



Nossas Águas

Relatório da Oficina 5

Tema:
Disponibilidade Hídrica nas Bacias dos
rios Araranguá e Urussanga

Relatores
Adriano de Oliveira Dias
Rose Maria Adami

Criciúma, 30 de junho de 2009

Realização



Apoio



Patrocínio



Relatório da Oficina 5

BH Araranguá e Urussanga

Índice

1. Introdução.....	2
2. Programação	3
3 Desenvolvimento da oficina	3
3.1- Exposição: Quantidade de água superficial disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga.	3
3.2- Primeiro trabalho em grupo: Contribuição dos participantes.....	6
3.3- Exposição: Qualidade de água superficial disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga..	8
3.4- Segundo trabalho em grupo: Contribuição dos participantes.....	15
3.5- Exposição: A formação e dinâmica dos aquíferos	17
3.6- Exposição: Quantidade de água subterrânea disponível na bacia do rio Araranguá	18
3.7- Exposição: Qualidade de água subterrânea disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga	20
3.8- Terceiro Trabalho de Grupo: Contribuição dos participantes.....	22
4. Lista de participantes	24
5. Avaliação	26
Anexos	
Anexo I - Águas Superficiais da bacia do rio Araranguá.....	30
Anexo II - Águas subterrâneas da bacia do rio Araranguá.....	52
Anexo III - Águas Superficiais da bacia do rio Urussanga.....	72
Anexo IV - Águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga.....	91

1. Introdução

O relatório da 5ª oficina é parte integrante de um dos objetivos do Projeto PIAVA SUL que seria fomentar a gestão de recursos hídricos entre os membros dos comitês de bacias, gestores públicos, técnicos e lideranças dos municípios, nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga, por meio de 11 oficinas denominadas “**Nossas Águas**”.

As oficinas serão realizadas de março de 2009 a abril de 2010 com objetivos de situar os atores na gestão da bacia, desencadear a realização do cadastro de usuários de água e motivar os atores para a construção participativa dos planos das respectivas bacias.

A 5ª oficina foi realizada dia 30 de junho na Associação dos Funcionários da Universidade do Extremo Sul Catarinense – AUNESC -, para os atores das duas bacias com o tema “**Disponibilidade hídrica nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga**”. Os objetivos propostos para esta oficina foram:

- a) **Reconhecer a quantidade e a qualidade das águas superficiais nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga.**
- b) **Reconhecer a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga.**

Para subsidiar a oficina, foram distribuídos previamente quatro estudos preliminares sobre os temas abordados:

- 1) **Quantidade e qualidade das águas superficiais na bacia do rio Araranguá.**
- 2) **Bacia hidrográfica do rio Araranguá – Águas subterrâneas – Avaliação do potencial hidrogeológico.**
- 3) **Quantidade e qualidade das águas superficiais na bacia do rio Urussanga.**
- 4) **Bacia hidrográfica do rio Urussanga – Águas subterrâneas – Avaliação do potencial hidrogeológico.**

Esses estudos se encontram anexos ao presente relatório, e serão revistos em função das discussões registradas na oficina, que contou com um público participante de 33 pessoas, representando os municípios de Araranguá, Criciúma, Cocal do Sul, Içara, Nova Veneza, Jacinto Machado, Forquilha, Urussanga e Turvo.

2. Programação

A oficina foi composta pela seguinte programação:

HORÁRIO	ATIVIDADE
08:00h	Recepção/Inscrição
08:30h	Abertura: Apresentação dos objetivos e programação da oficina, por Rose Adami
08:45h	Exposição: Quantidade de água superficial disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga, por Adriano Dias
09:30h	Trabalho em grupos: Que outras informações existem sobre quantidade de água superficial que não foram consideradas?
10:00h	Café
10:20h	Plenária: Apresentação dos trabalhos em grupo
10:50h	Exposição: Qualidade da água superficial nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga, por Adriano Dias
11:30h	Trabalho em grupo por bacia: Que outras informações existem sobre a qualidade de água superficial que não foram consideradas?
12h	Almoço
13h	Plenária: Apresentação dos trabalhos em grupos por bacia
13:30h	Exposição: A formação e a dinâmica dos aquíferos, por Yasmine Moura da Cunha
14h	Exposição: Quantidade de água subterrânea disponível na bacia do rio Araranguá, por Adriano Dias
14:40h	Café
15h	Exposição: Qualidade de água subterrânea disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga, por Adriano Dias
15:30h	Trabalho em grupo por bacia: O que pode ser acrescentado nos estudos de quantidade e qualidade da água subterrânea?
16h	Plenária para apresentação dos trabalhos em grupos por bacia hidrográfica
16:30h	Finalização

Inicialmente foi feita uma breve retrospectiva do que foi discutido nas oficinas 1, 2, 3 e 4, exposição dos objetivos e programação de trabalho.

3. Desenvolvimento da oficina

3.1- Exposição sobre a quantidade de água superficial disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga.

O objetivo da exposição foi expor o que se conhece sobre a quantidade de água superficial disponível nas bacias. Inicialmente foi apresentado o estudo consultado para o levantamento da disponibilidade hídrica quantitativa superficial nas duas bacias. Este estudo, intitulado **“Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do**

estado de Santa Catarina” realizado em 2006 pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável, promoveu a regionalização de vazões para todas as bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina.

Estabelecer a disponibilidade de água numa bacia não é tarefa fácil. Enquanto o território é permanente, permitindo sua mensuração com trenas e equipamentos de topografia, a natureza fluida da água impede uma definição precisa da quantidade existente. A água escoar, e por isso a quantidade disponível não é medida em litros ou em metros cúbicos, e sim, em litros/segundo, ou em metros cúbicos/mês, ou ainda em outras unidades de vazão (volume/tempo). As medidas são feitas em estações chamadas fluviométricas, em que o nível do rio é medido diariamente (ou duas vezes por dia, ou automaticamente a cada hora, por exemplo), em pontos onde também se conhece a seção do rio e a velocidade da água. Dessa forma é possível, a partir do nível do rio, calcular sua vazão a cada dia ou hora. Como a vazão muda constantemente em função do regime de chuvas, para estimar a disponibilidade de água não se usa a vazão instantânea de um rio, e sim as vazões médias, mínimas e máximas. Em geral existem poucas seções de rio controladas em cada bacia hidrográfica. Por isso, para extrapolar as informações da vazão para qualquer outro ponto da bacia, é feita a “regionalização das vazões”, método estatístico pelo qual as vazões calculadas nas seções de referência são extrapoladas para qualquer outro ponto na região geográfica. O estudo usado como base para essa oficina fez exatamente isso.

Dentre as vazões regionalizadas foram apresentadas na oficina, por meio de mapas, a regionalização das vazões Q_{98} e $Q_{7,10}$ – ambas vazões mínimas ou de estiagem – para a bacia do rio Araranguá e a bacia do rio Urussanga. Por intermédio da técnica da visualização com tarjetas foi exposta a metodologia de elaboração do diagnóstico da disponibilidade hídrica quantitativa superficial nas duas bacias, conforme figura 01 a seguir.

