Sul
16	ID-16-CS-ur	669.871	6.838.157	19.983	Frangi - Ind. Abrasivos		Cocal do Sul
17	ID-17-MF-ur	676.435	6.830.325	18.599	Santhiner - Ind. Química		Morro da Fumaça
18	ID-18-MF-ur	676.402	6.829.761	20.420	Molisa - Ind. Cerâmica		Morro da Fumaça
19	ID-19-MF-ur	673.004	6.827.352	20.639	Fumacense - Ind. Cerealista		Morro da Fumaça
20	ID-20-MF-ur	670.742	6.834.807	23.740	Roccha Cia. - Der. Mandioca		Morro da Fumaça
21	ID-21-MF-ur	673.467	6.830.439	43.406	Beija-Flor - Ind. Cerealista		Morro da Fumaça
22	ID-22-JG-ur	681.700	6.822.080	23.047	Formann - Der. Mandioca		Jaguaruna
23	ID-23-CR-ur	663.090	6.827.750	60.000	Canguru - Ind. Embalagens	Bairro Próspera	Criciúma
24	ID-24-CR-ur	662.398	6.826.005	60.024	Canguru - Ind. Embalagens	Bairro N.S. Salete	Criciúma
25	ID-25-CR-ur	663.100	6.822.629	60.026	Colorminas - Ind. Cerâmica	Bairro Próspera	Criciúma
26	LX-01-UR-ur	659.915	6.846.396	276.214	Aterro Sanitário Urussanga		Urussanga
27	CE-01-UR-ur	665.414	6.850.097	209.988	Cemitério Rio Maior	Rio Maior	Urussanga
28	CE-02-CS-ur	664.196	6.834.811	60.000	Cemitério Mun. Cocal do Sul	Sede	Cocal do Sul
29	CE-03-UR-ur	663.889	6.844.513	66.596	Cemitério Mun.de Urussanga	Baixada Fluminense	Urussanga
30	CE-04-PG-ur	667.465	6.845.919	242.383	Cemitério Rancho dos Bugres		Pedras Grandes
31	CE-05-UR-ur	659.770	6.844.926	253.232	Cemitério Rio América	Rio América	Urussanga
32	CE-06-UR-ur	660.689	6.840.715	103.008	Cemitério Rio Caeté	Rio Caeté	Urussanga
33	CE-07-UR-ur	668.298	6.840.530	42.505	Cemitério de São Pedro		Urussanga
34	CE-08-TM-ur	673.406	6.835.886	38.249	Cem.S.João de Urus. Baixa		Treze de Maio
35	CE-09-TM-ur	675.692	6.837.684	226.599	Cemitério São Sebastião		Treze de maio
36	CE-10-MF-ur	671.477	6.835.144	19.998	Cemitério Estação Cocal	Estação Cocal	Morro da Fumaça

37	CE-11-CR-ur	665.832	6.828.753	40.004	Cemitério Linha Batista	Bairro Linha Batista	Criciúma
38	CE-12-CR-ur	661.969	6.826.911	60.632	Cemitério da Próspera	Bairro Próspera	Criciúma
39	CE-13-IÇ-ur	676.619	6.824.481	20.000	Cemitério de Esplanada	Esplanada	Içara
40	CE-14-MF-ur	669.804	6.830.493	61.475	Cemitério Linha Torrens	Linha Torrens	Morro da Fumaça
41	CH-01-PG-ur	670.341	6.838.668	23.126	Chiqueirão	Ribeirão da Areia	Pedras Grandes
42	CH-02-PG-ur	671.149	6.838.130	39.357	Chiqueirão	Ribeirão da Areia	Pedras Grandes
43	CH-03-PG-ur	671.908	6.837.958	49.682	Chiqueirão	Ribeirão da Areia	Pedras Grandes
44	CH-04-JG-ur	681.040	6.818.778	39.577	Chiqueirão	Arroio da Cruz	Jaguaruna
45	PG-01-MF-ur	662.445	6.831.804	59.830	Posto de comb. Mampituba		Morro da Fumaça
46	PG-02-CS-ur	663.354	6.834.363	61.898	Posto de combustível Esso		Cocal do Sul
47	PG-03-CS-ur	663.746	6.835.071	63.336	Posto de comb. Ipiranga		Cocal do Sul
48	PG-04-UR-ur	664.658	6.842.807	41.406	Posto de comb. Ipiranga	SC-446	Urussanga
49	PG-05-UR-ur	664.693	6.843.796	63.754	Posto BR	SC-446	Urussanga
50	PG-06-UR-ur	664.265	6.843.920	61.298	Posto Texaco	Sede	Urussanga
51	PG-07-UR-ur	664.370	6.843.403	45.904	Posto Possamai		Urussanga
52	PG-08-CS-ur	663.747	6.834.738	62.614	Posto Texaco	Sede	Cocal do Sul
53	PG-09-MF-ur	671.811	6.835.347	20.033	Posto Repsol	Estação Cocal	Morro da Fumaça
54	PG-10-JG-ur	682.535	6.817.618	20.000	Posto Mar & Mar	Esplanada	Jaguaruna
55	PG-11-JG-ur	678.640	6.820.397	20.080	Posto Polipetro	Olho d'Água	Jaguaruna
56	PG-12-MF-ur	676.000	6.826.915	16.978	Posto Pellegrin	SC-443	Morro da Fumaça
57	PG-13-IÇ-ur	676.837	6.824.150	21.947	Posto Esso	BR 101 - Esplanada	Içara
58	PG-14-CR-ur	662.720	6.825.337	60.902	Posto Angeloni	Bairro N.S.Saete	Criciúma
59	PG-15-CR-ur	661.864	6.825.733	60.004	Posto São Pedro	Sede	Criciúma
60	PG-16-CR-ur	661.425	6.826.330	60.000	Posto Ipiranga	Sede	Criciúma
61	CE-15-IÇ-ur	672.144	6.811.790	21.436	Cemitério	Praia do Rincão	Içara
62	CE-16-IÇ-ur	666.070	6.808.000	53.879	Cemitério	Lagoa dos Esteves	Içara
63	PG-17-IÇ-ur	671.342	6.812.375	27.599	Posto de Gasolina	Pedreira	Içara
64	PG-18-IÇ-ur	671.180	6.812.645	30.885	Posto de Gasolina	Pedreira	Içara
65	PG-19-IÇ-ur	672.652	6.810.097	0.248	Posto de Gasolina	Praia do Rincão	Içara
66	PG-20-IÇ-ur	673.621	6.810.593	12.128	Posto de Gasolina	Praia do Rincão	Içara
67	PG-21-IÇ-ur	671.297	6.820.329	31.322	Posto de Gasolina	Vila Nova	Içara
68	ID-26-IÇ-ur	670.330	6.819.015	37.503	Indústria de Fritas	BR 101 - Vila Nova	Içara
69	CE-17-UR-ur	655.381	6.846.906	486.814	Cemitério	Belvedere	Urussanga
70	AV-01-UR-ur	655.348	6.846.481	495.341	Aviário	Belvedere	Urussanga

71	AV-02-UR-ur	655.315	6.845.739	485.517	Aviário	Belvedere	Urussanga
72	AV-03-UR-ur	660.444	6.845.366	142.705	Aviário	Rio América Baixo	Urussanga
73	AV-04-UR-ur	660.982	6.845.354	159.249	Aviário	Rio América Baixo	Urussanga
74	AV-05-UR-ur	661.107	6.845.003	142.700	Aviário	Rio América Baixo	Urussanga
75	AV-06-UR-ur	665.218	6.850.445	226.437	Aviário	Rio Maior	Urussanga
76	AV-07-UR-ur	665.414	6.850.375	221.491	Aviário	Rio Maior	Urussanga
77	CH-05-UR-ur	665.832	6.849.655	220.608	Chiqueirão	Rio Maior	Urussanga
78	AV-08-UR-ur	665.750	6.847.600	123.534	Aviário	Rio Maior	Urussanga
79	AV-09-UR-ur	666.250	6.851.550	224.946	Aviário	Rio Maior	Urussanga
80	AV-10-UR-ur	664.010	6.839.270	138.852	Aviário	Rio Galo	Urussanga
81	CH-06-CS-ur	664.815	6.837.753	139.122	Chiqueirão	Rio Galo	Cocal do Sul
82	AV-11-CS-ur	660.370	6.833.281	79.904	Aviário	Linha Tigre	Cocal do Sul
83	AV-12-CS-ur	659.130	6.835.623	80.091	Aviário	Linha Ferreira	Cocal do Sul
84	AV-13-CS-ur	662.131	6.834.813	78.993	Aviário	Linha Ferreira	Cocal do Sul
85	AV-14-CS-ur	662.001	6.836.951	64.317	Aviário	Linha Braço Cocal	Cocal do Sul
86	AV-15-UR-ur	661.137	6.842.881	127.485	Aviário	Rio Salto	Urussanga
87	AV-16-UR-ur	656.180	6.846.350	329.586	Aviário	Belvedere	Urussanga
88	CH-07-UR-ur	665.743	6.846.385	121.776	Chiqueirão	Rio Maior	Urussanga
89	AV-17-UR-ur	666.673	6.846.166	199.181	Aviário	Estrada Rancho dos Bugres	Urussanga
90	AV-18-UR-ur	666.666	6.843.695	63.149	Aviário	Bairro Vermelho	Urussanga
91	AV-19-UR-ur	666.750	6.842.670	40.000	Aviário	Bairro Vermelho	Urussanga
92	AV-20-UR-ur	667.350	6.841.455	40.911	Aviário	Rodovia Genésio Mazon	Urussanga
93	AV-21-UR-ur	667.654	6.841.105	40.171	Aviário	Rodovia Genésio Mazon	Urussanga
94	AV-22-UR-ur	665.997	6.840.015	139.471	Aviário	Estrada Rio Galo	Urussanga
95	AV-23-UR-ur	668.183	6.839.916	42.565	Aviário	Rodovia Genésio Mazon	Urussanga
96	ID-27-UR-ur	668.901	6.837.315	59.206	Incubadora de aves - Criaves	Rio Comprudente	Urussanga
97	AV-24-CS-ur	666.235	6.838.054	60.705	Aviário	Rio Comprudente	Cocal do Sul
98	AV-25-UR-ur	670.002	6.837.286	21.534	Aviário	Rodovia Genésio Mazon	Urussanga
99	AV-26-MIF-ur	674.842	6.831.420	20.000	Aviário	Rodovia Genésio Mazon	Morro da Fumaça

100	CH-08-TM-ur	671.952	6.836.695	23.305	Chiqueirão	S.J.Urussanga Baixa	Treze de Maio
101	CH-09-PG-ur	672.081	6.837.129	75.479	Chiqueirão	S.J.Urussanga Baixa	Pedras Grandes
102	CH-10-TM-ur	675.059	6.838.059	274.995	Chiqueirão	São Sebastião	Treze de Maio
103	CH-11-UR-ur	667.900	6.841.209	41.245	Chiqueirão	São Pedro	Urussanga

9 - CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA

Foram cadastrados 240 pontos de água, distribuídos entre 64 poços tubulares profundos (aqüíferos confinados), 33 poços ponteiras, 98 poços escavados e 45 pontos com fontes naturais. O sistema de amostragem para os poços tubulares foi do tipo varredura, enquanto que os demais poços e fontes foi de amostragem com média de 01 ponto por cada 2 km², uma vez que a região é bastante habitada e cada residência, fora dos limites urbanos, tem uma fonte, poço escavado e/ou ponteira para abastecimento de água humano e de animais.

Aproximadamente 60% dos poços tubulares cadastrados apresentam falhas construtivas, principalmente no que tange aos itens relacionados com a proteção contra infiltração de águas superficiais, tais como perímetros de proteção, laje sanitária, cimentação do espaço anelar e tamponamento. No tocante aos poços tipo ponteiras, a situação é bem mais crítica, onde praticamente todos não tem a proteção sanitária prevista nas diretrizes de construção de poços.

Os poços escavados igualmente oferecem grandes riscos de contaminação por água superficial, apesar de vários poços cadastrados terem uma proteção superficial, esta não acontece nos primeiros metros abaixo do nível do terreno onde foi escavado, nem possuem perímetro de proteção e tamponamento adequado. Quanto as fontes naturais, observa-se uma inadequabilidade nas proteções sanitárias, principalmente quando as águas das mesmas são utilizadas para consumo humano sem tratamento químico bactericida. Excetuam-se as águas coletadas em fontes pela CASAN, pois as mesmas alimentam ETA's onde as águas são submetidas a processos de filtração, clarificação e clorificação.

Muitos poços tubulares, ponteiras, escavados e fontes, são utilizados para fins diversos, menos para consumo humano. Este fato traduz a má construção e proteção sanitária, e, quando do questionamento dos proprietários para adequar estas fontes de captação de água subterrânea as normas construtivas e de proteção sanitária, alegam que , “ *como não é para consumo humano, não precisa ser feito*”.

A seguir, seguem figuras ilustrando a problemática situação das fontes de abastecimento por água subterrânea bacia do rio Urussanga e as tabelas com os respectivos dados de cada fonte



Figura nº48- Poço não instalado no município de Içara, coordenada 666.682E/6.823.373N. Observa-se inadequação de tamponamento e perímetro de proteção.



Figura nº 49- Poço instalado no município de Içara, coordenada 665.445E/6.822.186N. Observa-se falta de laje sanitária e perímetro de proteção. Poço inativo motivado pela turvação da água por óxido de ferro.



Figura nº50 -Coordenada 665.950E/6.822.350N, município de Içara, poço tecnicamente bem construído, usado para abastecimento público.



Figura nº 51 - Coordenada 665.293E/6.822.917N, município de Içara, poço não utilizado por apresentar água com alto teor de Fe.



Figura nº 52 - Coordenada 670.591E/6.836.365N, município de Cocal do Sul, poço ponteira sem proteção sanitária.



Figura nº 53 – Coordenada 670.178E/6.836.302N, município de Cocal do Sul, poço ponteira sem proteção sanitária, abaixo do nível do terreno.



Figura nº 54 - Coordenada 667.413E/6.845.336N, município de Urussanga, poço escavado com cimentação quase que somente acima do nível do terreno.



Figura nº 55 - Coordenada 658.960E/6.845.277N, município de Urussanga, poço escavado com cimentação quase que somente acima do nível do terreno, precariamente tamponado.



Figura nº 56 - Município de Cocal do Sul. Uso diverso de poço escavado.



Figura nº 57 - FT 25 PG-UR Coordenada 670.614E/6.841.672N, fonte cadastrada no município de Pedras Grandes.



Figura nº 58 -FT 32 TM-UR Coordenada 677.252E/6.833.677N, fonte natural cadastrada no município de Treze de Maio.



Figura nº 59- FT-29 TM-UR Coordenada 672.060E/6.836.790N, fonte natural cadastrada no município de Treze de Maio. Observa-se a proteção efetuada, mas inadequada.

Tabela 11 – Relação dos poços tubulares cadastrados
POÇOS TUBULARES (AQUÍFEROS CONFINADOS) - BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA

Informações Cadastrais										Características Físicas				
Poço	Coordenadas UTM				Nível Est. (m)	Nível Din. (m)	Cota NE (m)	Profund. (m)	Vazão (m³/h)	Cond. Elét. (µS/cm)	Cor (Pt/Co)	Temp. (°C)	Turbidez(NTU)	
	E	N	Cota topográfica	Z										
PT-01-PG-Ur	671.907	6.837.960	49.534	58,13	1,5	-	56,63	21,00	2,0	95,00	-	23,4	-	
PT-02-TM-Ur	673.591	6.835.855	60.008	54,83	-	-	-	39,00	-	108,00	-	21,00	-	
PT-03-MF-Ur	671.856	6.835.308	20.049	18,22	-	-	-	32,00	-	242,00	-	22,00	-	
PT-04-MF-Ur	675.990	6.826.914	16.898	20,00	-	-	-	70,00	-	105,60	-	23,30	-	
PT-05-CR-Ur	668.742	6.828.917	55.620	52,89	-	-	-	47,00	-	197,00	-	25,00	-	
PT-06-Ur-ur	655.103	6.846.926	489.596	490,00	34,20	88,20	455,80	208,00	0,10	338,00	-	21,20	-	
PT-06-Ur-urA)	655.103	6.846.926	489.596	490,00	34,20	88,20	455,80	208,00	0,10	-	-	-	-	
PT-06-Ur-urB)	655.103	6.846.926	489.596	490,00	34,20	88,20	455,80	208,00	0,10	228,00	-	-	5,26	
PT-07-Ur-ur	664.399	6.840.182	122.130	135,15	-	-	-	83,00	-	141,80	-	18,60	-	
PT-07-Ur-urA)	664.399	6.840.182	122.130	135,15	-	-	-	83,00	-	-	-	-	2,50	
PT-08-Ur-ur	665.178	6.851.012	224.926	239,99	0,70	18,90	239,29	132,00	44,00	204,00	-	18,30	-	
PT-08-Ur-ur A)	665.178	6.851.012	224.926	239,99	0,70	18,90	239,29	132,00	44,00	-	-	-	0,24	
PT-09-UR-ur	666.185	6.852.880	240.507	243,35	-	-	-	140,00	-	122,50	-	19,30	-	
PT-10-UR-ur	664.451	6.843.159	41.520	44,21	-	-	-	-	-	155,40	-	19,80	-	
PT-11-UR-ur	664.000	6.844.306	61.418	71,74	-	-	-	112,00	-	165,00	-	21,90	-	
PT-12-UR-ur	664.441	6.839.112	120.007	121,28	-	-	-	170,00	-	127,50	-	20,10	-	
PT-13-UR-ur	664.672	6.839.115	120.264	121,83	-	-	-	200,00	-	289,00	-	19,30	-	
PT-14-UR-ur	664.346	6.839.112	120.064	123,13	-	-	-	-	-	320,00	-	19,80	-	
PT-15-UR-ur	663.148	6.844.361	97.097	73,53	17,00	66,00	56,53	119,00	-	183,00	-	21,40	-	
PT-15-UR-urA)	663.148	6.844.361	97.097	73,53	17,00	66,00	56,53	119,00	-	-	-	-	-	
PT-16-UR-ur	664.500	6.843.477	44.524	42,69	-	-	-	-	-	179,00	-	22,40	-	
PT-16-UR-urA)	664.500	6.843.477	44.524	42,69	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	
PT-17-UR-ur	664.523	6.842.250	61.497	57,19	11,00	68,00	46,19	187,00	0,133	538,00	-	23,20	-	
PT-18-UR-ur	664.550	6.842.997	42.432	39,80	-	-	-	136,00	-	525,08	-	24,90	-	
PT-19-UR-ur A)	668.158	6.840.082	42.649	35,84	18,00	60,00	17,84	136,00	7,00	-	-	-	-	
PT-19-UR-ur B)	668.158	6.840.082	42.649	35,84	18,00	60,00	17,84	136,00	7,00	-	-	-	-	