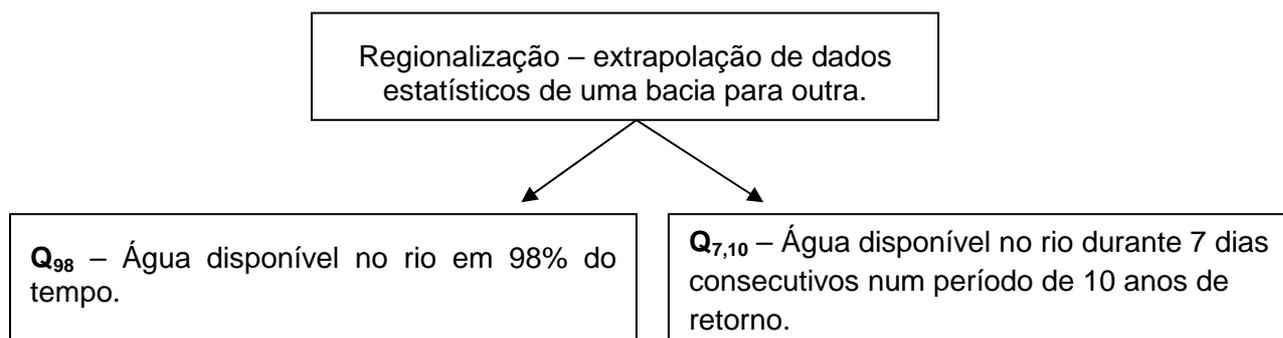


Figura 01: Fluxograma da apresentação da metodologia para o diagnóstico quantitativo das águas superficiais nas duas bacias hidrográficas

Paralelamente apresentou-se, por meio de tarjetas, os intervalos de vazões nas duas bacias por trechos, conforme os quadros 01 a 04 a seguir.

Quadro 01: Intervalos da vazão Q_{98} na bacia do rio Araranguá

Intervalo de vazão	Trechos da bacia
0 a 0,34 m ³ /s	• Nascentes de todos os rios.
0,34 a 1,07 m ³ /s	• Alto vale dos rios Mãe Luzia, Sangão e dos Porcos. • Médio vale dos rios Manoel Alves, Amola Faca, da Pedra e Águas Brancas.
1,07 a 2,20 m ³ /s	• Médio vale dos rios Mãe Luzia, Sangão e dos Porcos.
2,20 a 5,02 m ³ /s	• Baixo vale dos rios Mãe Luzia e Itoupava.
5,02 a 10,86 m ³ /s	• rio Araranguá.

Quadro 02: Intervalos da vazão $Q_{7,10}$ na bacia do rio Araranguá

Intervalo de vazão	Trechos da bacia
0 a 0,26 m ³ /s	• Alto Vale dos rios Mãe Luzia, Sangão, dos Porcos, Manoel Alves, Amola Faca, da Pedra, Águas Brancas. • Todo o percurso dos rios Amola Faca, da Pedra, Manoel Alves e Águas Brancas.
0,26 a 0,76 m ³ /s	• Médio vale dos rios Mãe Luzia e Sangão. • Confluência dos rios Amola Faca e Águas Brancas.
0,76 a 1,53 m ³ /s	• rio Itoupava e trechos do rio dos Porcos.
1,53 a 3,00 m ³ /s	• Baixo vale do rio Mãe Luzia.
3,00 a 8,46 m ³ /s	• rio Araranguá.

Quadro 03: Intervalos da vazão Q_{98} na bacia do rio Urussanga

Intervalo de vazão	Trechos da bacia
0 a 0,10 m ³ /s	• Nascentes de todos os rios.
0,10 a 0,32 m ³ /s	• Médio vale dos rios Cocal, da Areia, Ronco d'Água e Linha Anta. • Confluência do rio Urussanga com os rios Caeté e América.
0,32 a 0,92 m ³ /s	• Baixo vale do rio Linha Anta. • Médio vale do rio Urussanga.
0,92 a 1,71 m ³ /s	• Confluência dos rios Linha Anta e Ronco d'Água. • Baixo vale do rio Urussanga (trecho canalizado em Morro da Fumaça).
1,71 a 3,94 m ³ /s	• Baixo vale do rio Urussanga (trecho entre Içara e Jaguaruna).

Quadro 04: Intervalos da vazão $Q_{7,10}$ na bacia do rio Urussanga

Intervalo de vazão	Trechos da bacia
--------------------	------------------

0 a 0,07 m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> • Alto vale de todos os rios da bacia.
0,07 a 0,22 m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> • Médio vale dos rios Cocal, Linha Anta e Ronco d'Água. • Confluência do rio Urussanga com os rios Caeté e América. • Baixo vale dos rios da Areia, Vargedo e Cocal.
0,22 a 0,65 m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo vale do rio Linha Anta. • Médio vale do rio Urussanga.
0,65 a 1,22 m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> • Confluência dos rios Linha e Ronco d'Água. • Confluência dos rios Linha Anta e Urussanga. • Baixo vale do rio Urussanga (trecho canalizado em Morro da Fumaça)
1,22 a 2,88 m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo vale do rio Urussanga (trecho entre Içara e Jaguaruna).



Figura 02: Exposição da quantidade de água superficial nas bacias Dos rios Araranguá e Urussanga

3.2- Primeiro trabalho em grupo: Contribuição dos participantes

Após o término da apresentação sobre a quantidade de água superficial nas duas bacias hidrográficas, os atores das bacias dos rios Araranguá e Urussanga foram divididos em dois grupos, por bacia. Nestes grupos foi lançada a pergunta: “Que outras informações existem sobre a quantidade de água superficial, que não foram consideradas?”.

O objetivo deste trabalho foi levantar junto aos participantes novas fontes de materiais a serem pesquisadas para o levantamento da disponibilidade hídrica quantitativa superficial em ambas as bacias hidrográficas. A seguir são apresentadas as contribuições dos participantes.



Figura 03: Primeiro trabalho em grupo

3.2.1- Apresentação dos dados (contribuições)

Na plenária, o líder de cada grupo apresentou os resultados ao grande grupo. Seguem os quadros de informações produzidas:

Quadro 05: Resultados dos dados referentes à bacia do rio Araranguá

Abastecimento público	Agricultura	Indústria
Lagoa da Serra – 0,04m ³ /s	Certas áreas de agricultura já trabalham próximo aos limites mínimos de disponibilidade.	Lagoa do Verdinho.
Açude Belinzone – 0,05m ³ /s	Estudo hidrológico da Lagoa da Serra, 2004 – com Antônio.	
Lagoa dos Bichos – 0,033m ³ /s	Barragens, lagoas e açudes.	
Complexo de Lagoas Esteves/Mãe Luzia	Distribuição das chuvas ao longo do ano.	
Açude Manuel Angélica – Estudo da UFSC. Contato com Luiz da Prefeitura Municipal de Araranguá (3521-0953).		
Dados de captação da Lagoa do Faxinal – CASAN.		

Quadro 06: Resultados dos dados referentes a bacia do rio Urussanga

Agricultura	Abastecimento público	Indústria	Sociedade Civil
Dados meteorológicos da EPAGRI – com Donato, Márcio Sônego e Álvaro Back.	Visita a CASAN e SAMAES para buscar dados de abastecimento.	Dados de vazão do Relatório do Carvão.	Estudo das nascentes do município de Criciúma – FAMCRI.
Distribuição das chuvas ao longo do ano.			Dados de vazão – Defesa Civil.

3.3- Exposição sobre a qualidade de água superficial disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga

Por meio da técnica de visualização foram apresentadas as normas consultadas para a elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Araranguá e Urussanga: a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria estabelece o padrão de qualidade exigido para as águas destinadas ao consumo humano em território brasileiro.

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes.

3.3.1- Legislação consultada

Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde

Resolução 357/2005 CONAMA

As classes de uso das águas doces, segundo a Resolução 357/2005 do Conama, são as apresentadas no Quadro 07.

Quadro 07: Classes de uso das águas doces - Resolução CONAMA 357/2005

Classes	Usos
Especial	1- abastecimento humano - desinfecção 2- preservação de comunidades aquáticas 3- preservação de ambientes aquáticos
Classe 1	1- abastecimento humano - tratamento simplificado 2- proteção das comunidades aquáticas 3- recreação de contato primário 4- irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas rasteiras 5- proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas
Classe 2	1- abastecimento humano - tratamento convencional 2- proteção das comunidades aquáticas 3- recreação de contato primário 4- irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques 5- aquicultura e pesca
Classe 3	1- abastecimento humano - tratamento convencional ou avançado

	2- irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras 3- pesca amadora 4- recreação de contato secundário 5- dessedentação de animais
Classe 4	1- navegação 2- harmonia paisagística

Na seqüência foi apresentada a metodologia para elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Araranguá e Urussanga.

3.3.2- Metodologia para elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga

O diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá foi elaborado a partir do levantamento de dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais disponíveis em dois estudos. O primeiro deles, intitulado “**Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá**”, foi elaborado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura em 1997, sendo citado neste relatório como Santa Catarina (1997). O outro trabalho consultado foi o **Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão**, divulgado em julho de 2008 em cumprimento à Ação Civil Pública Nº 2000.72.04.002543-9/SC, neste relatório citado como Brasil (2008). O primeiro estudo mostra a situação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá em 1997. O segundo estudo serviu de base para a elaboração de um diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá em 2007.

Para a elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Urussanga foram utilizados apenas os dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais disponíveis no segundo trabalho consultado, ou seja, o Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão. Deste modo, foi possível elaborar o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia no ano de 2007.

Posteriormente, os dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais obtidos para as duas bacias foram confrontados com os padrões legais estabelecidos nas legislações acima mencionadas. A partir disso foi possível diagnosticar a qualidade atual das águas superficiais nas duas bacias hidrográficas.

Os resultados deste diagnóstico foram apresentados por meio de mapas. Para cada bacia foram elaborados mapas de qualidade das águas superficiais para os parâmetros pH, ferro, alumínio, sulfatos e manganês. A seguir é apresentado o fluxograma (figuras 04 e 05) da elaboração do diagnóstico da qualidade das águas superficiais para a bacia do rio Araranguá e a bacia do rio Urussanga.

A) Bacia do rio Araranguá

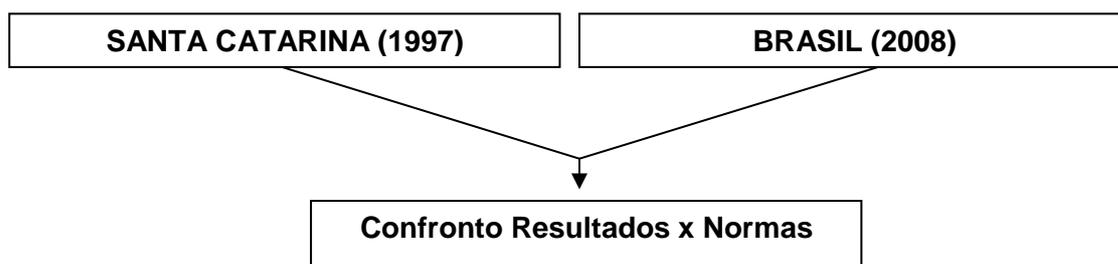


Figura 04: Fluxograma da elaboração do diagnóstico qualitativo das águas superficiais da bacia do rio Araranguá

B) Bacia do rio Urussanga



Figura 05: Fluxograma da elaboração do diagnóstico qualitativo das águas superficiais da bacia do rio Urussanga



Figura 06: Apresentação dos mapas de qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Araranguá e Urussanga

Por fim, apresentou-se três diagramas da rede de drenagem das bacias dos rios Araranguá e Urussanga destacando a situação da qualidade atual das águas superficiais de ambas as bacias. Para a bacia do rio Araranguá foram apresentados dois diagramas, um mostrando a qualidade das águas superficiais da bacia em 1997 (Figura 07) elaborado no estudo Santa Catarina (1997) e outro mostrando a qualidade das águas superficiais da bacia em 2007 (Figura 08), elaborado neste diagnóstico.

Para a bacia do rio Urussanga foi apresentado apenas um diagrama (Figura 09), mostrando a qualidade das águas superficiais da bacia em 2007, elaborado neste diagnóstico. As figuras acima referidas encontram-se a seguir.

DIAGRAMA DE DRENAGEM DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ

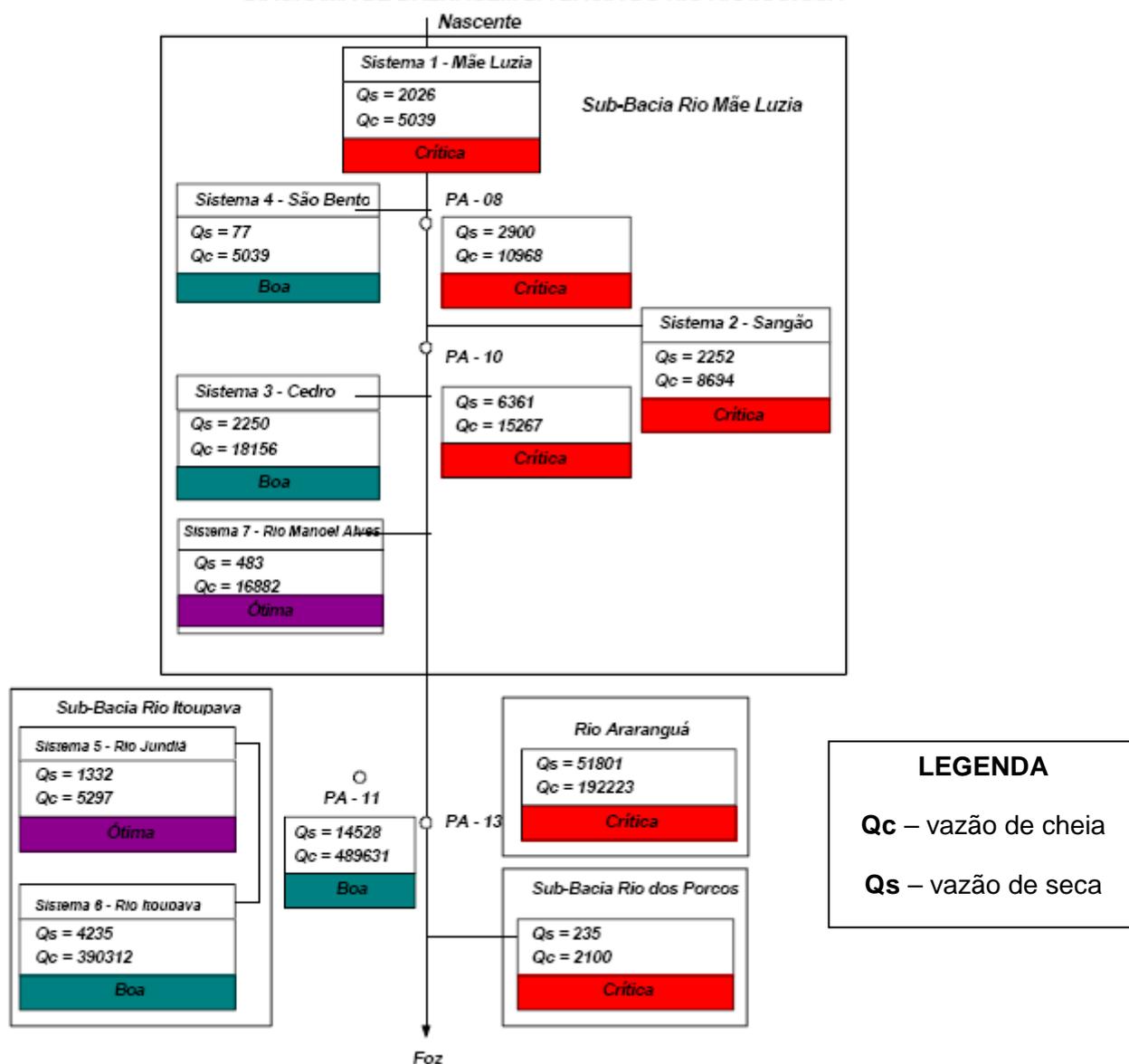


Figura 07: Diagrama de drenagem da bacia do rio Araranguá com a situação qualitativa das águas superficiais em 1997. Fonte: Santa Catarina, 1997b.