PT-19-UR-ur	668.158	6.840.082	42.649	35,84	18,00	60,00	17,84	136,00	7,00	389,00	-	23,00	-
PT-20-UR-ur	669.035	6.836.215	24.250	27,74	28,00	78,00	-0,26	139,00	4,80	360,00	-	22,20	-
PT-21-UR-ur	667.281	6.841.713	40.616	36,25	19,00	39,00	17,25	124,00	13,0	140,20	-	21,20	-
PT-21-UR-ur A)	667.281	6.841.713	40.616	36,25	19,00	39,00	17,25	124,00	13'0	-	-	-	-
PT-22-CS-ur	664.152	6.839.050	120.917	125,39	78,80	158,00	46,59	230,00	24,00	228,00	-	-	-
PT-23-CS-ur	663.615	6.834.689	63.528	56,16	-	-	-	250,00	-	433,00	-	24,90	-
PT-24-CS-ur	663.621	6.834.693	63.557	56,20	-	-	-	150,00	-	-	-	-	-
PT-25-CS-ur	663.616	6.834.213	61.262	58,83	-	-	-	70,00	-	-	-	-	-
PT-26-CS-ur	664.349	6.837.304	105.812	114,58	70,00	71,00	44,58	230,00	-	-	-	-	-
PT-26-CS-urA)	664.349	6.837.304	105.812	114,58	70,00	71,00	44,58	230,00	-	320,00	-	-	N.D
PT-27-CS-ur	663.803	6.834.386	62.409	59,18	-	-	-	253,00	-	-	-	-	-
PT-27-CS-urA)	663.803	6.834.386	62.409	59,18	-	-	-	253,00	-	-	-	-	0,65
PT-28-CS-ur	663.733	6.833.775	66.433	76,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PT-29-MF-ur	674.411	6.829.424	33.367	25,60	20,00	69,00	5,60	120,00	18,00	225,00	-	23,70	-
PT-29-MF-urA)	674.411	6.829.424	33.367	25,60	20,00	69,00	5,60	120,00	18,00	-	10,00	-	3,20
PT-30-MF-ur	675.810	6.827.614	19.021	20,00	3,00	40,00	17,00	120,00	-	160,50	-	27,20	-
PT-30-MF-urA)	675.810	6.827.614	19.021	20,00	3,00	40,00	17,00	120,00	-	-	incolor	-	-
PT-31-MF-ur	675.416	6.829.231	19.861	19,66	-	-	-	104,00	1,50	229,00	-	25,90	-
PT-32-MF-ur	675.474	6.827.716	19.579	20,00	22,00	42,00	-2,00	120,00	0,75	410,00	-	22,10	-
PT-33-MF-ur	675.436	6.827.807	19.688	19,30	7,62	-	11,68	-	-	128,80	-	-	-
PT-34-IÇ-ur	669.660	6.809.446	20.827	18,77	-	-	-	36,00	-	92,20	-	23,00	-
PT-35-IÇ-ur	666.186	6.823.249	59.838	57,57	-	-	-	115,00	-	359,00	-	22,30	-
PT-36-IÇ-ur	666.103	6.823.306	59.853	58,96	-	-	-	-	-	363,00	-	22,40	-
PT-37-IÇ-ur	665.991	6.823.271	59.256	59,27	-	-	-	-	-	350,00	-	22,80	-
PT-38-IÇ-ur	666.392	6.822.331	59.239	58,73	-	-	-	-	-	234,00	-	25,10	-
PT-39-IÇ-ur	665.829	6.822.591	59.368	58,93	5,00	37,00	53,93	102,50	22,50	-	-	-	10,00
PT-40-IÇ-ur	665.774	6.822.573	59.514	59,15	6,00	81,00	53,15	130,00	13,50	-	80,00	-	25,00
PT-41-IÇ-ur	665.950	6.822.350	59.969	59,18	4,15	40,00	55,03	120,00	80,00	533,00	-	23,30	-
PT-42-IÇ-ur	665.445	6.822.186	60.016	60,07	16,70	34,90	43,37	95,00	23,20	235,00	-	23,40	-
PT-43-IÇ-ur	665.118	6.822.032	60.148	60,02	13,70	86,66	46,32	160,00	8,00	804,00	-	22,90	-
PT-44-IÇ-ur	665.293	6.822.917	60.000	60,00	13,13	-	46,87	-	-	326,00	-	23,10	-
PT-45-IÇ-ur	666.281	6.822.903	50.981	49,60	3,65	82,00	45,95	120,40	11,25	651,00	-	22,80	0,20
PT-46-IÇ-ur	665.723	6.822.430	59.792	59,53	13,50	10,00	46,03	150,00	4,00	-	-	-	10,50
PT-47-IÇ-ur	664.217	6.822.591	60.000	60,00	33,00	48,30	27,00	126,00	18,00	277,00	-	21,90	-

PT-48-IC-ur	666.682	6.823.373	59.272	58,33	21,50	-	36,83	115,00	-	142,00	-	21,40	-
PT-49-IC-ur	673.250	6.815.796	56.393	60,93	-	-	-	224,00	-	-	-	-	-
PT-50-IC-ur	661.864	6.825.733	60.004	60,00	-	-	-	48,00	-	180,00	-	27,40	-
PT-51-CR-ur	662.398	6.826.005	60.024	60,00	13,00	29,00	47,00	45,00	13,50	305,00	-	24,70	-
PT-51a-CR-ur	662.398	6.826.005	60.024	60,00	13,00	29,00	47,00	45,00	13,50	-	-	-	-
PT-51b-CR-ur	662.398	6.826.005	60.024	60,00	13,00	29,00	47,00	45,00	13,50	-	-	-	-
PT-52-CR-ur	662.518	6.824.792	60.000	60,00	2,85	-	57,15	60,00	4,00	99,00	-	24,50	-
PT-53-CR-ur	662.582	6.824.772	60.000	60,00	2,85	-	57,15	40,00	-	128,00	-	27,20	-
PT-54-CR-ur	662.720	6.825.337	60.902	60,00	-	-	-	120,00	6,00	254,00	-	29,50	-
PT-55-CR-ur	662.251	6.825.492	60.187	60,00	-	-	-	104,00	4,00	179,00	-	26,90	-
PT-56-CR-ur	663.085	6.830.470	62.129	64,81	18,00	61,00	46,81	110,00	3,90	-	-	-	1,80
PT-57-CR-ur	662.359	6.830.680	60.003	60,81	-	-	-	110,00	4,00	414,00	-	26,50	-
PT-58-CR-ur	660.919	6.824.558	78.195	66,66	-	-	-	60,00	5,00	567,00	-	23,70	-
PT-59-CR-ur	662.911	6.826.062	60.000	60,00	5,10	-	54,90	-	-	123,00	-	22,90	-
PT-60-CR-ur	663.090	6.827.750	60.000	60,40	-	-	-	-	-	88,00	-	22,70	-
PT-61-CR-ur	664.347	6.822.717	60.026	60,00	11,05	-	48,95	120,00	-	115,00	-	22,80	-
PT-62-CR-ur	664.383	6.822.679	60.039	60,00	-	-	-	150,00	-	470,00	-	25,20	-
PT-63-CR-ur	671.017	6.820.027	39.578	37,05	8,90	-	28,15	196,00	-	166,70	-	25,30	-
PT-64-CR-ur	666.828	6.824.830	20.815	18,13	-	-	-	-	-	253,00	-	29,90	-

Tabela 12 – Relação dos poços escavados cadastrados

POÇOS ESCAVADOS(AQUIFEROS LIVRES) - BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA

FONTES	Informações Cadastrais						Características Físicas				
	Coordenadas UTM			Nível Est. (m)	Nível Din. (m)	Cota NE(m)	Profund. (m)	Vazão (m³/h)	Cond. Elét. (µS/cm)	Cor (Pt/Co)	Temp. (°C)
	E	N	cota topográfica								
PE-01-CR-UR	661.391	6.830.063	82.937	93,03	7,70	-	8,80	-	126,00	-	23,7
PE-02-CR-UR	661.939	6.830.980	60.857	65,48	-	-	7,0	-	148,00	-	22,7
PE-03-MF-UR	662.753	6.832.307	61.036	57,65	4,70	-	5,20	-	44,2	-	27,6
PE-04-UR-UR	665.391	6.850.054	205.353	214,82	6,10	-	6,60	-	93,00	-	27,3
PE-05-CS-UR	662.542	6.833.018	76.387	74,98	2,60	-	4,70	-	111,00	-	24,9
PE-06-CS-UR	660.962	6.833.194	80.733	77,28	4,30	-	5,70	-	34,1	-	24,6

PE-07-CS-UR	661.809	6.834.560	65.963	60,61	2,80	-	57,81	4,0	-	137,00	-	24,1
PE-08-CS-UR	662.963	6.835.337	67.776	66,48	3,30	-	63,18	6,80	-	102,00	-	27,3
PE-09-CS-UR	660.798	6.835.444	79.483	79,39	3,20	-	76,19	4,10	-	46,7	-	24,4
PE-10-CS-UR	664.376	6.834.360	67.359	59,17	1,50	-	57,67	4,10	-	230,00	-	25,2
PE-11-CS-UR	664.317	6.836.987	103.619	103,03	4,80	-	98,23	6,10	-	105,00	-	25,00
PE-12-UR-UR	664.386	6.839.214	120.297	123,20	7,20	-	116,00	8,60	-	214,00	-	24,6
PE-13-UR-UR	665.113	6.846.261	78.872	85,19	0,40	-	84,79	2,50	-	58,00	-	25,8
PE-14-UR-UR	665.118	6.851.681	234.009	235,66	1,65	-	234,01	3,10	-	99,3	-	24,7
PE-15-UR-UR	665.413	6.851.060	220.824	225,83	7,70	-	248,13	9,40	-	34,00	-	21,6
PE-16-UR-UR	660.501	6.848.395	188.660	189,73	2,80	-	186,93	3,90	-	45,00	-	24,2
PE-17-UR-UR	667.413	6.845.336	225.015	217,79	4,30	-	213,49	7,10	-	70,00	-	24,2
PE-18-UR-UR	658.960	6.845.277	279.997	275,35	9,10	-	266,25	11,90	-	218,00	-	25,7
PE-19-UR-UR	661.478	6.843.603	154.300	151,20	5,10	-	146,10	5,75	-	83,5	-	25,6
PE-20-UR-UR	661.454	6.841.418	100.981	104,51	2,65	-	101,86	3,85	-	55,5	-	24,7
PE-21-UR-UR	660.449	6.840.518	100.304	97,76	0,90	-	96,86	4,00	-	69,7	-	25,4
PE-22-UR-UR	662.237	6.840.186	138.672	135,34	1,10	-	134,24	2,95	-	76,0	-	24,8
PE-23-UR-UR	667.267	6.841.448	41.570	40,72	7,05	-	33,67	8,20	-	394,00	-	24,2
PE-24-PG-UR	668.815	6.839.933	35.521	31,64	4,20	-	27,44	6,00	-	168,00	-	23,9
PE-25-PG-UR	670.519	6.838.935	47.471	43,61	7,95	-	35,66	9,10	-	52,00	-	25,1
PE-26-TM-UR	676.574	6.833.216	23.582	32,66	2,50	-	30,16	5,20	-	69,00	-	25,2
PE-27-MF-UR	674.134	6.829.658	24.926	23,96	4,80	-	19,16	6,50	-	141,00	-	23,2
PE-28-MF-UR	674.219	6.831.122	24.949	25,99	1,57	-	24,42	3,20	-	106,00	-	24,9
PE-29-MF-UR	674.077	6.832.076	20.266	21,06	1,50	-	19,56	3,40	-	93,00	-	26,4
PE-30-MF-UR	673.685	6.833.369	19.987	20,00	3,30	-	16,70	5,75	-	225,00	-	26,3
PE-31-MF-UR	672.379	6.834.813	20.379	17,01	2,20	-	14,81	4,20	-	115,5	-	25,5
PE-32-CS-UR	670.601	6.836.103	20.313	18,66	1,35	-	17,31	4,00	-	116,00	-	26,4
PE-33-SG-UR	679.164	6.829.913	21.113	16,84	2,30	-	14,54	4,25	-	211,00	-	23,9
PE-34-SG-UR	679.699	6.828.657	22.345	26,62	2,33	-	24,29	7,60	-	242,00	-	23,0
PE-35-TM-UR	679.257	6.831.990	53.672	56,59	1,15	-	55,44	2,60	-	81,00	-	25,0
PE-36-MF-UR	674.421	6.831.962	20.003	19,32	3,77	-	15,55	5,40	-	136,00	-	23,2
PE-37-CS-UR	664.720	6.833.562	42.448	47,11	2,20	-	44,91	4,10	-	66,6	-	16,6
PE-38-MF-UR	664.689	6.831.766	50.480	53,06	8,15	-	44,91	9,60	-	163,3	-	17,8
PE-39-CR-UR	664.589	6.830.441	59.586	58,09	3,95	-	54,14	5,50	-	69,2	-	18,2
PE-40-CR-UR	665.113	6.828.857	55.700	54,98	5,60	-	49,38	9,90	-	188,1	-	18,8

PE-41-CR-CR	666.948	6.828.989	55.218	59,65	4,40	-	55,25	8,50	-	129,00	-	18,0
PE-42-CR-CR	668.701	6.828.834	58.997	55,91	4,50	-	51,41	6,70	-	69,2	-	18,3
PE-43-MF-UR	670.537	6.828.927	45.589	47,83	4,85	-	42,98	6,55	-	360,00	-	18,6
PE-44-MF-UR	673.886	6.828.582	40.042	40,16	5,10	-	35,06	6,80	-	100,6	-	18,9
PE-45-CS-UR	666.936	6.833.458	20.001	20,14	0,88	-	19,26	2,15	-	86,6	-	17,0
PE-46-CS-UR	668.821	6.833.805	27.282	27,74	0,80	-	26,94	2,88	-	69,5	-	17,3
PE-47-MF-UR	670.943	6.834.368	37.656	35,61	3,22	-	32,39	4,60	-	52,00	-	19,7
PE-48-MF-UR	670.211	6.835.258	20.000	19,61	2,70	-	16,91	4,27	-	71,9	-	19,8
PE-49-MF-UR	671.790	6.833.701	21.753	19,28	2,50	-	16,78	4,50	-	134,3	-	19,8
PE-50-MF-UR	671.095	6.832.950	44.634	45,91	4,08	-	41,83	8,20	-	212,00	-	19,7
PE-51-MF-UR	672.460	6.830.961	43.788	41,20	1,67	-	39,53	6,05	-	83,6	-	19,8
PE-52-MF-UR	670.374	6.830.906	61.168	63,62	2,41	-	61,21	3,30	-	89,7	-	18,1
PE-53-MF-UR	668.261	6.830.790	61.649	66,97	2,53	-	64,44	4,05	-	70,9	-	17,9
PE-54-MF-UR	665.848	6.830.920	58.783	56,78	10,39	-	46,39	12,70	-	119,9	-	19,1
PE-55-SG-UR	678.852	6.829.021	22.932	20,19	4,42	-	15,77	5,14	-	72,5	-	18,8
PE-56-SG-UR	680.076	6.826.758	36.919	36,76	4,24	-	32,52	7,13	-	263,00	-	20,7
PE-57-SG-UR	682.065	6.826.777	59.067	57,70	1,12	-	56,58	2,45	-	65,2	-	20,0
PE-58-IC-UR	676.667	6.824.729	20.096	19,68	1,77	-	17,91	2,82	-	195,5	-	19,9
PE-59-MF-UR	672.630	6.827.254	24.352	25,62	3,17	-	22,45	4,60	-	170,7	-	19,7
PE-60-MF-UR	670.348	6.827.071	41.646	44,25	4,85	-	39,40	7,70	-	149,5	-	20,2
PE-61-IC-UR	669.414	6.826.582	37.504	38,95	3,80	-	35,15	5,10	-	74,5	-	23,8
PE-62-CR-UR	668.543	6.826.693	40.000	39,60	2,60	-	37,00	6,49	-	548,00	-	21,8
PE-63-CR-UR	666.198	6.826.715	54.410	54,38	2,58	-	51,80	6,62	-	129,4	-	23,6
PE-64-CR-UR	664.838	6.826.571	60.275	59,87	1,25	-	58,62	3,80	-	83,6	-	22,6
PE-65-IC-UR	665.625	6.825.294	43.027	37,28	3,58	-	33,70	6,62	-	149,7	-	22,1
PE-66-IC-UR	677.224	6.823.720	39.368	33,82	4,30	-	29,52	6,15	-	113,2	-	18,2
PE-67-IC-UR	677.470	6.822.084	30.964	27,65	0,97	-	26,68	3,00	-	162,2	-	19,1
PE-68-JG-UR	681.280	6.818.420	37.419	33,64	4,0	-	29,64	5,25	-	96,1	-	20,5
PE-69-IC-UR	676.983	6.821.102	26.159	23,31	2,10	-	21,21	4,10	-	304,00	-	19,9
PE-70-IC-UR	675.579	6.820.518	28.884	24,48	4,10	-	20,38	5,70	-	173,4	-	21,3
PE-71-IC-UR	674.995	6.818.816	24.796	26,45	1,50	-	24,95	3,30	-	233,00	-	20,9
PE-72-IC-UR	675.010	6.817.028	26.570	21,60	4,30	-	17,30	7,00	-	189,6	-	20,1
PE-73-IC-UR	672.399	6.814.347	24.183	21,97	2,05	-	19,92	2,95	-	173,1	-	23,7
PE-74-JG-UR	676.657	6.813.537	19.824	19,82	1,65	-	18,17	2,20	-	84,6	-	19,4