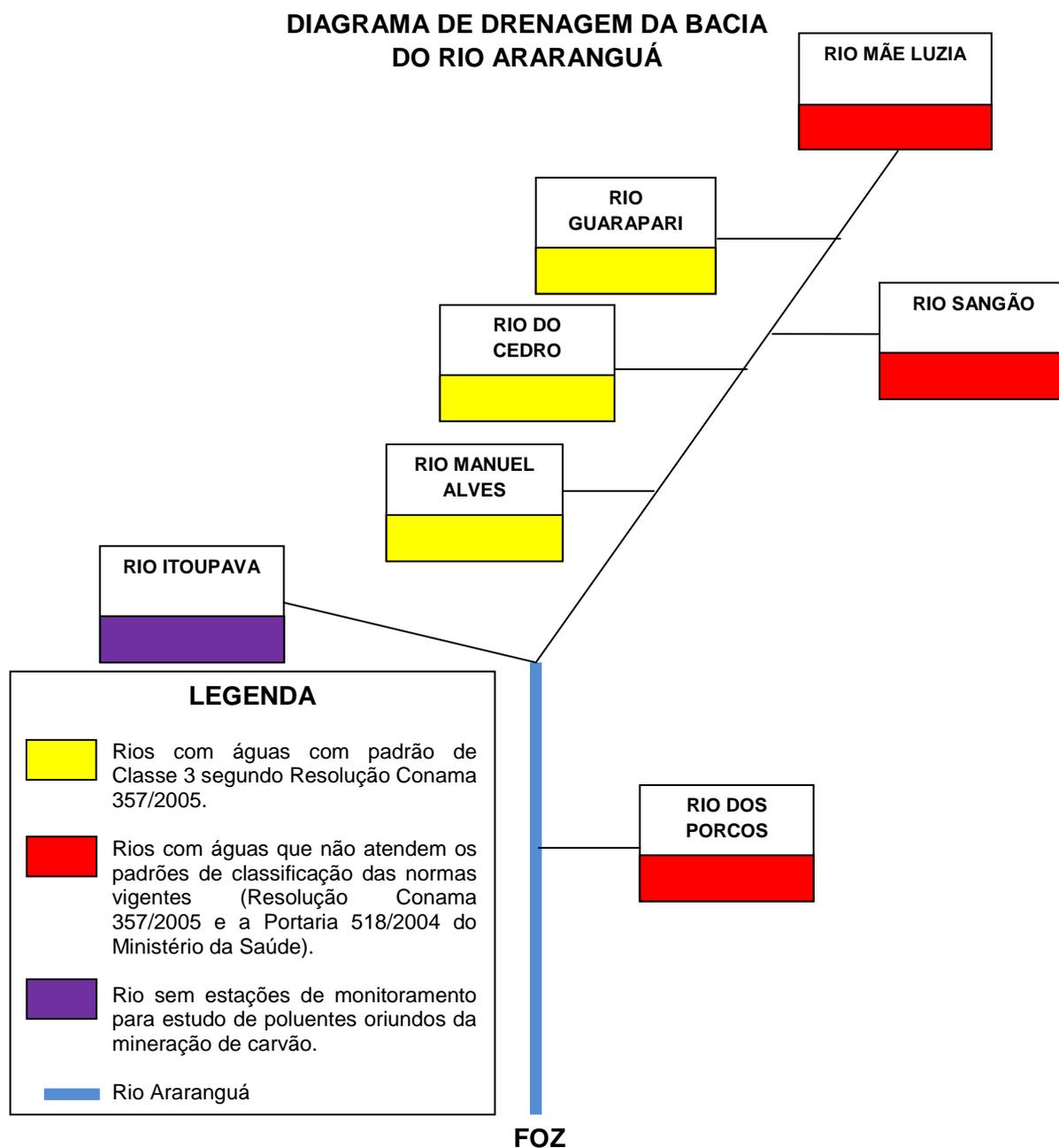


Figura 08: Diagrama da rede de drenagem da bacia do rio Araranguá. Autor: Adriano de Oliveira Dias.

No diagrama acima observa-se a situação atual da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá. Os rios que apresentam águas fora dos padrões de qualidade estabelecidos pelas normas vigentes estão representados em cor vermelha. Estes rios apresentam águas que não se enquadram em nenhuma das classes de uso das águas doces previstas na Resolução 357/2005 do CONAMA. A cor amarela corresponde aos rios com águas de classe 3 segundo a Resolução CONAMA

357/2005. Por fim, a cor roxa corresponde a rios sem estações de monitoramento para o estudo considerado.

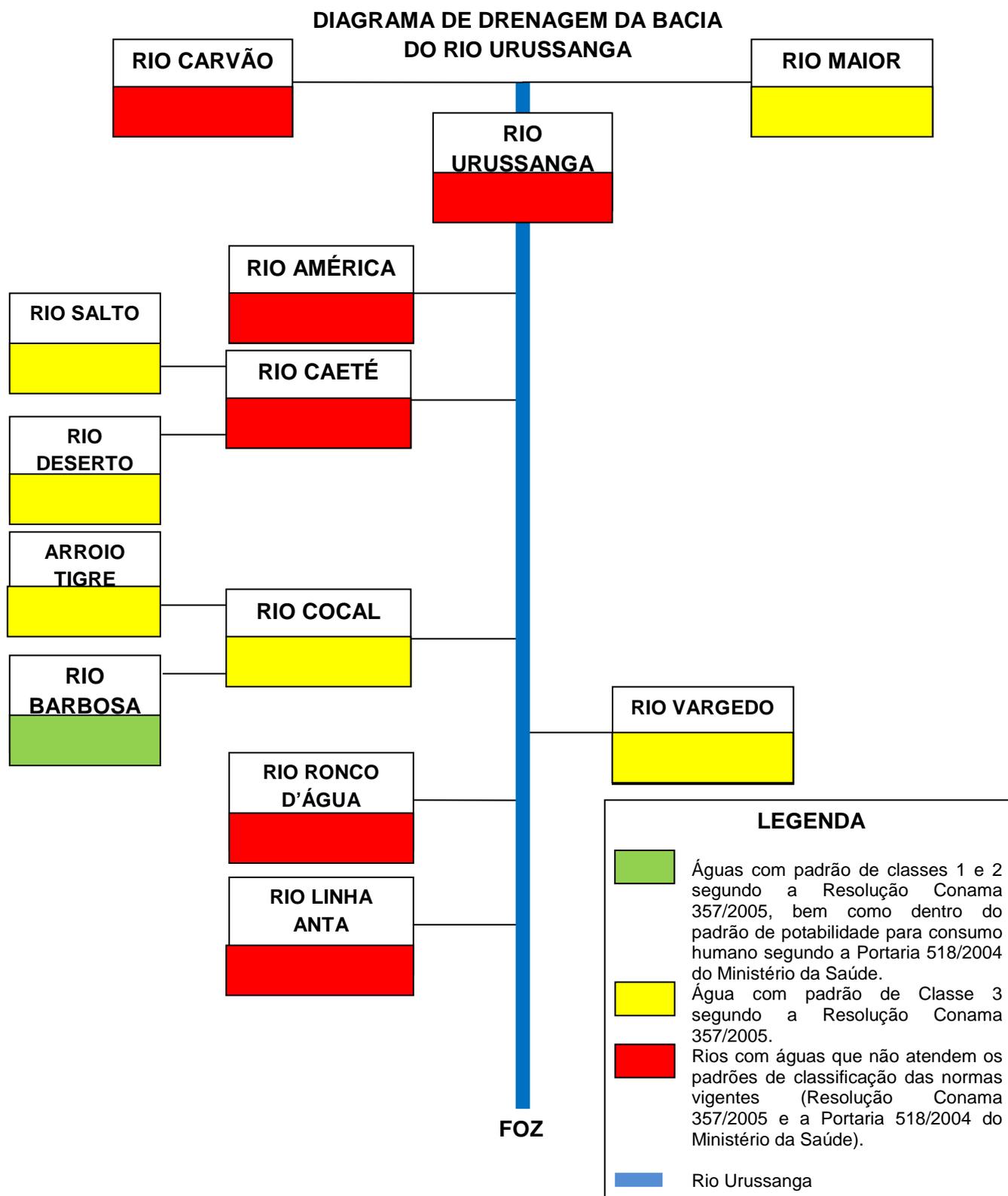


Figura 09: Diagrama da rede de drenagem da bacia do rio Urussanga. Autor: Adriano de Oliveira Dias.

No diagrama acima observa-se a situação atual da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Urussanga. Os rios que apresentam águas dentro do padrão de qualidade para classes 1 e 2, conforme Resolução Conama 357/2005; bem como águas dentro do padrão de qualidade para consumo humano, conforme Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estão representados em cor verde. Os rios que apresentam águas dentro dos padrões de qualidade para classe 3, segundo a Resolução 357/2005 do Conama estão representados em cor amarela. A cor vermelha corresponde a rios que possuem águas fora dos padrões de classificação estabelecidos pelas duas legislações consultadas.

3.4- Segundo trabalho em grupo: Contribuição dos participantes

Após o término da apresentação sobre a qualidade de água superficial nas duas bacias hidrográficas, os participantes foram divididos em grupos por bacia. Nestes grupos foi lançada a pergunta: “Que outras informações existem sobre a qualidade de água superficial que não foram consideradas?”.

O objetivo do trabalho foi levantar novas fontes de materiais a serem pesquisadas para o levantamento da disponibilidade hídrica qualitativa superficial em ambas as bacias hidrográficas. A seguir são apresentadas as contribuições dos participantes.

3.4.1- Apresentação dos dados (contribuições)

Na plenária, o líder de cada grupo, Jeovane Warmiling para a bacia do Araranguá e Adriano Dias para a bacia do Urussanga, apresentaram os resultados ao grande grupo. Seguem os quadros de informações produzidas:

Quadro 08: Resultados dos dados referentes a bacia do rio Araranguá.

Abastecimento público	Agricultura	Indústria	Sociedade Civil
Lagoa do Faxinal – 518 (total captação). Contato: Gilberto – SAMAE de Içara.	Dissertação de mestrado – Nadja Zim – dados toxicológicos.	Programa de monitoramento CETEM-IPAT- professora Nadja Alexandre.	Ministério Público Federal – Doutor Darlan.
Laboratório regional dos SAMAEs em Orleans.	Poluição do preparo do solo e plantio do arroz.	Monitoramento ambiental semestral do setor carbonífero – SIECESC.	FATMA e DNPM.
Lagoa dos Bichos	Projeto Microbacias	EIA-RIMA da	

<p>pH = 7,39 Alumínio = 0,0 mg/l Ferro = 0,68mg/l Sulfatos = 7,0mg/l Manganês = 0,290mg/l</p> <p>Os dados são do SAMAE de Araranguá.</p>	<p>2 (microbacias monitoradas – site da EPAGRI).</p>	<p>USITESC (IPAT-UNESC).</p>	
<p>SAMAE de Içara e EPAGRI – dados de qualidade da água de poços.</p>	<p>Trabalho Vicente – qualidade de água – município de Ermo. Contato: Clódis – EPAGRI.</p>	<p>Trabalho da JICA – Antônio Sérgio.</p>	
<p>Consumo humano</p> <p>Secretaria de Saúde de alguns municípios em parceria com a EPAGRI local.</p>	<p>Qualidade da água de ponteiros. Estudos da EPAGRI e SAMAE de Araranguá.</p>	<p>SEARA, TRAMONTO, AGROVÊNTO</p>	
<p>Lagoa da Serra</p> <p>pH = 6,99 Alumínio = 0,0 mg/l Ferro = 0,67mg/l Sulfatos = 0,0mg/l Manganês = 0,047mg/l</p> <p>Os dados são do SAMAE de Araranguá.</p>	<p>Levantamento da CIDASC.</p>	<p>Indústria do Vestuário.</p>	
<p>Açude Belinzone</p> <p>pH = 6,37 Alumínio = 0,0 mg/l Ferro = 0,02mg/l Sulfatos = 7,0mg/l Manganês = 0,062mg/l</p> <p>Os dados são do SAMAE de Araranguá.</p>	<p>Cadastramento de licenciamento.</p>		

Quadro 09: Resultados dos dados referentes a bacia do rio Urussanga

Abastecimento público	Governo
<p>Dados de análise de qualidade de água disponíveis na CASAN e SAMAEs.</p>	<p>Estudo: ZETA-IEZA/ECP (1981 – 1983), disponível na FATMA.</p>
	<p>Projeto Microbacias – EPAGRI.</p>
	<p>Vigilância Sanitária</p>



Figura 10: Cena do segundo trabalho em grupo

No início do período vespertino foi aberta uma discussão sobre o projeto de intervenções a serem realizadas no leito do rio Criciúma. Este projeto está sendo discutido sem a participação do Comitê Araranguá.

Desta forma, o secretário executivo do comitê Araranguá, Antônio Sérgio Soares, destacou a necessidade de o comitê manifestar-se com embasamento legal sobre este projeto.

Segundo a professora Beate Frank, a Lei Federal 9.433/97 destaca que toda intervenção a ser realizada sobre o canal fluvial de um rio necessita ter o aval do comitê de bacia.

Diante disso, definiu-se que a professora Beate Frank encaminharia para o secretário executivo do comitê Araranguá uma moção que o comitê Itajaí está preparando sobre situação similar na bacia do Itajaí. Este documento serviria de base para que o comitê Araranguá discutisse a elaboração de moção semelhante a ser encaminhada ao Ministério Público a respeito do projeto de intervenção a ser realizado no rio Criciúma.

3.5 - Exposição: A formação e a dinâmica dos aquíferos

No início do período vespertino foi feita uma exposição sobre a formação e a dinâmica dos aquíferos, com o objetivo principal de situar os participantes no processo de formação e funcionamento de sistemas aquíferos. A apresentação abordou o que é água subterrânea, o ciclo das águas na superfície terrestre e a distribuição das águas no subsolo. Foram apresentados os processos do ciclo das

águas - evaporação, evapotranspiração, condensação, precipitação, escoamento superficial, infiltração, percolação e escoamento subterrâneo.

Quanto à distribuição das águas no subsolo, destacou-se que a água pode encontrar-se em duas zonas bem definidas: zona não saturada (interstícios ocupados por água e ar) e zona de saturação (interstícios ocupados totalmente por água). Na seqüência apresentou-se a definição de aquífero e o funcionamento do mesmo, bem como as propriedades dos aquíferos como porosidade e permeabilidade, além de outras condições que interferem na maior ou menor capacidade de armazenamento e transmissão de água de uma formação aquífera.