PE-75-İÇ-UR	675.739	6.823.386	22.090	21,65	3,20	-	-	18,45	4,70	-	426,00	-	20,3
PE-76-İÇ-UR	671.297	6.820.329	31.322	31,40	2,95	-	-	28,45	5,85	-	156,4	-	22,2
PE-77-İÇ-UR	670.360	6.819.410	38.183	41,11	2,90	-	-	38,21	4,00	-	161,5	-	20,8
PE-78-İÇ-UR	672.886	6.823.523	19.846	20,00	2,00	-	-	18,00	3,90	-	356,00	-	21,7
PE-79-İÇ-UR	672.634	6.824.959	26.480	26,85	2,50	-	-	24,35	4,90	-	178,3	-	20,7
PE-80-İÇ-UR	673.107	6.826.146	40.994	38,91	3,10	-	-	35,81	6,65	-	156,4	-	20,1
PE-81-İÇ-UR	671.446	6.821.359	22.943	22,88	0,90	-	-	21,98	3,10	-	206,00	-	18,5
PE-82-İÇ-UR	671.245	6.823.362	20.101	20,52	4,85	-	-	15,67	6,20	-	373,00	-	20,1
PE-83-İÇ-UR	671.454	6.819.018	26.671	27,90	-	-	-	-	4,10	-	244,00	-	23,2
PE-84-İÇ-UR	671.238	6.817.554	39.492	39,66	-	-	-	-	7,90	-	220,00	-	22,7
PE-85-İÇ-UR	671.562	6.816.413	40.922	38,45	-	-	-	-	5,35	-	577,00	-	22,8
PE-86-İÇ-UR	673.164	6.816.345	43.872	50,05	-	-	-	-	3,70	-	224,00	-	23,1
PE-87-İÇ-UR	669.512	6.821.480	40.173	40,02	-	-	-	-	5,15	-	107,9	-	22,6
PE-88-İÇ-UR	668.448	6.822.167	39.862	40,00	-	-	-	-	5,40	-	110,3	-	22,4
PE-89-İÇ-UR	668.812	6.823.046	39.650	40,00	-	-	-	-	3,60	-	93,7	-	22,8
PE-90-İÇ-UR	670.707	6.825.113	30.006	31,76	-	-	-	-	7,20	-	185,3	-	21,6
PE-91-İÇ-UR	671.215	6.826.163	57.886	46,57	-	-	-	-	8,20	-	333,00	-	20,4
PE-92-İÇ-UR	669.782	6.824.503	39.404	38,37	-	-	-	-	4,20	-	160,00	-	20,5
PE-93-İÇ-UR	668.536	6.824.442	39.995	40,00	-	-	-	-	6,15	-	117,1	-	20,7
PE-94-İÇ-UR	666.969	6.824.436	40.536	41,14	-	-	-	-	3,95	-	209,00	-	23,80
PE-95-İÇ-UR	663.828	6.823.945	58.606	59,07	-	-	-	-	1,30	-	220,00	-	22,7
PE-96-İÇ-UR	663.989	6.822.682	60.000	60,00	-	-	-	-	7,40	-	268,00	-	23,1
PE-97-İÇ-UR	663.167	6.823.138	60.000	60,00	-	-	-	-	4,30	-	211,00	-	23,2
PE-98-İÇ-UR	664.709	6.822.166	60.082	60,01	-	-	-	-	9,95	-	186,1	-	22,2

Tabela 13 – Relação dos poços ponteiros cadastrados

POÇOS PONTEIRAS (AQUÍFEROS LIVRES) - BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA

Informações Cadastrais										Características Físicas		
FONTES	Coordenadas UTM				Nível Est. (m)	Nível Din. (m)	Cota NE (m)	Profund. (m)	Vazão (m³/h)	Cond. Elét. (µS/cm)	Cor (Pt/Co)	Tem p. (°C)
	E	N	cota topográfica									
PO-01-MF-UR	677.675	6.829.713	18.205		18,83	-	-	28,00	1,5	257,00	-	21,8
PO-02-IÇ-UR	678.275	6.824.440	22.389		24,81	-	-	18,0	-	75,3	-	22,7
PO-03-IÇ-UR	678.640	6.820.397	20.080		19,34	2,0	17,34	6,0	-	186,6	-	17,8
PO-04-JG-UR	681.180	6.818.440	37.121		33,09	4,0	29,09	10,0	-	374,00	-	20,5
PO-05-JG-UR	682.218	6.818.275	25.777		26,25	4,0	22,25	15,00	-	87,7	-	18,0
PO-06-JG-UR	683.600	6.817.850	19.783		20,00	4,0	16,00	40,0	-	140,4	-	20,8
PO-07-JG-UR	685.222	6.819.080	27.865		8,84	-	-	42,0	-	58,3	-	19,6
PO-08-JG-UR	686.910	6.820.694	25.033		23,69	2,0	21,69	15,0	-	90,4	-	21,8
PO-09-JG-UR	683.791	6.818.845	21.069		22,49	-	-	15,0	-	68,5	-	20,8
PO-10-JG-UR	680.223	6.821.450	20.309		21,61	-	-	8,0	-	217,00	-	20,8
PO-11-JG-UR	681.365	6.821.901	21.804		22,23	-	-	7,0	-	68,00	-	19,2
PO-12-JG-UR	682.334	6.822.811	21.300		22,61	3,0	19,61	12,0	-	63,6	-	16,8
PO-13-JG-UR	683.494	6.823.679	20.000		20,18	-	-	15,0	-	67,9	-	19,4
PO-14-JG-UR	685.026	6.824.316	21.980		19,57	-	-	7,0	-	144,2	-	16,0
PO-15-JG-UR	685.387	6.825.318	45.502		24,30	-	-	9,0	-	85,9	-	19,5
PO-16-JG-UR	678.609	6.819.323	20.020		19,94	5,0	14,94	11,0	-	331,00	-	17,3
PO-17-JG-UR	677.459	6.818.667	20.647		20,00	-	-	14,0	-	84,0	-	20,5
PO-18-JG-UR	676.721	6.817.539	21.734		20,00	-	-	7,0	-	69,00	-	16,1
PO-19-JG-UR	676.488	6.814.268	18.954		20,00	-	-	8,0	-	148,9	-	19,1
PO-20-JG-UR	671.868	6.812.846	20.292		22,20	-	-	9,0	-	316,00	-	22,00
PO-21-IÇ-UR	670.959	6.811.283	20.468		23,16	-	-	8,50	-	89,1	-	19,8
PO-22-IÇ-UR	668.762	6.809.395	24.440		24,16	-	-	8,0	-	77,7	-	29,00
PO-23-IÇ-UR	666.991	6.808.405	28.665		25,75	-	-	8,50	-	91,00	-	20,9
PO-24-IÇ-UR	664.794	6.806.600	20.890		20,81	-	-	6,0	-	61,1	-	21,1
PO-25-IÇ-UR	672.902	6.811.616	19.817		19,25	-	-	7,50	-	107,3	-	17,5
PO-26-JG-UR	676.868	6.813.375	17.749		21,56	-	-	8,50	-	1.110,00	-	20,3

PO-27-JG-UR	677.791	6.815.183	20.008	20,00	-	-	-	-	6,0	-	336,00	-	22,3
PO-28-JG-UR	679.240	6.816.854	20.127	20,00	-	-	-	-	6,50	-	289,00	-	21,00
PO-29-JG-UR	680.846	6.816.787	19.930	20,00	0,80	-	19,20	25,00	-	-	365,00	-	20,7
PO-30-JG-UR	677.289	6.814.516	20.000	20,00	2,0	-	18,00	12,0	-	-	135,7	-	21,7
PO-31-CS-UR	670.591	6.836.365	20.835	17,22	-	-	-	18,0	-	-	367,00	-	23,4
PO-32-CS-UR	670.178	6.836.302	20.014	18,85	2,50	-	16,35	12,00	1,6	-	114,4	-	20,8
PO-33-MF-UR	674.824	6.827.364	19.911	19,44	-	-	-	18,0	-	-	235,00	-	26,8

Tabela 14 – Relação das fontes naturais cadastradas

FONTES NATURAIS- BACIA HIDROGRÁFICA URUSSANGA

FONTES	Coordenadas UTM				Nível Est. (m)	Nível Din. (m)	Cota NE (m)	Profund. (m)	Vazão (m³/h)	Cond. Elét. (µS/cm)	Cor (Pt/Co)	Temp. (°C)	Turbidez(NTU)
	E	N	Cota topográfica	Z									
FT-01-UR-UR	666.311	6.852.782	239,601	240,73	-	-	240,73	-	-	41,2	-	29,2	-
FT-02-CS-UR	658.430	6.833.528	250,286	247,29	-	-	247,29	-	-	45,00	-	23,9	-
FT-03-CS-UR	659.950	6.833.450	81,387	100,18	-	-	100,18	-	-	29,00	-	28,2	-
FT-04-CS-UR	657.505	6.835.810	161,501	177,28	-	-	177,28	-	-	102,00	-	28,2	-
FT-05-CS-UR	663.750	6.838.480	138,934	147,58	-	-	147,58	-	-	40,4	-	26,7	-
FT-06-UR-UR	665.452	6.840.990	113,628	131,06	-	-	131,06	-	-	46,00	-	27,2	-
FT-07-UR-UR	664.950	6.843.655	83,439	93,90	-	-	93,90	-	-	103,00	-	25,2	-
FT-08-UR-UR	664.530	6.849.150	280,539	309,16	-	-	309,16	-	-	55,00	-	27,0	-
FT-09-UR-UR	663.327	6.846.426	121,093	131,86	0,00	-	131,86	2,00	-	61,00	-	25,7	-
FT-10-UR-UR	661.020	6.848.250	190,068	205,65	-	-	205,65	-	-	52,00	-	26,7	-
FT-11-UR-UR	656.510	6.847.020	332,478	339,84	-	-	339,84	-	-	78,00	-	23,1	-
FT-12-UR-UR	665.850	6.845.740	129,013	125,71	-	-	125,71	-	-	56,6	-	29,3	-
FT-13-UR-UR	666.859	6.845.965	207,741	217,25	-	-	217,25	-	-	49,4	-	25,7	-
FT-14-UR-UR	667.805	6.844.604	181,619	192,16	-	-	192,16	-	-	49,4	-	27,2	-
FT-14-UR-UR A)	667.805	6.844.604	181,619	192,16	-	-	192,16	-	-	49,4	19.43hz	27,2	5,19
FT-15-UR-UR	665.121	6.846.003	68,459	73,88	-	-	73,88	-	-	56,6	-	22,0	-
FT-16-UR-UR	658.362	6.845.003	336,459	344,77	-	-	344,77	-	-	134,7	-	21,9	-
FT-17-UR-UR	663.277	6.843.122	62,697	80,50	0,10	-	80,50	-	-	42,00	-	24,5	-
FT-18-UR-UR	661.480	6.845.333	163,319	162,40	-	-	162,40	-	-	61,00	-	22,00	-
FT-19-UR-UR	659.201	6.843.763	196,174	213,16	-	-	213,16	-	-	51,00	-	21,5	-
FT-20-UR-UR	657.791	6.843.550	264,720	281,71	-	-	281,71	-	-	44,5	-	21,50	-
FT-21-UR-UR	658.045	6.841.084	220,651	231,96	-	-	231,96	-	-	113,6	-	22,1	-
FT-22-CS-UR	658.525	6.837.533	257,562	253,68	-	-	253,68	-	-	103,5	-	25,7	-
FT-22-CS-UR	658.525	6.837.533	257,562	253,68	-	-	253,68	-	-	103,5	5.0UH	25,7	2,34
FT-23-UR-UR	663.477	6.841.574	65,652	75,38	-	-	75,38	-	-	53,00	-	28,3	-
FT-24-PG-UR	669.858	6.841.522	144,205	148,67	-	-	148,67	-	-	64,9	-	22,4	-
FT-24-PG-UR A)	669.858	6.841.522	144,205	148,67	-	-	148,67	-	-	64,9	3.0Hz	22,4	0,36
FT-25-PG-UR	670.614	6.841.672	221,472	221,02	-	-	221,02	-	-	31,9	-	24,2	-

FT-26-UR-UR	666.387	6.840.048	91,975	112,91	-	-	-	-	-	112,91	-	-	66,7	-	25,7	-
FT-27-PG-UR	670.776	6.837.628	37.323	31,97	0,60	-	-	-	-	31,97	-	-	886,00	-	32,2	-
FT-28-PG-UR	673.100	6.840.070	266,719	262,09	-	-	-	-	-	262,09	-	-	41,00	-	29,2	-
FT-29-TM-UR	672.060	6.836.790	40,957	60,03	-	-	-	-	-	60,03	-	-	183,00	-	25,3	-
FT-30-TM-UR	675.632	6.837.257	216,991	212,36	-	-	-	-	-	212,36	-	-	69,00	-	27,7	-
FT-31-TM-UR	677.458	6.836.225	205,349	196,33	-	-	-	-	-	196,33	-	-	94,00	-	28,8	-
FT-32-TM-UR	677.252	6.833.677	60,785	45,91	-	-	-	-	-	45,91	-	-	91,7	-	27,3	-
FT-33-CS-UR	667.980	6.836.712	39,826	39,17	-	-	-	-	-	39,17	-	-	76,00	-	25,6	-
FT-34-SG-UR	680.270	6.829.151	72,443	70,44	-	-	-	-	-	70,44	-	-	60,1	-	21,0	-
FT-35-SG-UR	680.750	6.830.226	79,578	77,99	-	-	-	-	-	77,99	-	-	60,00	-	25,7	-
FT-36-TM-UR	678.170	6.833.223	20,889	15,97	-	-	-	-	-	15,97	-	-	64,4	-	25,2	-
FT-36-TM-UR A)	678.170	6.833.223	20,889	15,97	-	-	-	-	-	15,97	-	-	64,4	-	24,	3,03
FT-37-MF-UR	664.635	6.830.645	55,531	53,00	-	-	-	-	-	53,00	-	-	666,00	-	19,3	-
FT-38-MF-UR	669.163	6.833.007	57.623	46,96	-	-	-	-	-	46,96	-	-	500,00	-	22,2	-
FT-38-MF-UR A)	669.163	6.833.007	57.623	46,96	-	-	-	-	-	46,96	-	-	500,00	-	22,2	-
FT-39-MF-UR	672.463	6.828.680	54,553	64,95	0,00	-	-	-	2,40	64,95	-	-	103,00	-	18,2	-
FT-40-CR-UR	666.835	6.826.598	59,659	58,55	1,02	-	-	-	1,87	58,55	-	-	136,8	-	22,9	-
FT-41-SG-UR	684.936	6.825.817	50,388	49,24	-	-	-	-	-	49,24	-	-	118,6	-	20,0	-
FT-42-JG-UR	675.851	6.815.336	19,999	20,00	-	-	-	-	-	20,00	-	-	80,9	-	17,6	-
FT-43-İÇ-UR	673.664	6.815.631	33,109	37,31	-	-	-	-	-	37,31	-	-	118,70	-	18,50	-
FT-44-İÇ-UR	672.157	6.825.885	59,473	56,68	0,30	-	-	-	-	56,68	-	-	71,5	-	17,7	-
FT-45-CS-UR	662.036	6.834.467	62,242	58,80	-	-	-	-	-	58,80	-	-	77,9	-	22,6	-
FT-45-CS-UR A)	662.036	6.834.467	62,242	58,80	-	-	-	-	-	58,80	-	-	77,9	31.90 UH	22,6	11,99

Objetivando avaliar o impacto da ação antrópica nos aquíferos da bacia do rio Urussanga, foram elaborados alguns mapas que permitissem fornecer uma melhor visualização da problemática contaminação ambiental da região. Assim, com o auxílio do software *SURFER 8 Golden Software*, foi elaborado um mapa com a topografia dos pontos de água cadastrados. Para tanto, foram estabelecidas as cotas topográficas dos pontos amostrados com o auxílio de mapas topográficos do IBGE, escala 1:50000 e ortofotocartas, escala 1:5000. As coordenadas dos pontos foram obtidas com auxílio de GPS.

O mapa topográfico dos pontos de água, apresentado na página seguinte (Figura 60), mostra que os pontos mais elevados encontram-se na região norte-noroeste.

O mapa potenciométrico, (Figura 61), mostra um fluxo com gradiente forte de noroeste para o centro da bacia do rio Urussanga, onde, na região do município de Urussanga, a exploração de poço tubular profundo para abastecimento de indústria de Plásticos Fenilli, (PT -21-Ur-Ur), e o poço PT-20-Ur-Ur da região de Urussanga Baixa provavelmente são os responsáveis pelo rebaixamento do nível nestes pontos. A terceira inflexão localiza-se na região do município de Morro da Fumaça onde estão localizados 05 poços tubulares, PT-29 - MF-Ur; PT-30 - MF-Ur; PT-31 - MF-Ur; PT-32 - MF-Ur e PT-33 - MF-Ur. A presença da mina de fluorita aparentemente não induziu as linhas de fluxo potenciométricas, sendo que a presença das galerias seria um local propício de drenança. O sentido das linhas potenciométricas do litoral para o continente pode indicar que está ocorrendo superexploração dos aquíferos nesta região com riscos de intrusão marinha.

O mapa piezométrico (Figura 62) mostra uma distribuição semelhante ao potenciométrico, mas as linhas de fluxo estão bem mais orientadas no sentido dos poços tubulares com vazões maiores ou para áreas de maior concentração de poços. Persiste a indicação da queda da pressão no sentido de sudoeste para nordeste na faixa litorânea.

Foram feitos dois mapas de condutividade elétrica, sendo um referente aos aquíferos livres (fontes, poços escavados e poços ponteiras) representado na Figura 63, e outro referente aos aquíferos confinados (poços tubulares), representado na Figura 64.

O mapa de contorno de condutividade elétrica dos aquíferos livres (Figura 63) mostra claramente um aumento significativo da condutividade nas áreas mineradas delineia focos com alta condutividade na região do município Urussanga e a nordeste do balneário do Rincão. Este último deixa claro que existe um soerguimento da linha que separa a água salgada da água doce, ou seja, a cunha marinha. O motivo é a superexploração dos aquíferos livres nesta região.

A figura 64 mostra claramente que ocorre uma contaminação da água subterrânea no município de Içara e no município de Urussanga, pois a condutividade elétrica apresenta anomalias significativas nestes dois lugares. No geral, a condutividade decresce em direção à calha do rio Urussanga, e no sentido das litologias graníticas na porção nordeste da área. Semelhante ao que foi feito com a condutividade elétrica, foi executado mapas de contorno de pH para os aquíferos livres e para os aquíferos confinados.

A figura 65 representa as curvas de contorno de pH para os aquíferos livres, e claramente pode ser observada a presença de pH's mais ácidos na região onde aflora a Formação Rio Bonito e a disseminação das águas mais ácidas na planície de inundação do rio Urussanga. Observa-se que somente na região noroeste e na área sudeste da bacia encontramos águas freáticas mais neutras.

A figura 66 nos mostra as curvas de contorno de pH dos poços tubulares(aquíferos confinados), representando os aquíferos confinados. As águas confinadas apresentam uma situação mais básica que as freáticas. Dois pontos, localizados na parte mais a noroeste e oeste, próximo do município de Içara, apresentam pH abaixo de 6, mas ainda acima de 5, sendo que está, provavelmente, ligada a exploração de carvão. Estes dois pontos também podem significar uma contribuição maior de água da Formação Rio Bonito, uma vez que ficou difícil identificar em alguns poços quais aquíferos estavam sendo explorados e, por vezes, aquíferos freáticos também são aproveitados em alguns poços tubulares.

O mapa de contorno de ferro total para aquíferos confinados (Figura 67) mostra uma situação complicada para o abastecimento humano. Destaca-se a área do município de Içara, onde a contaminação ultrapassa absurdamente o limite de 0,3 mg/l estabelecido pela OMS. Se traçarmos um paralelo entre este mapa de contorno e o potenciométrico, observamos que o teor de ferro aumenta em direção ao rio Urussanga, retratando o sentido de fluxo das águas subterrâneas.

Igualmente ao ferro, o mapa de contorno de teores de manganês (Figura 68) mostra teores extremamente altos na região do município de Içara. Onde os teores de manganês ultrapassam 6 mg/l, sendo que o limite estabelecido pela OMS é de 0,1mg/l.

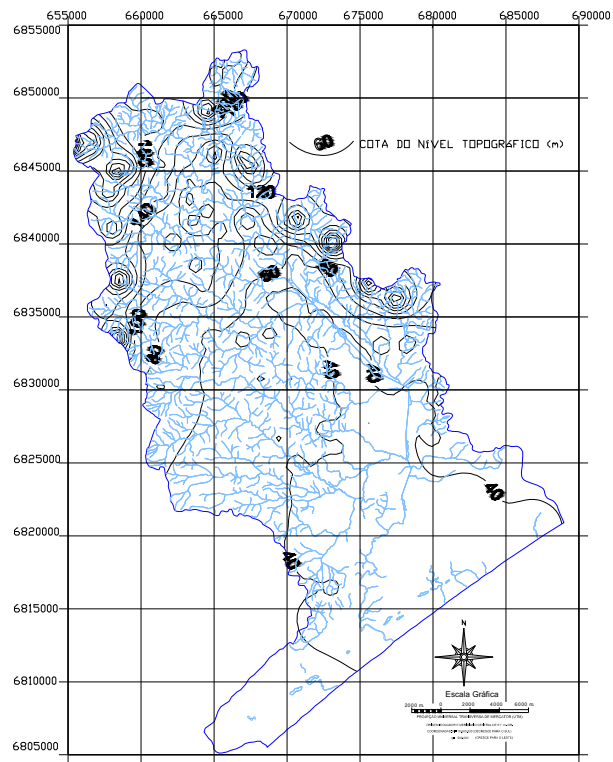


Figura nº 60-Mapa topográfico dos pontos d'água

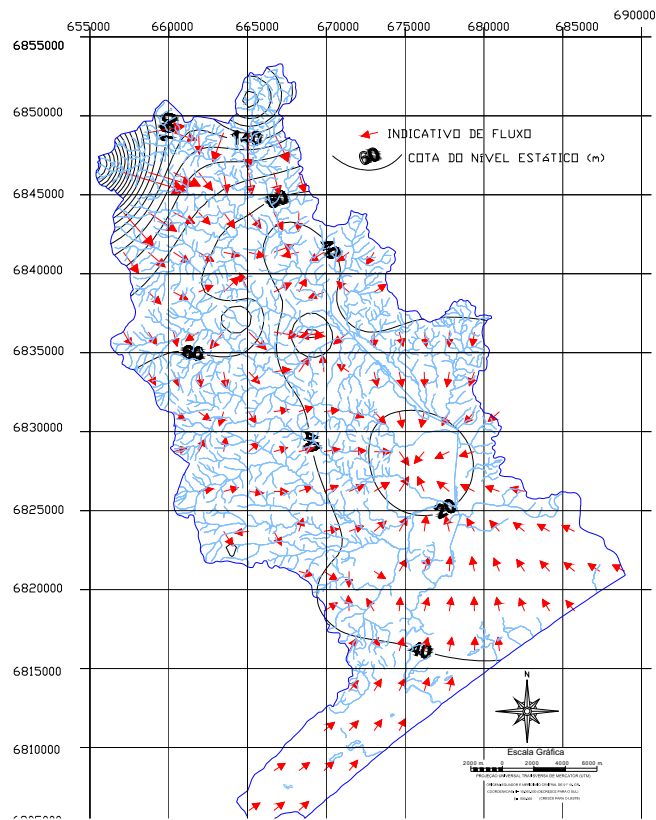


Figura nº 61-Mapa de contorno potenciométrico

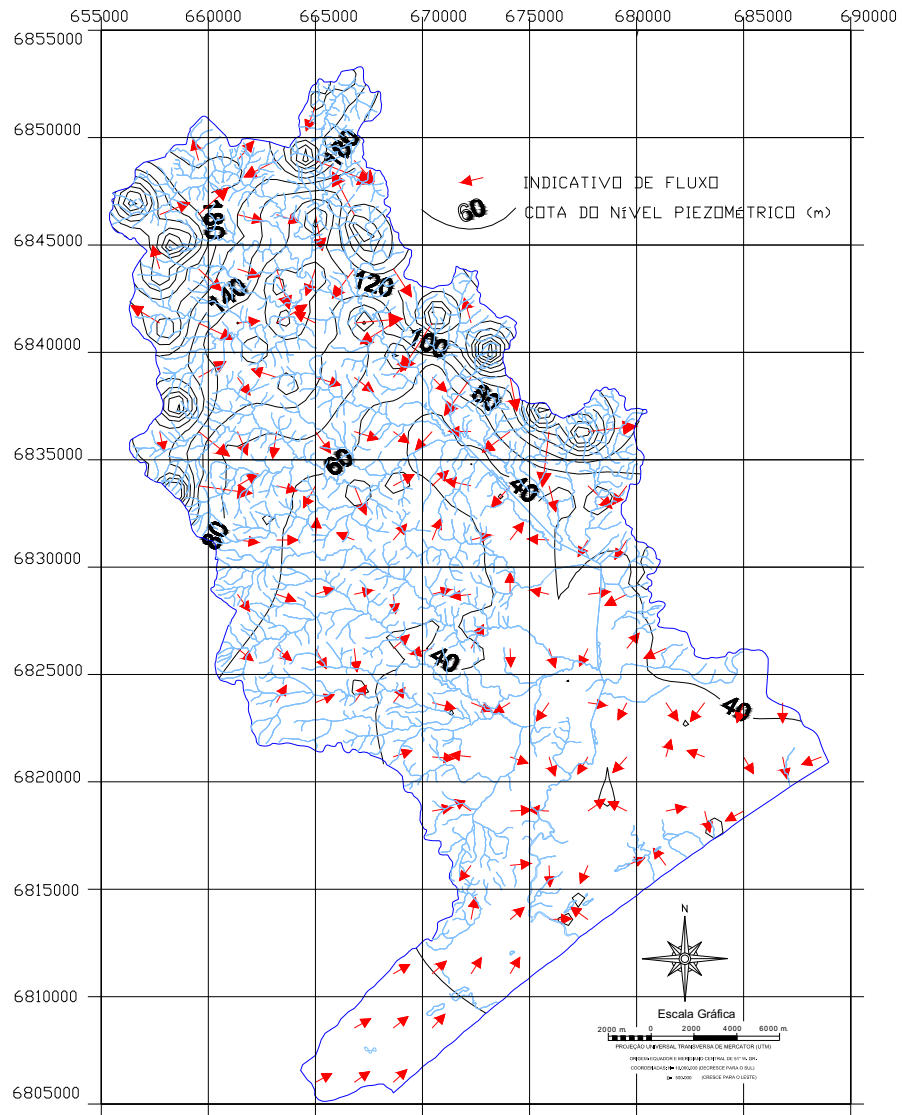


Figura nº 62-Mapa de contorno piezométrico

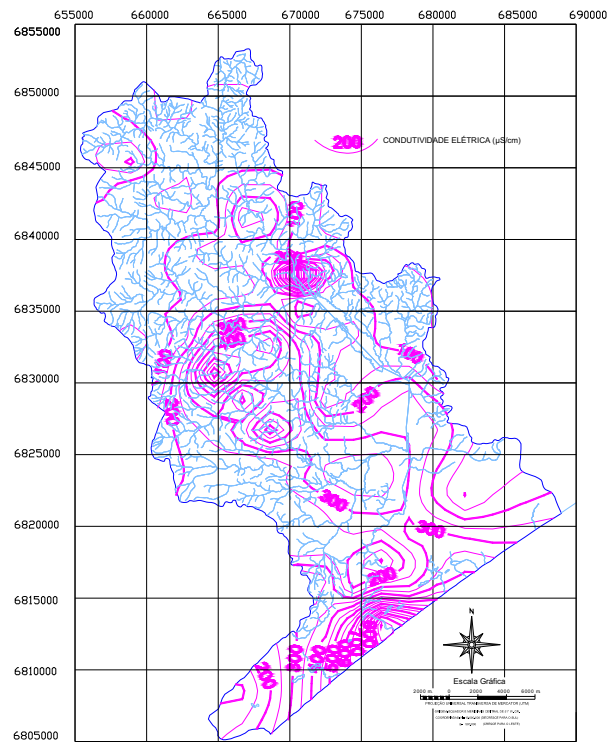


Figura nº 63-Mapa de contorno condutividade elétrica – Aquíferos livres

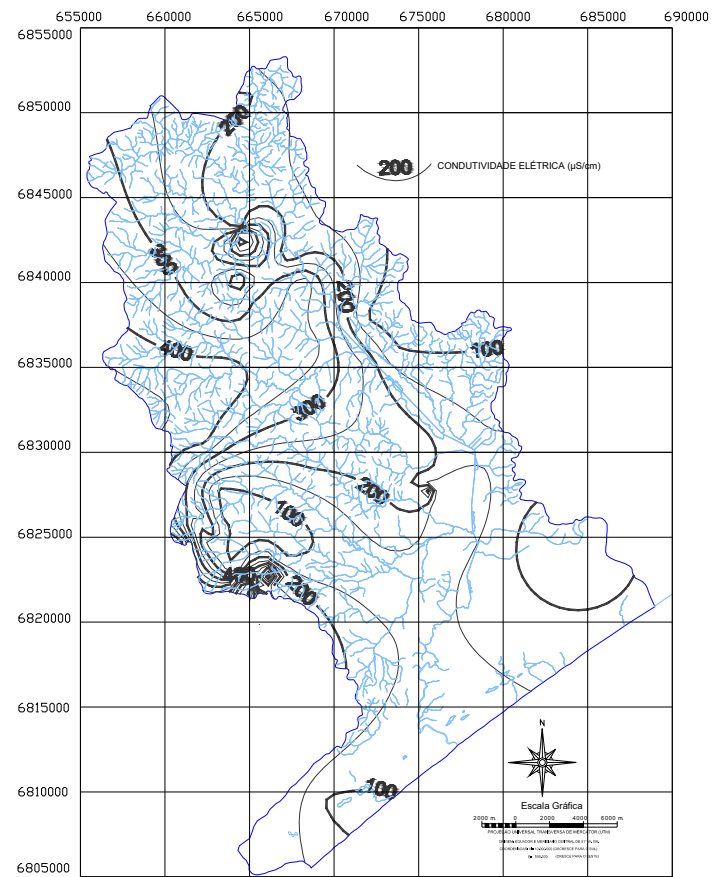


Figura nº 64-Mapa de condutividade elétrica – Poços tubulares- aquíferos confinados

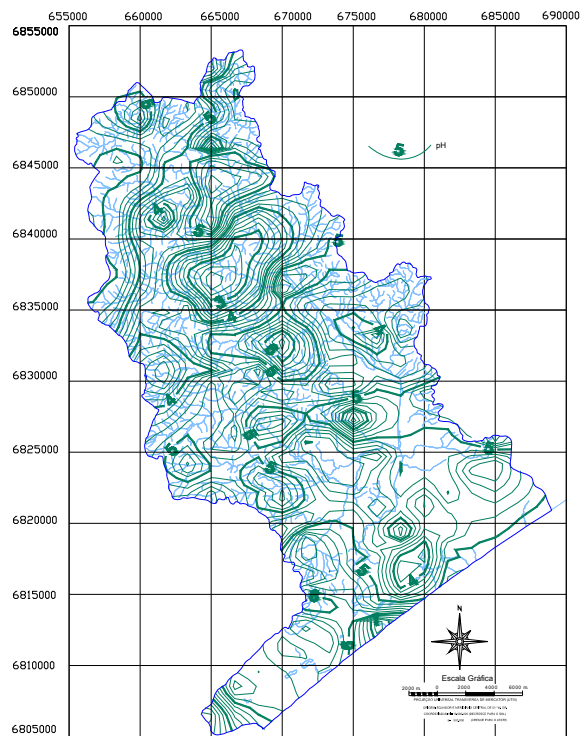


Figura nº 65-Mapa de contorno pH – Aquíferos libres

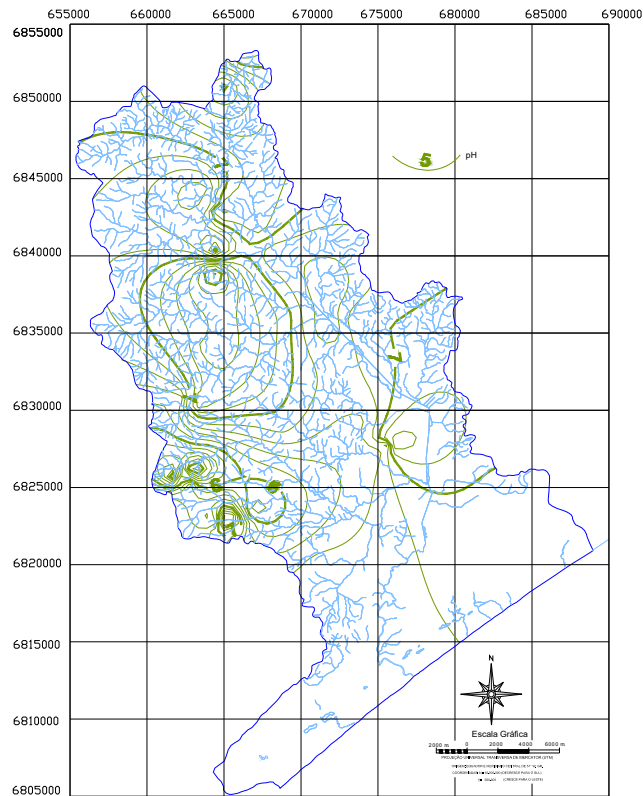


Figura nº 67-Mapa de contorno de pH – Poços tubulares - aquíferos confinados

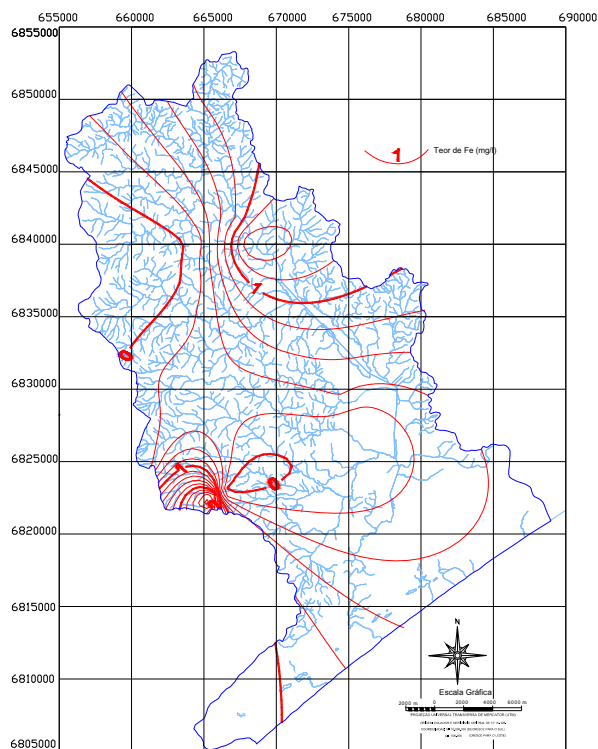


Figura nº 68 -Mapa de contorno Ferro total – Poços tubulares-aquíferos confinados