Posteriormente, foram apresentados os tipos de aquíferos existentes. Quanto à pressão hidrostática estes aquíferos podem ser livres ou confinados. Quanto à porosidade os aquíferos podem ser intergranulares (ex: arenitos e conglomerados) ou aquíferos fraturados (ex: basalto, diabásio e granitos fraturados). Por fim, foi explicado resumidamente como se dão a recarga, a descarga e o reabastecimento de um aquífero.

3.6- Exposição sobre a quantidade de água subterrânea disponível na bacia do rio Araranguá

Após a exposição realizada pela professora Yasmine sobre a formação e dinâmica dos aquíferos, Adriano de Oliveira Dias iniciou a exposição sobre a quantidade de água subterrânea disponível na bacia do rio Araranguá. Esta exposição não abrangeu a bacia do rio Urussanga devido a ausência de estudos sobre a disponibilidade hídrica quantitativa subterrânea desta bacia.

Para a elaboração do diagnóstico da disponibilidade quantitativa subterrânea na bacia do rio Araranguá foram considerados dois estudos. O primeiro é o **“Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá” (SANTA CATARINA, 1997)**; o segundo **“Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC” (KREBS, 2004)**. A metodologia de elaboração do diagnóstico da disponibilidade quantitativa subterrânea na bacia do rio Araranguá foi apresentada por meio do método de visualização, conforme mostra a Figura 11.

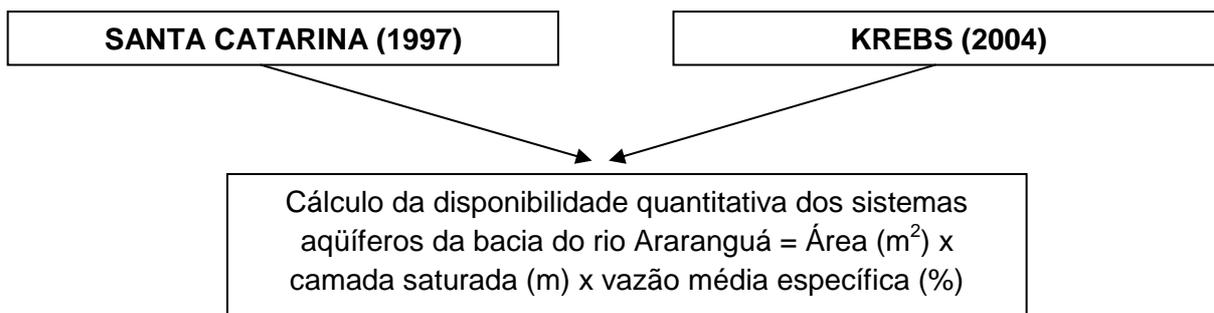


Figura 11: Fluxograma da elaboração do diagnóstico quantitativo das águas subterrâneas da bacia do rio Araranguá

Em seguida apresentou-se o gráfico da disponibilidade de água subterrânea por município na bacia do rio Araranguá (Figura 12). Por fim, foram apresentados os mapas de localização dos sistemas aquíferos das bacias dos rios Araranguá e Urussanga. O mapa dos sistemas aquíferos da bacia do rio Araranguá foi elaborado por Krebs (2004), no estudo “**Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC**” e o da bacia do rio Urussanga foi elaborado por Trein (2008), no estudo “**A implicação antrópica na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Urussanga – SC**”.

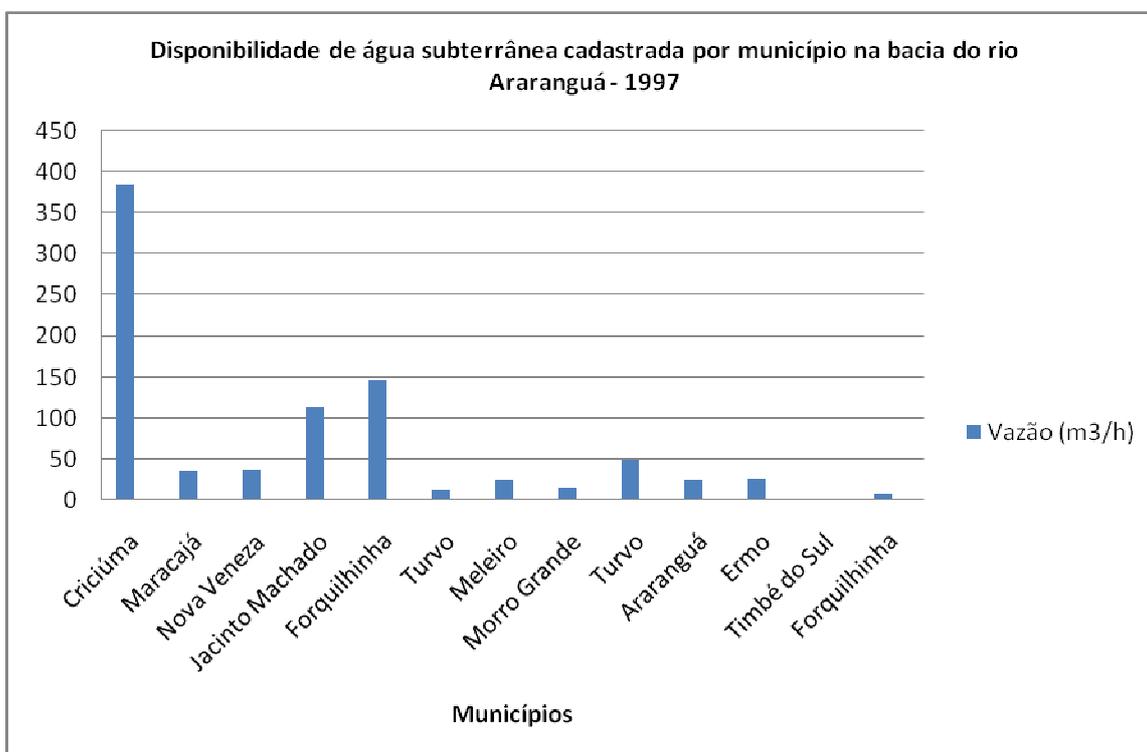


Figura 12: Gráfico da disponibilidade de água subterrânea por município na bacia do rio Araranguá. **Fonte:** Adaptado dos dados de Santa Catarina (1997)

3.7- Exposição sobre a qualidade de água subterrânea disponível nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga

Segundo o programa, o próximo assunto é a qualidade da água subterrânea. Foi então apresentada a metodologia para elaboração do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas das bacias dos rios Araranguá e Urussanga.

3.7.1- Metodologia para elaboração do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas nas bacias dos rios Araranguá e Urussanga

Para a elaboração do diagnóstico da disponibilidade qualitativa subterrânea na bacia do rio Araranguá foram considerados dois estudos: o **“Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá”** (SANTA CATARINA, 1997) e **“Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC”** (KREBS, 2004).

Já o diagnóstico da disponibilidade qualitativa subterrânea da bacia do rio Urussanga foi elaborado com base nos estudos: **“A implicação antrópica na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Urussanga – SC”** (TREIN, 2008) e **“Qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na bacia do rio Urussanga, SC”** (SANT’ANA, 2008).

Os dados dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas disponíveis nos estudos acima referidos para as duas bacias hidrográficas foram confrontados com os padrões legais estabelecidos pela Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Esta portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou seja, estabelece os padrões de potabilidade para as águas destinadas ao consumo humano no Brasil. A partir disso foi possível diagnosticar a qualidade atual das águas subterrâneas nas duas bacias hidrográficas.