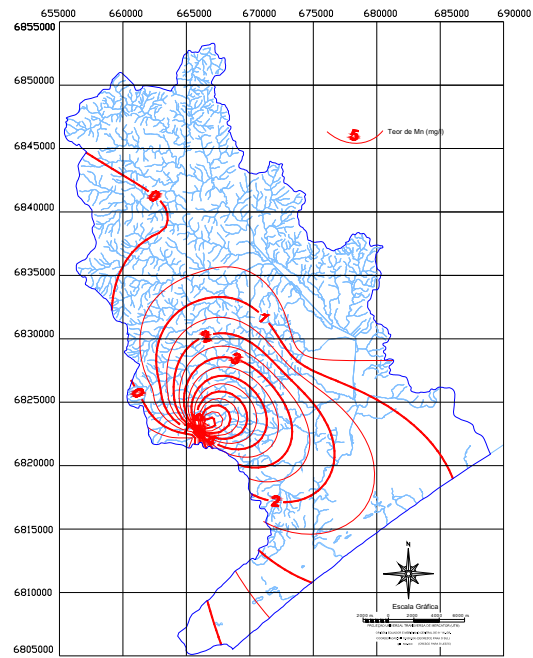


Figura nº 68-Mapa de contorno Mn – Poços tubulares-aquíferos confinados

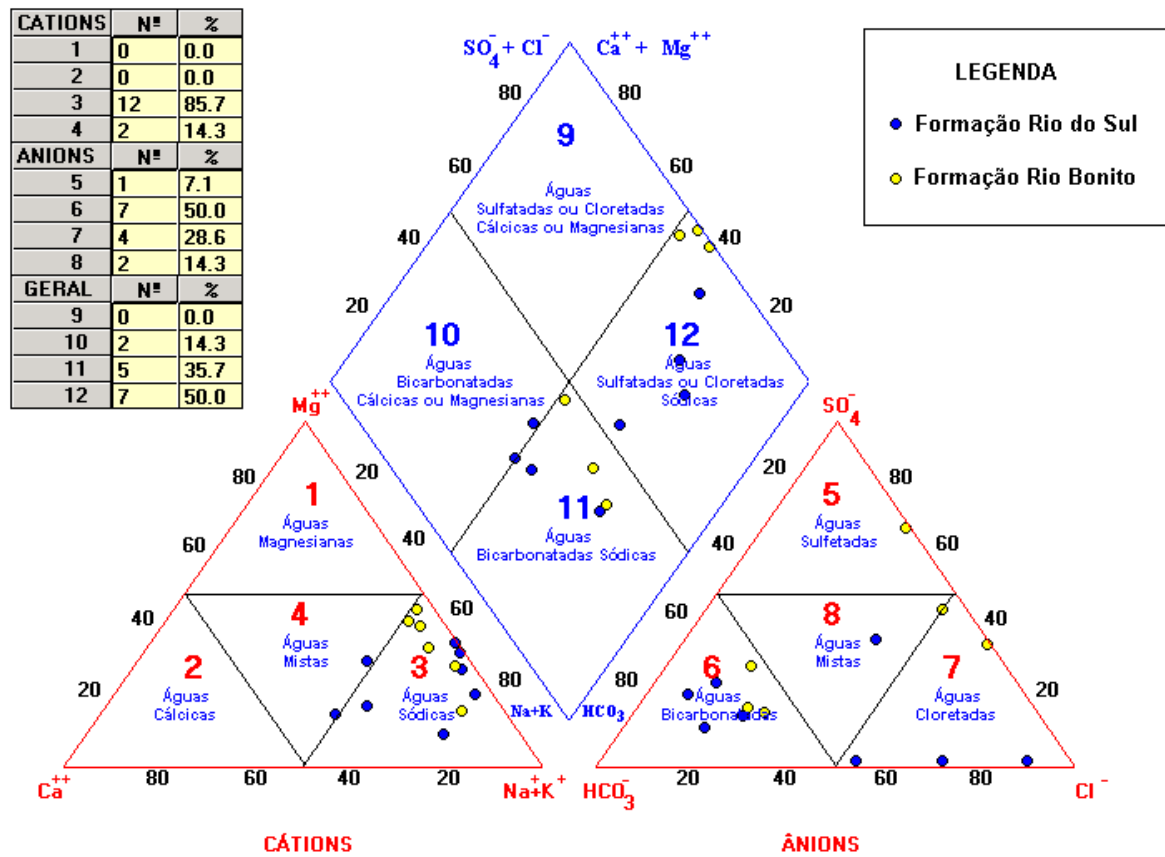


Diagrama de Piper - Aquífero Poroso - Bacia Hidrográfica do Urussanga

Figura 70 - Diagrama de Piper para aquíferos porosos das Formações Rio do Sul e Rio Bonito.

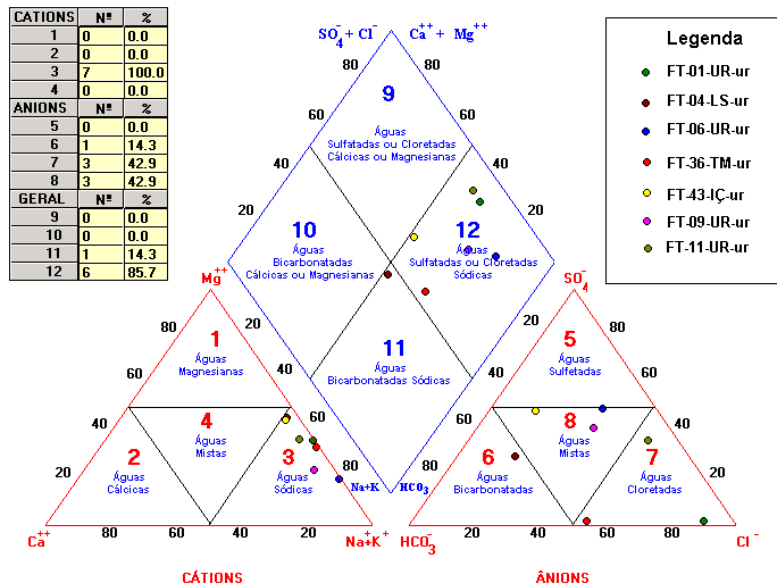


Diagrama de Piper - Análises de Água de 7 Fontes - Bacia Hidrográfica do Urussanga

Figura 71 - Diagrama de Piper das fontes naturais.

As características químicas das águas das fontes plotadas no diagrama de Piper (Figura 71) revelaram que 14,3% são do tipo bicarbonatadas sódicas e 85,70 % são classificadas como sulfatadas ou cloretadas sódicas. A Figura 72 mostra o diagrama de risco de salinidade para fontes, sendo considerado quase nulo.

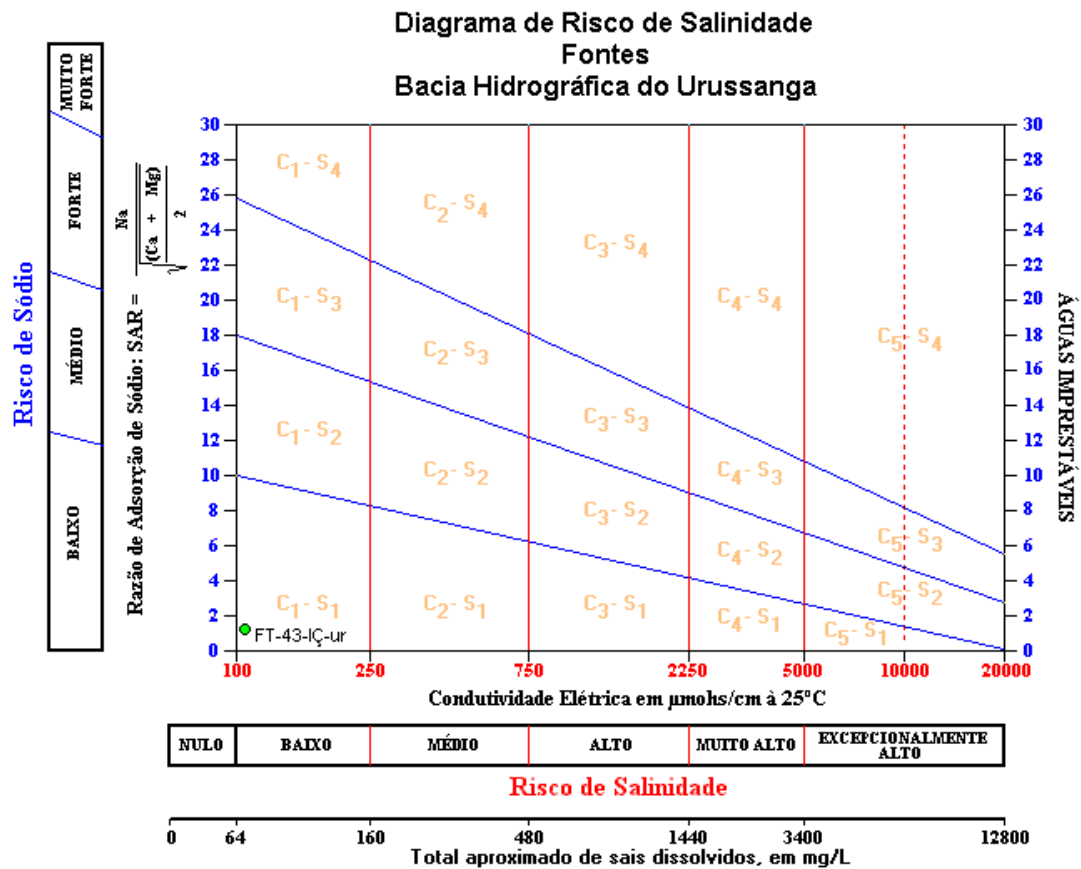


Figura 72 - Diagrama de risco de salinidade para fontes

Abaixo, seque a tabela com as características químicas das fontes de água analisadas no laboratório do IPAT:

Tabela 15 – Análises químicas dos pontos de água

ESTACAO	UTM E	UTM N	pH	Cond.	Alc. Total	HCO ₃	meqHCO ₃	CO ₃	meqCO ₃	Cl	meqCl
PT-01-PG-ur	671907	6837960	6,5	129	28,2	34,40146	-0,5639583	0,0050038	-0,0002	8,8	-0,2482
PT-02-TM-ur	673591	6835855	6,9	83	14,8	18,05272	-0,2959463	0,0064436	-0,0002	6,6	-0,1862
PT-03-MF-ur	671856	6835308	6,8	223	66,8	81,4837	-1,3357983	0,0241933	-0,0008	9,6	-0,2708
PT-08-UR-ur	665178	6851012	6,8	248	73,3	89,4105	-1,4657459	0,0304778	-0,0010	10,1	-0,2849
PT-11-UR-ur	664000	6844306	5,9	137	37,6	45,87119	-0,7519867	0,0016008	-0,0001	8,5	-0,2398
PT-13-UR-ur	664672	6839115	5,5	91	7,9	9,63792	-0,1579987	0,0001573	0,0000	9,7	-0,2736
PT-19-UR-ur	668158	6840082	7,4	419	117,8	143,6297	-2,3545846	0,1695444	-0,0057	9,6	-0,2708
PT-20-UR-ur	669035	6836215	7,3	354	107,4	130,964	-2,146951	0,1257007	-0,0042	17,6	-0,4965
PT-23-CS-ur	663615	6834689	7,6	425	110,4	134,5627	-2,2059462	0,245774	-0,0082	29,1	-0,8209
PT-29-MF-ur	674411	6829424	5,6	163	13,2	16,10386	-0,2639977	0,0002817	0,0000	24,9	-0,7024
PT-30-MF-ur	675810	6827614	7,7	1858	121,8	148,4008	-2,4328005	0,3824282	0,0031	498,6	-14,0649
PT-38-IÇ-ur	664689	6831766	7,0	210	61,9	75,49951	-1,2376969	0,0363452	-0,0012	16,5	-0,4654
PT-64-IÇ-ur	666828	6824830	6,8	261	72,8	88,8029	-1,4557852	0,0257666	-0,0009	24,1	-0,6798
PO-04-JG-ur	681180	6818440	5,6	187	4,7	5,73394	-0,093999	0,0001178	0,0000	14,8	-0,4175
PO-08-JG-ur	686310	6820694	5,0	98	1,0	1,219997	-0,02	5,744E-06	0,0000	22	-0,6206
PO-19-JG-ur	676488	6814268	5,8	137	3,3	4,025939	-0,065999	0,0001196	0,0000	19,6	-0,5529
PO-21-IÇ-ur	670959	6811283	6,7	82	8,9	10,85657	-0,1779766	0,0028076	-0,0001	11,6	-0,3272
PO-23-IÇ-ur	666991	6808405	4,9	54	0,0	0	0	0	0,0000	8,2	-0,2313
PE-16-UR-ur	660501	6848395	5,2	117	1,3	1,585994	-0,0259999	1,239E-05	0,0000	10,2	-0,2877
PE-21-UR-ur	660449	6840518	4,7	92	0,0	0	0	0	0,0000	6,9	-0,1946
PE-41-CR-ur	666948	6828989	4,8	132	0,0	0	0	0	0,0000	17,4	-0,4908
PE-66-IÇ-ur	677224	6823720	4,9	103	0,0	0	0	0	0,0000	14,6	-0,4118
PE-72-IÇ-ur	675010	6817028	5,4	165	4,6	5,611963	-0,0919994	7,277E-05	0,0000	20,1	-0,5670
FT-01-UR-ur	666311	6852782	5,2	37	0,7	0,853997	-0,014	5,947E-06	0,0000	5	-0,1410
FT-04-CS-ur	657505	6835810	6,3	93	26,7	32,57241	-0,5339739	0,0031305	-0,0001	6,1	-0,1721
FT-06-UR-ur	665452	6840990	6,3	52	5,0	6,099666	-0,0999945	0,0006577	0,0000	7,6	-0,2144
FT-09-UR-ur	663327	6846426	5,6	73	7,6	9,271912	-0,1519986	0,0001738	0,0000	6,4	-0,1805
FT-11-UR-ur	656510	6847020	6,7	72	15,8	19,27335	-0,3159565	0,0052191	-0,0002	4,2	-0,1185
FT-36-TM-ur	678170	6833223	6,6	68	7,9	9,63706	-0,1579846	0,0018477	-0,0001	8,7	-0,2454
FT-43-IÇ-ur	673664	6815631	6,3	105	3,3	4,025803	-0,0659968	0,0003869	0,0000	15,2	-0,4288
ESTACAO	SO ₄	meqSO ₄	Al	Ca	meqCa	Fe	meqFe	Mg	meqMg	Mn	meqMn
PT-01-PG-ur	12,2	-0,2542	1,36	1,63	0,0815	0,26	0,0093	2,1	0,1728	0,000	#REF!

PT-02-TM-ur	12,3	-0,2563	0,78	0,23	0,0115	0,00	0,0000	0,34	0,0280	0,140	0,0000
PT-03-MF-ur	13,6	-0,2833	1,15	3,12	0,1560	0,71	0,0254	4,38	0,3605	0,000	#REF!
PT-08-UR-ur	25,5	-0,5313	1,64	6,38	0,3190	0,15	0,0054	5,47	0,4502	0,000	0,0000
PT-11-UR-ur	14,3	-0,2979	1,62	0,83	0,0415	0,04	0,0014	2,96	0,2436	0,000	0,0000
PT-13-UR-ur	11,9	-0,2479	0,44	0,25	0,0125	0,00	0,0000	2,01	0,1654	0,000	0,0000
PT-19-UR-ur	31,6	-0,6583	1,17	19,27	0,9635	0,48	0,0172	6,96	0,5728	0,000	0,0000
PT-20-UR-ur	14	-0,2917	1,31	20,5	1,0250	0,53	0,0190	4,78	0,3934	0,000	0,0000
PT-23-CS-ur	22,8	-0,4750	2,1	11,19	0,5595	0,05	0,0018	3,29	0,2708	0,000	0,0000
PT-29-MF-ur	0	0,0000	0,91	0,77	0,0385	0,00	0,0000	2,98	0,2453	0,000	0,0000
PT-30-MF-ur	82,5	-1,7188	1,06	62,28	3,1140	0,26	0,0093	22,58	1,8584	0,000	#REF!
PT-38-IÇ-ur	15,6	-0,3250	0,39	2,13	0,1065	1,68	0,0602	2,19	0,1802	0,480	0,0000
PT-64-IÇ-ur	17,5	-0,3646	1,09	1,35	0,0675	2,16	0,0774	6,66	0,5481	0,310	0,0000
PO-04-JG-ur	13,3	-0,2771	0,37	5,82	0,2910	0,05	0,0018	4,01	0,3300	0,000	0,0000
PO-08-JG-ur	12	-0,2500	0,59	0,3	0,0150	0,00	0,0000	1,75	0,1440	0,000	0,0000
PO-19-JG-ur	0	0,0000	0,19	1,52	0,0760	0,26	0,0093	2,92	0,2403	0,510	0,0000
PO-21-IÇ-ur	12,1	-0,2521	0,84	3,15	0,1575	0,00	0,0000	1,15	0,0947	0,000	0,0000
PO-23-IÇ-ur	0	0,0000	0,09	0,37	0,0185	0,00	0,0000	1	0,0823	0,000	0,0000
PE-16-UR-ur	12,6	-0,2625	0,28	0,96	0,0480	0,00	0,0000	3,75	0,3086	0,000	0,0000
PE-21-UR-ur	21,6	-0,4500	3,5	0,56	0,0280	0,46	0,0165	1,92	0,1580	0,000	#REF!
PE-41-CR-ur	12,8	-0,2667	1,73	0,75	0,0375	0,30	0,0107	3,89	0,3202	0,000	0,0000
PE-66-IÇ-ur	12,6	-0,2625	2,07	0,59	0,0295	0,07	0,0025	1,64	0,1350	0,370	0,0000
PE-72-IÇ-ur	11	-0,2292	1,62	3,34	0,1670	0,18	0,0064	2,55	0,2099	0,130	0,0000
FT-01-UR-ur	0	0,0000	2,38	0	0,0000	0,57	0,0204	0,98	0,0807	0,000	0,0000
FT-04-CS-ur	13,6	-0,2833	2,41	0,33	0,0165	0,34	0,0122	3,07	0,2527	0,000	0,0000
FT-06-UR-ur	14,8	-0,3083	0,24	0	0,0000	0,41	0,0147	0,92	0,0757	0,000	0,0000

A seguir seguem os diagramas de Piper e diagramas de riscos de salinidade com a totalidade dos pontos amostrados, e onde foram efetuadas análises químicas, relacionadas na tabela 15.

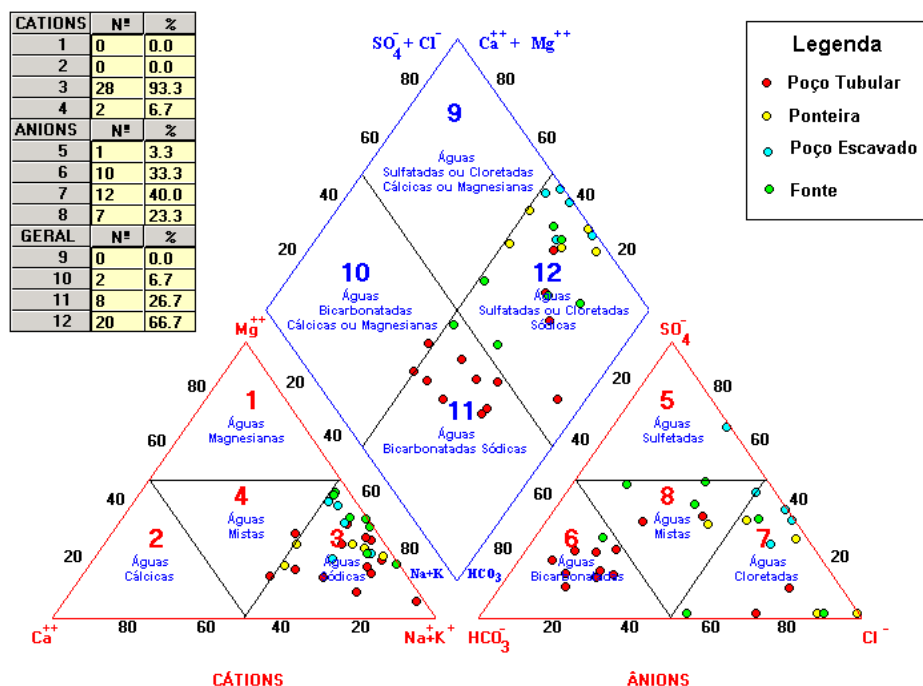


Diagrama de Piper - Análises de Água de 30 Pontos - Bacia Hidrográfica do Urussanga

Figura 73 - Diagrama de piper p/ 30 pontos d'água

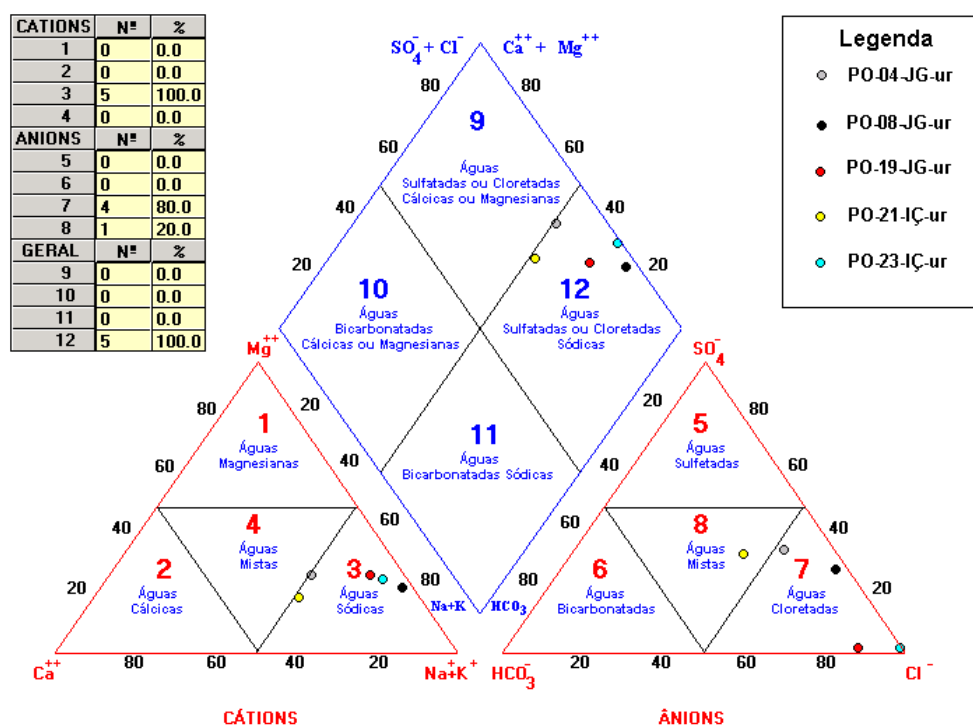
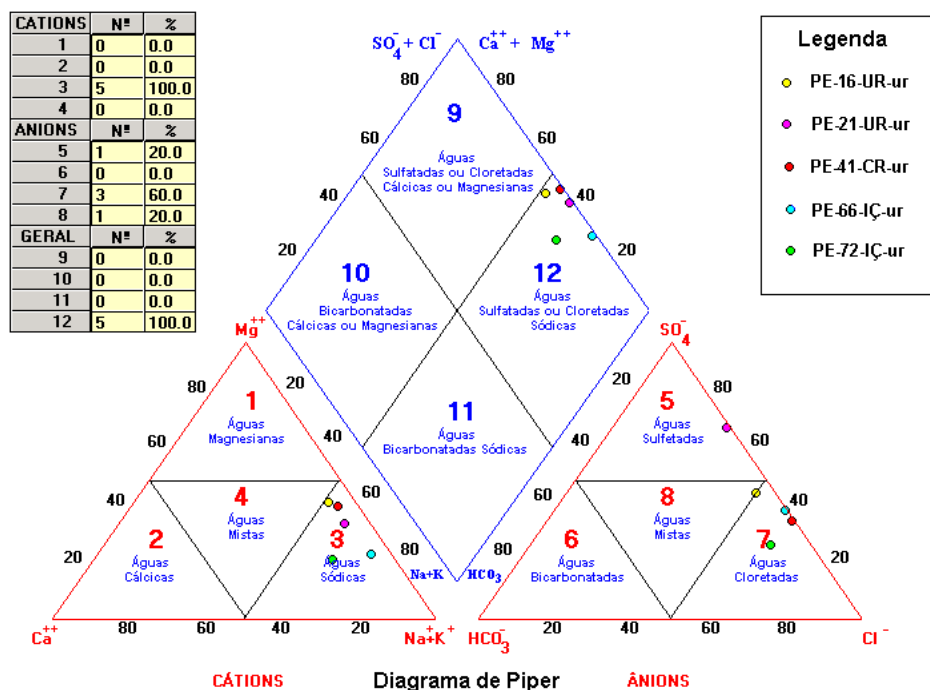
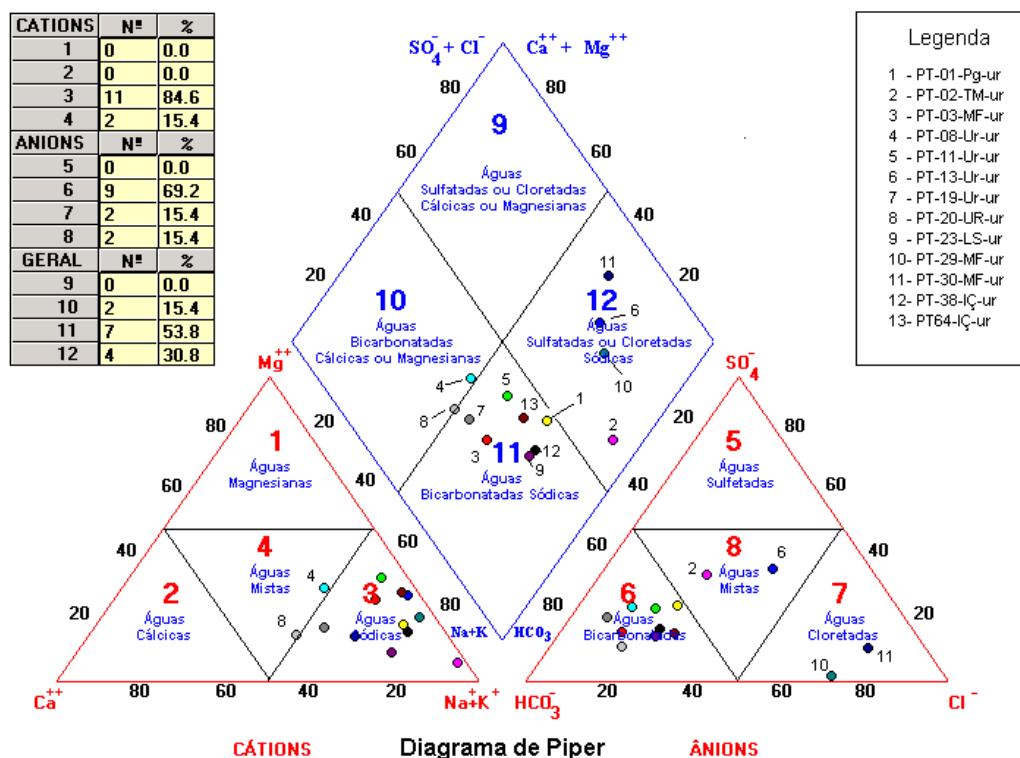


Figura 74 - Diagrama de piper de poços escavados

Figura 75 - Diagrama de piper de poços ponteiros



Análises de 13 Amostras de Água de Poços Tubulares - Bacia Hidrográfica do Urussanga

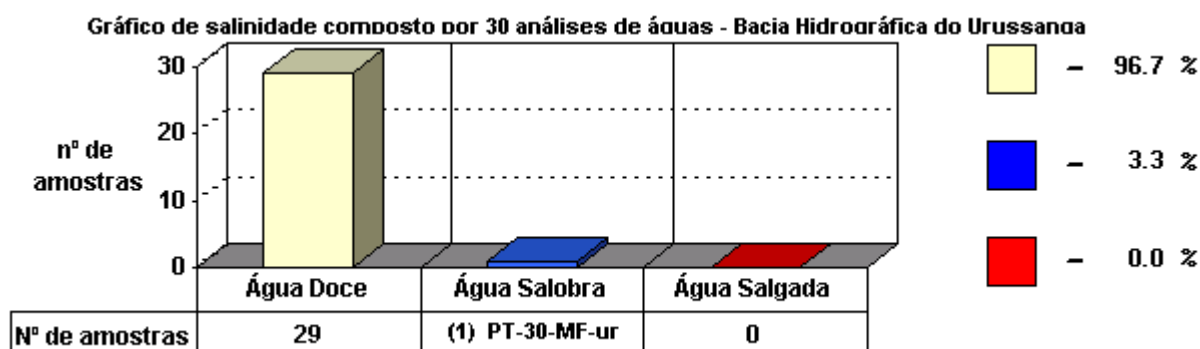


Figura 76 - Diagrama de piper de poços tubulares

Figura 77 - Gráfico de salinidade

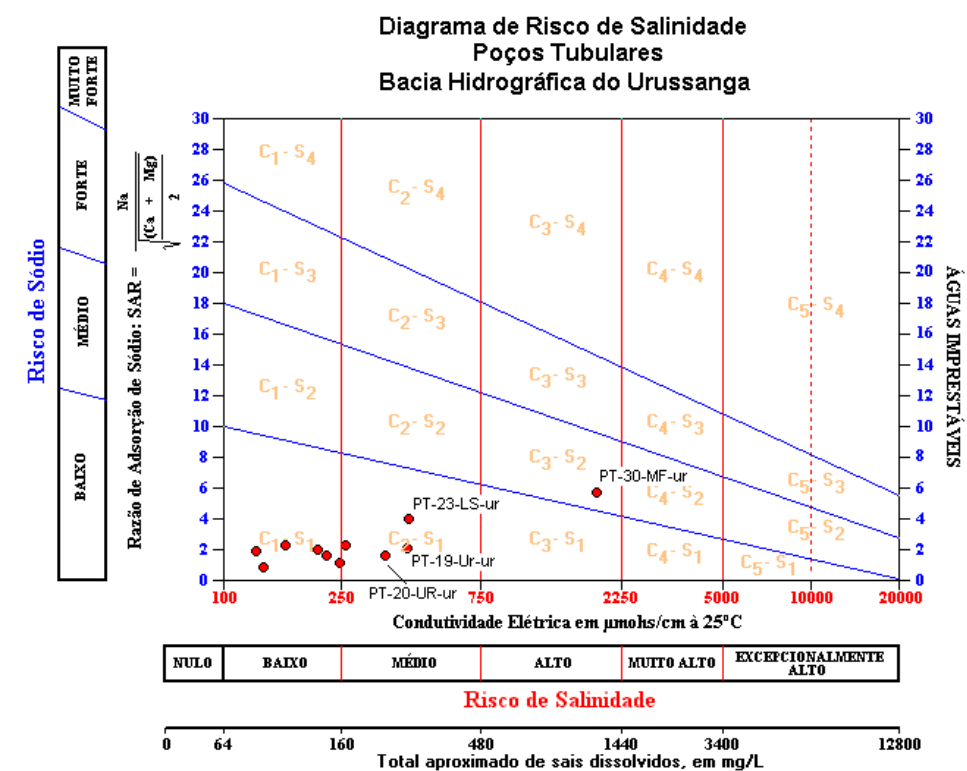
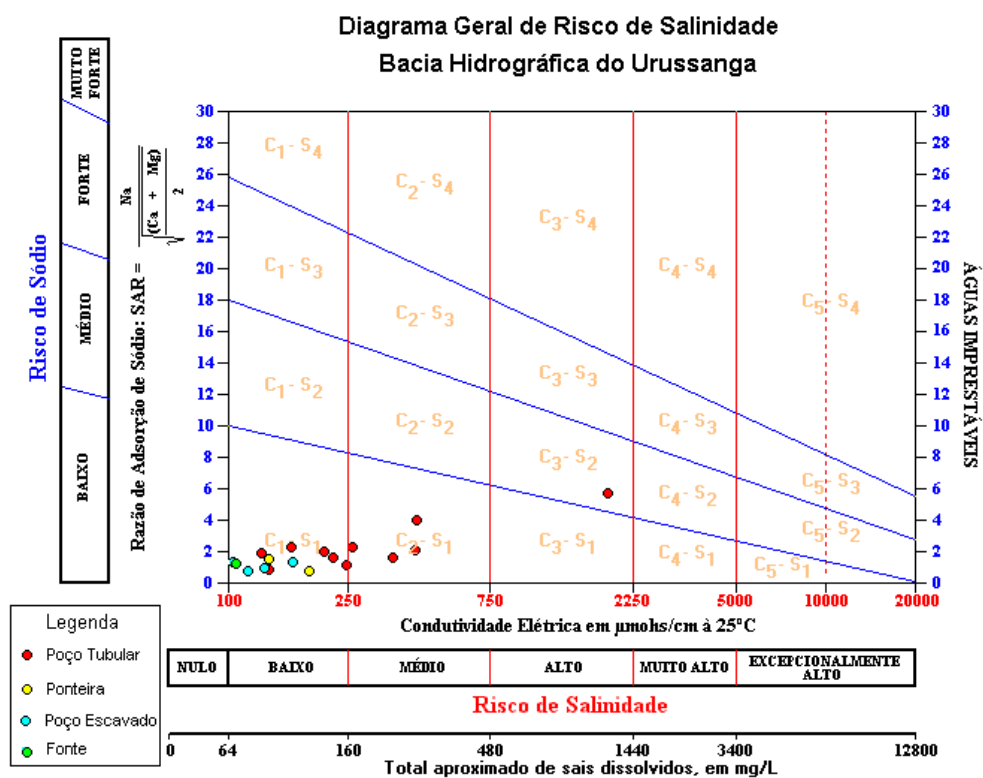