Os resultados do diagnóstico foram apresentados por meio de mapas para alguns parâmetros de qualidade, para cada bacia. Para a bacia do rio Araranguá foram elaborados mapas dos parâmetros pH, ferro e coliformes fecais, por serem estes os parâmetros mais restritivos ao uso das águas subterrâneas nesta bacia. Para a bacia do rio Urussanga foram elaborados mapas para os parâmetros pH, ferro e alumínio, por serem estes os parâmetros mais restritivos ao uso das águas subterrâneas nesta bacia.

A seguir é apresentado o fluxograma (figuras 13 e 14) da elaboração do diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas para a bacia do rio Araranguá e a bacia do rio Urussanga.

A) Bacia do rio Araranguá

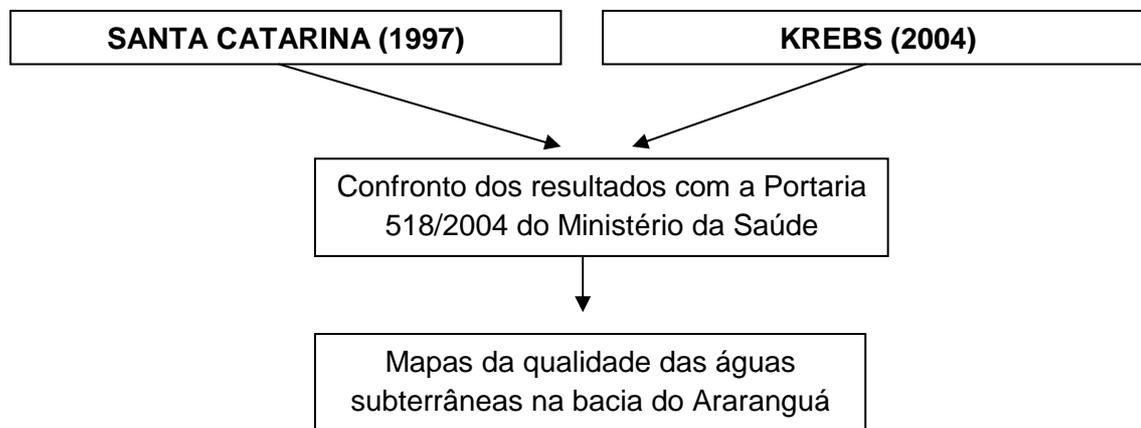


Figura 13: Fluxograma da elaboração do diagnóstico qualitativo das águas subterrâneas da bacia do rio Araranguá

B) Bacia do rio Urussanga

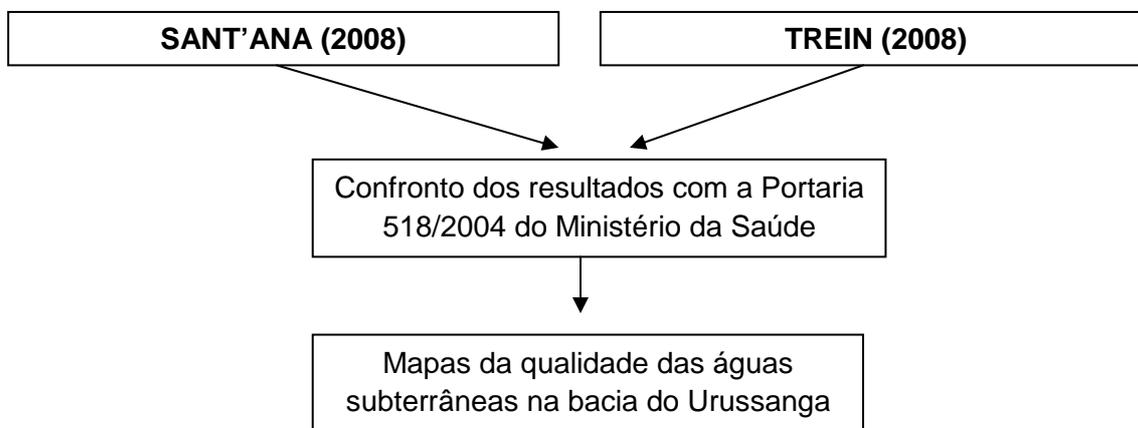


Figura 14: Fluxograma da elaboração do diagnóstico qualitativo das águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga



Figura 15: Apresentação dos mapas de qualidade das águas subterrâneas das bacias dos rios Araranguá e Urussanga

3.8- Terceiro trabalho em grupo: Contribuição dos participantes

Após o término da apresentação sobre a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas nas duas bacias hidrográficas, os participantes foram mais uma vez divididos em grupos por bacia. Nestes grupos foi lançada a pergunta: “O que pode ser acrescentado nos estudos de quantidade e qualidade da água subterrânea?”.

O objetivo do trabalho foi levantar, junto aos participantes, novas fontes de materiais a serem pesquisados para o levantamento da disponibilidade hídrica qualitativa subterrânea em ambas as bacias hidrográficas. A seguir são apresentadas as contribuições resultantes.

3.8.1- Apresentação dos dados (contribuições)

Na plenária, o líder de cada grupo, Adriano Dias para a bacia do Araranguá e Jeovane Warmiling para a bacia do Urussanga, apresentaram os resultados ao grande grupo. Seguem os quadros de informações produzidas:

Quadro 10: Resultados dos dados referentes a bacia do rio Araranguá.

Abastecimento público	Indústria	Sociedade Civil
Poços rasos (quantidade) – Vigilância Sanitária.	3º Relatório de Indicadores Ambientais do Carvão	Fazer análise em pequenos poços.
Poços rasos (parâmetros)		Localização e profundidade dos aquíferos

		subterrâneos?
Informações sobre o pH das águas de Treviso e Siderópolis.		Maneira mais fácil e viável de captar estas águas subterrâneas.

Quadro 11: Resultados dos dados referentes a bacia do rio Urussanga.

Abastecimento público	Governo
Coliformes Totais.	Verificar com a FATMA e DNPM os poços cadastrados.
Consulta a SAMAE de Urussanga.	Verificar com a CIDASC os poços não cadastrados.
Teor de enxofre.	Análise de fluoretos.
	Projeto Microbacias – EPAGRI.



Figura 16: Terceiro trabalho em grupo

Finalizada essa atividade, foi feita uma retrospectiva da oficina, e os participantes foram mais uma vez solicitados a fazer uma avaliação do trabalho realizado. Para encerrar, foi feita uma breve ponte para a próxima oficina, no dia 1º de setembro, e que tratará dos aspectos institucionais relevantes para a gestão de recursos hídricos.

4. Lista de participantes

A seguir a lista dos participantes da 5ª oficina Nossas Águas.

	NOME	Organização	Segmento	Município
	Adriano Dias	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma
1	Alexsandro Petterle	COOPERSULCA	Usuário de água ou representante	Nova Veneza
2	Antonio Adílio Silveira	CASAN / Comitê Urussanga	Usuário de água	Içara
3	Antônio Sérgio Soares	EPAGRI / Comitê Araranguá	Órgãos governamentais – estadual ou federal	Araranguá
4	Bruno De Pellegrin Coan	CSN - Companhia Siderúrgica Nacional	Órgão governamental – Estadual ou Federal	Urussanga
5	Cenilda Maria Mazzucco	Associação Comunitária Rio Maior - ACRIMA	Usuário de água ou representante	Urussanga
6	Cibele Antunes Mafra	(Não tem)		Criciúma
7	Clódis Brito	EPAGRI	Órgão governamental – Federal ou estadual	Araranguá
	Daiane Fabris Trombin	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma
8	Devaneide De Brida	Cáritas Diocesana de Criciúma	Sociedade civil	Criciúma
9	Dimas Kammer	Secretaria de Agricultura de Forquilha	Município ou sociedade civil	Forquilha
10	Dion Elias Ramos De Oliveira	ARASUL	Usuário de água	Araranguá
11	Edna Maria Coelho Dela Bruna	Escola Mundo Encantado	Sociedade civil	Urussanga
12	Eliane Mandelli Frank	CEIPAC - Centro de Estudos Integrados de Promoção do Ambiente e da Cidadania	Sociedade civil	Criciúma
13	Fabio Belletini Paganini	Cooperativa de Irrigação de Jacinto Machado - COOIJAM	Usuário de água	Jacinto Machado
14	Franciele de Oliveira Bitencourt	(Não tem)	Sociedade civil	Criciúma
15	Gilberto Benedet Junior	SAMAE	Usuário de água	Içara
16	Glauber José Boucinha Soares	SAMAE / Araranguá	Usuário de água	Araranguá
17	Hildo Scarabelot	AAQUATUR	Usuário de água ou representante	Turvo
	Jeovane Warmiling	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma
18	Joaquim Teixeira	(Não tem)	Sociedade civil	Criciúma