Figura 78 - Diagrama geral de risco de salinidade

Figura 79 - Diagrama de risco de salinidade poços tubulares

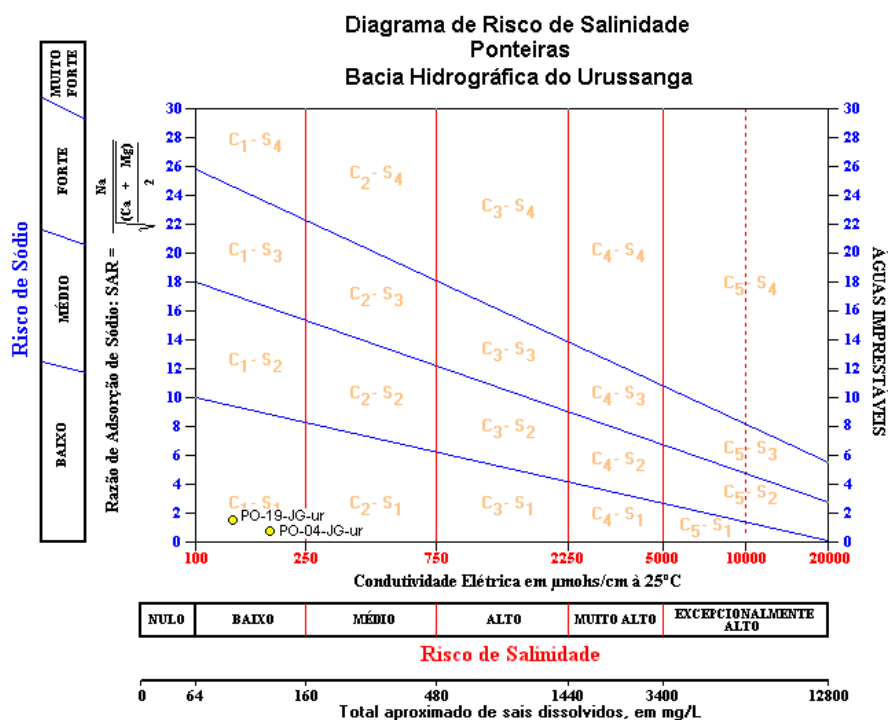
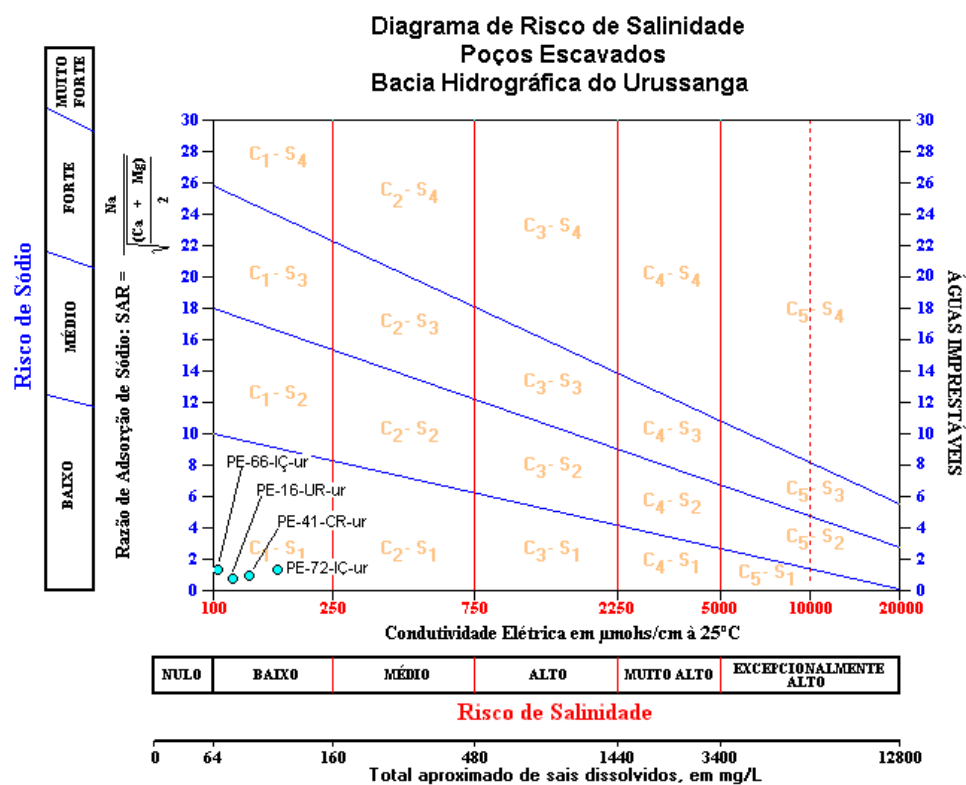


Figura 80 - Diagrama de risco de salinidade poços escavados

Figura 81 - Diagrama de risco de salinidade poços ponteiras

11 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento dos trabalhos na elaboração deste tese, no intuito de avaliar a implicação antrópica nos recursos hídricos subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, ficou constatado que a situação das águas subterrâneas é crítica nesta região.

O propósito da realização desta tese foi de munir o Comitê gestor da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga de um banco de dados que auxiliem na tomada de decisões visando à recuperação dos recursos hídricos. A execução dos diversos mapas e cadastramentos dos pontos amostrados são ferramentas necessárias para o gerenciamento de uma bacia.

.Para tanto, em razão da complexidade do problema, foram estudadas maneiras de gerar informações que visem ilustrar o comportamento futuro dos agentes contaminantes (plumas). Assim, foram executados mapas temáticos objetivando informações de comportamento dos recursos hídricos, pois os mesmos não são estanques.

O mapa de condutividade elétrica permitiu visualizar a invasão da cunha salina, e o mapa potenciométrico mostra a direção de migração da mesma. Igualmente, a contaminação dos aquíferos confinados por manganês ficou espelhado no mapa de contorno de Mn. Aliado, com as informações dos mapas potenciométrico e piezométrico observamos a direção/sentido do fluxo subterrâneo gerando a dispersão da pluma. Esta informação permitirá prevenir a população civil da provável contaminação futura, por manganês, dos poços em atividade situados a nordeste da cidade de Içara.

A contaminação por drenagem ácida dos aquíferos freáticos e confinados ficou muito clara com os mapas de contorno de pH , e mostram claramente que, apesar de pontos restritos onde a DAM afeta aquífero confinados, as características químicas destes sugerem que estas águas ainda estão em condições de uso para o consumo humano, sendo que as freáticas estão praticamente comprometidas. Igualmente, os mapas de condutividade elétrica permitem visualizar anomalias na região de Içara, Urussanga e Morro da Fumaça.

Sugere-se que as áreas lavradas para extração de argilas e areias para a indústria cerâmica, oléica e construção civil sejam alvos de recomposição do solo e revegetação, a fim de proteger os aquíferos dos sistemas Laguna Barreira III e IV. Também se faz necessário um controle da exploração do aquífero freático na área litorânea efetuados por poços tipo ponteiras, evitando a sobre exploração dos mesmos a fim de estabilizar a cunha salina.

O desassoreamento do Rio Urussanga para prevenir enchentes também é fator preocupante, pois a reexposição dos rejeitos piritosos para ambientes oxidantes aumenta a contaminação por drenagem ácida. Estes rejeitos estão, na situação atual, parcialmente recobertos e misturados com sedimentos finos argilosos que inibem a degradação da pirita.

Áreas de disposição de rejeitos piritosos podem ser utilizados para instalação de aterros sanitários, assim como as lagoas ácidas podem receber dejetos suínos e esgoto cloacal doméstico e urbano, pois a característica fartamente básica destes últimos neutralizaria parcialmente a DAM.

12 – CONCLUSÕES

Três aspectos destacam-se na contaminação dos aquíferos, sendo o mais importante o que se refere às minerações de carvão, onde a disposição de rejeitos piritosos em situações inadequadas, áreas mineradas a céu aberto exauridas, abandonadas, sem um mínimo de trabalho de recuperação ambiental, geram drenagens ácidas de mina que já se espalharam em praticamente toda a bacia, contaminando as águas superficiais, freáticas e, localmente, o aquífero mais profundo, confinado. O uso de rejeitos piritosos para conservação de estradas, aterros de áreas para projetos imobiliários só fizeram aumentar a área de exposição destes rejeitos e conseqüentemente, aumentarem a formação de DAM.

O segundo ponto crítico é a contaminação dos aquíferos por manganês e ferro, na cidade de Içara. Esta contaminação por manganês aparece em níveis muito altos e inviabiliza o consumo humano desta água. Contaminações por ferro também são fatores de limitação de uso destas águas.

O terceiro ponto refere-se à horizontalização da linha de interfície água salgada /água doce, nas proximidades do balneário Rincão. A invasão da água marinha nesta região é fruto da exploração sem controle das águas freáticas.

Outra conclusão importantíssima está no fato de que observou-se, em praticamente toda a área trabalhada, que a infiltração de água superficial poluída ainda não atingiu as proporções alarmantes nos aquíferos confinados, excetuando-se o referenciado acima. A

razão é provavelmente o fato de que a região funciona como área de descarga dos aquíferos confinados, e assim, sustenta os contaminantes em níveis superiores (aquíferos livres), elevando a maioria dos poluentes para a superfície ao mesmo tempo em que dilui os contaminantes mais densos, pesados, que não podem ser carregados.

Portanto, medidas de mitigação dos problemas observados e detalhados neste trabalho ainda podem ser aplicados visando, pelo menos, manter os níveis de poluição estagnados onde for possível, uma vez que a descontaminação é tarefa onde a natureza agirá muito mais eficientemente que qualquer atividade antrópica.

ANEXOS

Apêndice A - Mapa Hidroquímico

Apêndice B – Mapa de Fontes de Água

Apêndice C - Mapa de Fontes de Poluição

Apêndice D - Mapa Geológico

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABORRAGE, A. M.; LOPES, R. da C. **Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica.** Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1986. v. 18.

ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J. **QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SC. PORTO ALEGRE: CPRM, 1995. V. 1. PROGESC - SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS, V. 6.**

ALLER, L., BENNET, T., LEHR, J. H., PETY, R. J.; HACKET, G. **DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution hydrological settings.** Preparado por National water well association para US-EPA Office of Research and Development, Ada, USA, 1987. 621 p.

BACK, A. J. Análise dos dados de vento. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, UNESC, v.5, n. 2, p.7-17, 1999.

_____. **Determinação da precipitação efetiva para irrigação suplementar pelo balanço hídrico horário: um caso de estudo em Urussanga, SC.** Porto Alegre: UFRGS, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 1997. 132 p. (Tese Doutorado).

BITTENCOURT, A. C. S. P. ; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M. The marine formations of the coast of the state of Bahia. **Anais. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY.** São Paulo: IGCP, 1978. p. 232-253. (Project 61)

BORTOLUZZI, C. A. Études de quelques empreintes de la flora gonwalenne du Brésil. **Anais. Congr. Nat. de Soc. Savantes. France, 1975. Reims III.** p. 171-187.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA 1.469 DE 29.12.2000. APROVA A NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, QUE DISPÕE SOBRE PROCEDIMENTOS E RESPONSABILIDADES INERENTE AO CONTROLE E À VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, ESTABELECE O PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, PODER EXECUTIVO, BRASÍLIA, 10.01.2001. P. 26. REPUBLICAÇÃO. INCORREÇÃO, DOU DE 02.01.2001, P.19.

BULL, W. B. Alluvial fans. *Journal of Geological Education.* Chapel Hill, N. C., v. 16. **Bulletin of Volcanology**, Berlim , v. 55 , p. 119-139, 1968.

CARUSO JUNIOR, F. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina, escala 1: 100.000:** texto explicativo e mapa. Brasília: DNPM, 1995. 52 p.

_____. **Mapa geológico da região sul de Santa Catarina.** Itajaí: UNIVALI/OSNLR/CECO/UFRJ, 1997. Mapa color. 90 x 90 cm. Escala 1: 100.000.

CARVALHO, P. F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil.** Rio de Janeiro: IGMB, 1932.

CASTRO, E. C.; CASTRO, V. H. S. GEOLOGIA DA QUADRÍCULA DE LAGUNA, SC. PORTO ALEGRE: DNPM, 1969. 38 P.

CASTRO, J. C. **Fácies, ambientes e seqüências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, no leste de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CEMPES, 1980. Relatório interno.

CAYE, B. R; POZZA, E. V; FABRÍCIO, J. A. C; SUFFERT, T. PROJETO CARVÃO NO PRÉ-BARRO BRANCO. PORTO ALEGRE: DNPM/CPRM, 1975. V. 5.

CITADINI-ZANETTE, V. **Florística, fitossociologia e aspectos da dinâmica de um remanescente de mata atlântica na microbacia do rio Novo, Orleans, SC.** São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 1995. 236 p. (tese doutorado em Ecologia).

_____. **Considerações sobre a bacia hidrográfica do rio Tubarão.** Criciúma: UNESC, 1996.

COSTA, W. D. Uso e gestão de água subterrânea. FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; coords. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. p. 341-389.

CUSTÓDIO, E. G. **Curso de poluição das águas subterrâneas.** VII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Belo Horizonte: ABAS-MG, 1992b.

_____. **PROGRESSIVA DEGRADACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS RECURSOS DE ÁGUA EN EL SISTEMA ACUIFERO DEL BAJO LLOBREGAT. ANAIS. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7. BELO HORIZONTE: ABAS, 1992A. V. 1. P. 18-48.**

CUSTÓDIO, E. G.; LLAMAS, M. R. **Hidrogeologia subterrânea.** Barcelona: Omega, 1976. v. 1. 1157 p.

_____. _____. Barcelona: Omega, 1983. v. 2. 2359 p.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. BIOESTRATIGRAFIA DO NEOPALEOZOICO DA BACIA DO PARANA. ANAIS. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34. BRASÍLIA: SBG, 1970. P. 355-412

DIAS, A. A. **Geologia do município de Criciúma, SC.** Porto Alegre: CPRM, 1995. v. 1. PROGESC - Série Cartas Temáticas, v. 23.

DIAS NETO, C. M. Contribuição à análise sismotectônica da região sudeste do Brasil. São Paulo: USP-IG, 1986. 121 p. (dissertação de Mestrado)

DNPM. -Diagnóstico da qualidade das águas na bacia do rio Araranguá **Controle da poluição hídrica decorrente da mineração de carvão.** São Paulo: DNPM, 1999.

DUARTE, G. M. **Depósitos cenozóicos costeiros e a morfologia do extremo sul de Santa Catarina.** São Paulo: USP, 1995. 300 p. (tese Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar).

_____. Os leques aluviais e sua morfologia. Simpósio Nacional de Geomorfologia 2, **Revista GEO-SUL**, Florianópolis, n. 14(27), p. 502-506, edição especial, 1998.

EPAGRI. ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO E SOCIOECONÔMICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. 1999. CD-ROM.

FABRÍCIO, J. A. C.; FERREIRA, J. A. F.; SUFFERT, T. PROJETO CARVÃO EM ARARANGUÁ – TORRES: RELATÓRIO FINAL DA 2ª ETAPA. PORTO ALEGRE: DNPM/CPRM, 1979. V. 2.

FEITOSA, E. C. Pesquisa de água subterrânea. FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; coords. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. p. 341-389.

FLORES, J. A. A.; LISBOA, N. A.; BAPTISTA, P. R. D. Caracterização morfotectônica e morfoestrutural do sudeste de Santa Catarina. **Geociências**, p. 61-70, 1993.

FOSTER, S. S. D. FUNDAMENTAL CONCEPTS IN AQUIFER VULNERABILITY POLLUTION RISK AND PROTECTION STRATEGY. PROC INTL CONF VULNERABILITY OF SOIL AND GROUNDWATER TO POLLUTANTS. NOORDWIJK, THE NETHERLANDS, APR. 1987.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. DETERMINAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM MÉTODO BASEADO EM DADOS EXISTENTES. SÃO PAULO: INSTITUTO GEOLÓGICO, N. 10, 1993. V. 1. 92 P.

_____. **Determinacion del riesgo de contaminacion de aguas subterraneas: una metodología basada en datos existentes**. 2. ed. Peru-Lima: CEPIS, 1991. 81 p.

FOSTER, S. S.D.; VENTURA, M.; HIRATA, R. **Contaminacion de las aguas subterraneas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación com el suministro de agua potable**. Lima: OMS/OPS-HPE/CEPIS, 1987. 42 p.

FREITAS, M. A. **Avaliação do potencial hidrogeológico de terrenos cristalinos através de técnicas de geoprocessamento**. Porto Alegre: Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia-Área de Sensoriamento Remoto Aplicado à Geologia, UFRGS, 1998. 130 p. (Dissertação de Mestrado)

FREITAS, M. A.; CAYE, B. R.; MACHADO, J. L. F. (ORG.) DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - PROJETO OESTE DE SANTA CATARINA. PORTO ALEGRE: CPRM/PA, 2003.

FREITAS, M. A. V.; SANTOS, A. H. M. **IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E DA INFORMAÇÃO HIDROLÓGICA. O ESTADO DAS ÁGUAS NO BRASIL. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.ANEEL.GOV.BR> ACESSO EM: 3 MAR. 2003.**

GAUJOUS, D. **La pollution des mileux aquatiques: aide-mémoire**. Condé-sur-Noireau: TECDOC, 1993. 212 p.

GIANNINI, P. C. F. SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO QUATERNÁRIO COSTEIRO ENTRE JAGUARUNA E IMBITUBA, SC. SÃO PAULO: IGEO/USP, 1993. V. 1-2. 439 P. (TESE DE DOUTORADO)

GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K. DIFERENCIAÇÃO ENTRE GERAÇÕES DE DEPÓSITOS EÓLICOS QUATERNÁRIOS NA COSTA CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA. ANAIS, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. CAMBORIÚ: SBG, 1994. V. 1. P. 402-403.

GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M. A. M.; MOTTA, S. O. A GEOLOGIA DA BACIA DE PELOTAS E DA PLATATAFORMA DE FLORIANÓPOLIS. BOL. TÉC. PETROBRÁS, V. 22, N. 3, P. 157-174, 1979.

GONÇALVES, A.; TOMMASI, E. Mapeamento faciológico do Grupo Itararé, no Estado de Santa Catarina. Ponta Grossa : PETROBRAS/DESUL, 1974. 19 p. (relatório interno)

GORDON JUNIOR, M. Classificação das formações gonduânicas no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas e Estudos, DNPM/DFPM, Rio de Janeiro, n. 38, p. 1-20, 1947.

GROBA, F.; HAHN, J. Variation of groundwater chemistry by anthropogenic factors in northwest Germany. INTERNATIONAL GEOLOGY CONGRESS, 24., Montreal. Proceedings... Montreal: IGC, sec. 11, (Hydrogeology), 1972. p. 270-281.

GUAZELLI, W.; FEIJÓ, F. J. GEOLOGIA DE SEMIDETALHE DO CENTRO-LESTE E SUDESTE DE SANTA CATARINA. RIO DE JANEIRO: PETROBRAS/DESUL, 1970. (RELATÓRIO INTERNO, N. 396).

HORBACH, R. ET AL. GEOLOGIA. PROJETO RADAMBRASIL. FOLHA SH-22 - PORTO ALEGRE E PARTE DAS FOLHAS SH-21 – URUGUAIANA E SI-22 – LAGOA MIRIM. RIO DE JANEIRO: RADAM, 1986. P. 29-312. V. 33.

IAH/IAHS Legenda internacional para mapas hidrogeológicos. UNESCO/IAH/IAHS/ Institute of Geological sciences (Fr. Ing. Esp. Rus.), 1970. 101 p.

IAH/IAHS (1983). Internacional Legend for hidrogeological maps. (versão revisada). IAH/IAHS/UNESCO, 1983. 51 p.

JICA. Japan International Cooperation Agency. Interim report for the feasibility study on recuperation of mined-out areas in the South Region of Santa Catarina in the Federative Republic of Brazil. Japão, 1997.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. GEOMORFOLOGIA. PROJETO RADAMBRASIL. FOLHA SH-22 - PORTO ALEGRE E PARTE DAS FOLHAS SH-21 – URUGUAIANA E SI-22 – LAGOA MIRIM. RIO DE JANEIRO: RADAM, 1986. P. 313-404. V. 33.

KER, J. C.; ALMEIDA, J. A.; FASOLO, P. J.; HOCHMÜLLER, D. P. Pedologia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SH-22 - Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiana e SI-22 – Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: RADAM, 1986. p. 405-540. v. 33.

KREBS, A. S. J. **Avaliação do potencial hidrogeológico da área correspondente à bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC.** Criciúma: UNESC, 1997.

_____. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC.** Florianópolis: UFSC, 2004. 375 p. (Tese de Doutorado)

_____. **Projeto Arroio do Silva:** nota explicativa. Porto Alegre: CPRM, 1984. 31 p.

KREBS, A. S. J.; GRAZIA, C. A.; AMARAL, J. E.; CASÉ, M. G.; BRANCO, P. DE M.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA, V. R. **PROGRAMA CARVÃO ENERGÉTICO NO ESTADO DE SANTA CATARINA: RELATÓRIO FINAL. PORTO ALEGRE: DNPM/CPRM, 1982. 5 V.**

_____. **Projeto carvão na área da Mina Esperança:** relatório final de pesquisa. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1983

KREBS, A. S. J.; MENEZES FILHO. **Mapeamento geológico para carvão na área de Taió, Rio do Sul.** Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1986. 213 p.

KREBS, A. S. J.; NOSSE, E. O. **Potencial hidrogeológico do município de Criciúma.** Porto Alegre: CPRM, 1998. PROGESC - Série Cartas Temáticas – Porto Alegre, v. 24.

KREBS, A. S. J.; SILVA, M. A. S.; DIAS, A. A.; LOPES, R. C.; CAMOZZATO, E. O grupo Itajaí na Folha de Botuverá, SC: modelo geométrico/cinemático e relações com o cinturão Metavulcano-sedimentar Brusque-instalação, preenchimento e inversão da bacia. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 36. Natal: SBG, 1990. v. 6. p. 2966-2975.

LANGE, F. W. Estratigrafia e idade geológica da Série Tubarão. **Arquivo do Museu Paranaense**, Nova Série, Geologia, Curitiba, (2): 1-22, 1954.

LE GRAND, H. E. System of reevaluation of contamination potential of some waste disposal sites. **Journal American Water Works Association**, v. 56. p. 959-974, 1964.

LEINZ, V. **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do Sul do Brasil.** São Paulo: USP/Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, geologia, 1949. n. 5.

_____. **Estudos sobre a glaciação permo-carbonífera do sul do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1937. 147 p.

MAACK, R. **Breves notícias sobre a geologia dos estados de Santa Catarina e Paraná.** Rio de Janeiro: Arquivos de Biologia e Tecnologia, 2: 65-154, 1947.

MACHADO, J. L. F. Contribuição à hidrogeologia dos sedimentos cenozóicos da região sul do estado de Santa Catarina. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 11. Salvador: ABAS, 1996.

SILVA, M. A. S.; LEITES, S. R. (org.). Mapa Hidrogeológico da Folha de Criciúma escala 1:250.000. Folha SH-22-X-B, Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 1997. (Programa Levantamentos geológicos Básicos do Brasil)

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. **Mapa geológico do quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**: texto explicativo e mapa. Brasília: DNPM, 1988. série Geologia 28, seção Geologia Básica 18. 40 p.

MEDEIROS, R. A. **Fácies sedimentares**: análise e critérios para o reconhecimento de ambientes deposicionais. SCHALLER, H; FRIEDMAN, G. M. (colab.) CAMPOS, C. V. M. (trad.) Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES, 1971. 124 p.

_____. **Sistemas de leques terrígenos**. Salvador: PETROBRÁS- Divisão de Ensino da Bahia, 1979. 63 p.

_____. **Sistemas deposicionais**. Transcrição parcial do Boletim Especial n. 5. XXXI Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú: SBG, 1980. 33 p.

MEDEIROS, R. A.; THOMAZ FILHO, A. **Fácies e ambientes deposicionais da formação Rio Bonito**. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 27. Aracaju: SBG, 1973. v. 3. p. 3-12.

MENTE, A.; MONT ALVERNE, A. F.; FRANCA, R. A. N. HYDROGEOLOGICAL MAP OF SOUTH AMERICA AT SCALE 1:5.000.000. SYMPOSIUM ON HYDROGEOLOGICAL MAPS AS TOOLS FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT. HANNOVER: UNESCO, 1989.

MORGENTAL, A.; KIRCHNER, C. A. **Projeto fluorita no sudeste de Santa Catarina**. Etapa. 1- Mapa Previsional do Distrito Fluorítico. Nota Explicativa. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1983. Mapas.

MUHLMANN, M. et. al. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. **Anais. Congresso Brasileiro de Geologia**, 28. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. v. 1. p. 41-65.

NOSSE, E. O. Gerenciamento das águas subterrâneas no município de Criciúma, SC. São Paulo: USP, 2004. 152 p. (projeto de tese de Doutorado)

OLIVEIRA, E. P. **Geologia do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Boletim do Ministério de Agricultura, Indústria e Comércio, 5(1):67-143, 1916.

_____. **Geologia dos Recursos Minerais do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico, (6):1-173, 1927.

OLIVEIRA, W. Projeto: Plano diretor de águas subterrâneas de região metropolitana de Belém e adjacências, uma proposta de diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos e normatização de exploração. **Anais. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 9. Salvador, p. 217-239, 1996.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J. ATLAS CLIMATOLÓGICO DIGITAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. FLORIANÓPOLIS, 2002. CD-ROM.

PAUWELS, G. A MORFOGÊNESE DO LITORAL CATARINENSE. REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA, IBGE, RIO DE JANEIRO, P.785-804, 1941.

PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. CHEMICAL STRATIGRAPHY OF THE PARANÁ LAVAS, SOUTH AMERICA: CLASSIFICATION OF MAGMA TYPES AND THEIR SPATIAL DISTRIBUTION. BULLETIN OF VOLCANOLOGY, BERLIN, V. 55, P. 119-139, 1992.

PÉLLÉRIN, J.; GAMA, A. M. R. C.; NASCIMENTO, E. E. D. J.; VALDATI, J.; PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. Zoneamento e efeitos morfodinâmicos da enxurrada do dia 23/12/1995 nas bacias dos rios Figueira e Pinheirinho - SC. Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, 3(15), edição especial, p. 196-200, 1996.

PETROBRÁS. **Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná**. Ponta Grossa: PETROBRÁS/DESUL, 1970.

PONTELLI, M. E. **Cartografia das alterações em depósitos de leques aluviais como base para uma estratigrafia relativa, bacias dos rios Amola Faca e Rocinha, Timbé do Sul – SC**. Florianópolis: UFSC-Departamento de Geociências, 1998. 125 p. (dissertação de Mestrado)

PONTELLI, M. E.; PÉLLÉRIN, J. Estratigrafia relativa dos depósitos de leques aluviais nas bacias hidrográficas dos rios Rocinha e Amola-Faca: Timbé do Sul (SC). Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Revista GEO-SUL**, Florianópolis, 14(27), edição especial, p. 457-461, 1998.

PRICE, W. A. A. Patterns of flow and channeling in tidal inlets. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa. Okla., 33(2), p. 289, 1963.

PRITCHARD, D. W. What is an estuary: physical viewpoint. LAUFF, G. H. **Estuaries**. Washington: American for the advanced science, 1967. 7

PUTZER, H. CAMADAS DE CARVÃO MINERAL E SEU COMPORTAMENTO EM SANTA CATARINA. RIO DE JANEIRO: DNPM, 1952.

_____. **GEOLOGIA DA FOLHA DE TUBARÃO, ESTADO DE SANTA CATARINA. RIO DE JANEIRO: DNPM/DFPM, 1955. 94 P.**

ROCHA, J. F.; SCORZA, E. P. Estratigrafia do carvão em Santa Catarina. **Boletim do Serviço Geológico e Minerológico**, Rio de Janeiro, n. 104, p. 1-162, 1940.

RYZNAR, J. W. A new index for determinig amount of calcium carbonate scale formed by a water. **Journal American Water Works Association**, n. 36, p. 472-486, 1944.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Barragem do Rio do Salto: Relatório de Impacto Ambiental. Florianópolis, 2000. CD-ROM.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Bacias

hidrográficas do estado de Santa Catarina: diagnóstico geral. Florianópolis, 1997b. 163 p.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá: caracterização hidrológica. Florianópolis, 1997a. v. 2. 47 p.

SCHENEIDER, R. L.; CASTRO, J. C. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA, SEDIMENTOLÓGICA E POSSIBILIDADES PETROLÍFERAS DA FORMAÇÃO RIO BONITO NO SUDESTE DA BACIA DO PARANÁ. RIO DE JANEIRO: PETROBRÁS, 1975. RELATÓRIO INTERNO.

SCHNEIDER, R. L. ET AL. REVISÃO DA ESTRATIGRAGIA DA BACIA DO PARANÁ. ANAIS. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. PORTO ALEGRE: SBG, 1974. V. 1. P. 41-65.

SCHÖELLER, H. ESSAI SUR LA QUALITÉ CHIMIQUE DE L'EAU DESTINÉE À L'ALIMENTATION DE L'HOMME DANS LE PAYS ARIDES. PARIS: TERRES ET EAUX, 24: 4-11, 1955.

_____. **GEOCHEMIE DES EAUX SOUTERRAINES. REVUE DE L'INSTITUTE FRANÇAIS DU PÉTROLE, N. 10, P.230-244, 1955.**

SCHULZ JUNIOR.; ALBUQUERQUE, L. F. F.; RODRIGUEZ, C. S. GEOLOGIA DA QUADRÍCULA DE FLORIANÓPOLIS, SC. PORTO ALEGRE: DNPM, 1970. 75 P.

SILVA, L. C.; BORTOLUZZI, C. A. MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. FLORIANÓPOLIS: DNPM, 1987.

SILVA, L. M. **Água subterrânea em Içara: construção do poço mais produtivo do Estado de Santa Catarina. Acta Geológica Leopoldensia**, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, n. 27, p. 5-35, 1984.

SILVA, M. A. S.; LEITES, S. R. MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA DE CRICIÚMA ESCALA 1:250.000. SILVA, M.A.S.; LEITES, S. R. PORTO ALEGRE. FOLHA SH - 22-X-B, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. PORTO ALEGRE: CPRM, 2000. (PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL)

SILVA, V. R. Caracterização geomorfológica e geológica da bacia do rio Maior, Urussanga - SC. Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, 3(15), edição especial, p. 399-402, 1996.

SPALDING, R. G.; GORMLY, J. R.; CURTIS, B. H.; EXNER, M. E. Nonpoint nitrate contamination of groundwater in Merrick Country, Nebraska. **Ground Water**, (16): 86-95, 1978.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. **Anais. SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA**. Cananéia: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. v. 2. p. 1-28.

SUGUIO, K. ; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. 1986. The quaternary sedimentary deposits in the states of Parana and Santa Catarina coastal plains. RABASSA, J. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. Quaternary South American Antarctic Peninsula Rotterdam: Balkema, 1986. v. 4. p. 3-25.

TEIXEIRA, C. A. S.; CASTRO, E. C.; FERREIRA, L. A. D.; CASTRO, V. H. S. GEOLOGIA DAS QUADRÍCULAS DE TUBARÃO E LAGUNA, SC. 1:250.000. PORTO ALEGRE: DNPM-1º DISTRITO, 1969.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. VEGETAÇÃO. PROJETO RADAMBRASIL. FOLHA SH-22 - PORTO ALEGRE E PARTE DAS FOLHAS SH-21 – URUGUAIANA E SI-22 – LAGOA MIRIM, RIO DE JANEIRO. RIO DE JANEIRO: RADAMBRASIL, 1986. V. 33. P. 541-632.

THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; SILVA JUNIOR, V. P.; BACIC, I. Z.; LAUS NETO, J.; SOLDATELLI, D.; GEBLER, E. F.; DALLE ORE, J.; SUSKI, P. P. ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO E SOCIOECONÔMICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. FLORIANÓPOLIS: EPAGRI, 1999. CD-ROM.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. THE WATER BALANCE. CLIMATOLOGY, V. 8, N.1, P.1-12, 1955.

_____. **Hidrogeologia das águas subterrâneas.** Rio de Janeiro: USAID, 1973. 524 p.

TOMMASI, E. Geologia do flanco sudeste da bacia do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. **Anais.** CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27. Aracajú: SBG, 1973. v. 3. p. 179-188.

TOMMASI, E.; RONCARATI, H. **Geologia de semidetalle do nordeste de Santa Catarina e sudeste do Paraná.** Ponta Grossa: PETROBRAS/DESUL, 1970. 47 p. (Relatório Técnico Interno).

U. S. SALINITY LABORATORY. **Diagnosis and improvement of salinity and alkali soils.** Washington D. C.: Handbook 60, U.S.. Dept. of Agriculture, 1954. 80 p.

UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais. **Monitoramento ambiental:** Mina do Trevo. Criciúma: UNESC, 1999. Relatório n. 5/99.

VILLWOCK, J. A ; TOMAZELLI, L. J. ; LOSS, E. L.; DENHARDT, E. A.; HORN FILHO, N. A; BACHI, F. A; DENHARDT, B. A. Geology of the Rio Grande do Sul Province. RABASSA, J. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEA LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula Rotterdam: Balkema, 1986. v. 4. p. 79-97.

VRBA, J.; ZOPOROZEC, A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH: Verlag Heinz Heise, 1994. v. 16. 131 p.

WHITE, I. C. **Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra no**

Brasil. Rio de Janeiro: DNPM, 1908. Parte I. p. 1-300.

WILDNER, W.; LIMA, E. F. PARANA BASIN FLOOD BASALTS – MINERAL CHEMISTRY AND ESTRATIGRAPHYC CARRELATION IN THE SOUTHERN BODER OF THE PROVINCE. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF VOLCANOLOGY AND CHEMICAL OF THE EARTH INT. GENERAL ASSEMBLY, CAPE TOWN, SOUTH ÁFRICA, 1999. P. 1558.

_____. QUÍMICA MINERAL DE UMA PARCELA DAS UNIDADES DE LAVA DA BACIA DO PARANÁ E SUAS IMPLICAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS. ANAIS. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 50. BELO HORIZONTE: SBG, 1998. P. 111.