	Neto			
	Jucélia Guidarini Ferro	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma
19	Kleyton Colaris de Abril	COOPERSULCA	Usuário de água	Araranguá
20	Leandro Cittadin	FUNDAI	Sociedade civil	Urussanga
21	Leandro Richard da Silva	AFUBRA	Usuário de água	Araranguá
22	Lédio Mota Bento	AFUBRA	Usuário de água	Araranguá
23	Luis Lucinei Vitto	Prefeitura de Turvo	Sociedade civil	Turvo
24	Luiz Dal Farra	Assembléia. Assessoria Deputado Décio Góes	Sociedade civil	Criciúma
25	Luiz Ismael de Camargo Leme	Prefeitura Municipal de Araranguá	Sociedade civil	Araranguá
26	Maria Izabel Topanotti	Centro de Estudos Integrados e de Promoção do Ambiente e da Cidadania - CEIPAC	Sociedade civil	Criciúma
27	Michele Pereira da Silva	SAMAE / Comitê Araranguá	Usuário de água	Araranguá
28	Mirian Borges	ACIC-Associação Empresarial de Criciúma	Sociedade civil	Criciúma
	Nicholli Emerick Pereira	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Tubarão
29	Rafael Tomasi Bittencourt	(Não tem)	Sociedade civil	Urussanga
	Rose Maria Adami	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma
30	Sérgio Marini	Associação Drenagem Irrigação Santo Izidoro (ADISI)	Usuário de água	Nova Veneza
31	Stefano Damian Burigo	ACIC	Sociedade civil	Criciúma
32	Suzana Martinhago Cardoso	SAMAE	Usuário de água	Içara
33	Vera Regina Camargo	EPAGRI	Órgão governamental – Estadual	Içara
	Yasmine Moura da Cunha	PIAVA SUL	Município ou sociedade civil	Criciúma

5. Avaliação

Apesar de a oficina ter contado com 33 participantes externos, apenas 19 pessoas se dispuseram a fazer a avaliação. Os resultados constam no quadro 12 a seguir.

Quadro 12: Resultados da avaliação da oficina pelos participantes

Questionamentos	Sim	Não	Mais ou menos	Observações
A oficina alcançou os objetivos propostos?	15		04	<ul style="list-style-type: none"> - Em partes. A dinâmica com a troca das pessoas que representam instituições dificulta o entendimento para alguns. - Em parte. Faltaram informações no trabalho de grupos. - Faltaram alguns dados e pessoas importantes. - Com um pouco de dificuldade, mas conseguimos.
Os materiais distribuídos na oficina facilitaram o seu entendimento sobre o tema proposto?	16		02	<ul style="list-style-type: none"> - Em parte. Seria importante repassar um resumo dos assuntos discutidos e levantados posteriormente por e-mail para os presentes. - O material poderia ser disponibilizado antes das oficinas.
A seqüência dos temas desenvolvidos nas oficinas foi útil para ampliar seu conhecimento sobre a gestão de recursos hídricos?	19		01	<ul style="list-style-type: none"> - Sim. Mas necessitamos também de trabalhos a campo. - Temas bem organizados e aprofundados num bom nível, de acordo com os participantes.
A seqüência das oficinas foi útil para ampliar seu conhecimento sobre a bacia?	17		01	<ul style="list-style-type: none"> - Sim. Mas é preciso convocar também os órgãos públicos para participarem das discussões, visto que os mesmos possuem um maior poder de decisão. - É a primeira oficina que participo.
Como você avalia os facilitadores?	08 (ótimos) 10 (bons)		01	<ul style="list-style-type: none"> - Dentro da limitação de cada um deu conta das tarefas. - Bons. Poderiam ser mais dinâmicos. - Bom conhecimento do tema. Apresentam os temas de forma clara e objetiva. - Ótimo, com bastante conteúdo. - Com experiências e conhecimentos comprovados. - De grande conhecimento. - Capacitados. - Bem capacitados. Bem claros em suas exposições.
Que outro assunto você				- Código Estadual do Meio Ambiente – SC.

<p>gostaria que fosse trabalhado nas oficinas do PIAVA SUL?</p>			<ul style="list-style-type: none"> - A questão da conscientização ambiental. “Técnicas” para chamar a atenção para as causas do PIAVA SUL. - Empreendimentos a ser instalados. - Matas ciliares (preservação e reposição). - Outorga. - Qualidade das águas de precipitação. - Recuperação de matas ciliares. - Trabalhar mais o papel das instituições / entidades na bacia bem como o papel dos comitês de bacias e sua importância. - Acho que seria muito importante fazer um diagnóstico com fotos, sobre a situação dos rios (das duas bacias, desde a nascente até a foz). - Convocar um grupo de trabalho para realizar este estudo e apresentar ao grupo. - Conscientização do agrotóxico na agricultura.
<p>Qual sua opinião se as próximas duas oficinas que seriam realizadas na UNESCO fossem realizadas no município de Meleiro (01/09/2009) e no município de Cocal do Sul (27/10/2009).</p>			<ul style="list-style-type: none"> - Meleiro fica mais distante. Em Criciúma seria melhor. - Cocal do Sul – OK. - Em Meleiro seria difícil acesso, a participação pela distância, já em Cocal é possível, está centralizado distribuindo as distâncias. - Seria muito bom, porque teria mais gente que ficaria conhecendo as oficinas. - Pode ser. - Concordo, pois todos tem que ter a oportunidade de obter os conhecimentos apresentados. - Poderia abranger muito mais as instituições municipais. - Sou totalmente favorável. - É interessante a realização das oficinas em lugares diferentes até para possibilitar aos participantes o conhecimento “in loco” de cada realidade. - Indiferente. - Seria inviável. - Ficaria ruim. - Preferimos a UNESCO é mais centralizado. - Cocal do Sul – 01/09 e na UNESCO – 27/10. - É uma boa idéia descentralizar. Locais adequados desde que possua as estruturas necessárias (Restaurante; Salão para palestra). - Seria interessante manter as oficinas na UNESCO. É centralizado, próximo dos municípios das duas

				bacias.
Outras observações				<ul style="list-style-type: none">- Mudar o local das oficinas pode gerar conflito.- Precisamos aliar à parte teórica a parte prática. Vamos nos surpreender com certas situações.- Mais atenção dos participantes.- Parabéns a todos.- Uso de canecas permanentes para reduzir o lixo (copos plásticos).- Talvez fosse bom distribuir mais os conteúdos (+ oficinas).

ANEXOS

Anexo I
QUANTIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA
BACIA DO RIO ARARANGUÁ

Adriano de Oliveira Dias

Bolsista da Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí

1) Introdução

O diagnóstico das águas superficiais da bacia do rio Araranguá foi elaborado em duas etapas, que compreendem o levantamento da disponibilidade quantitativa e qualitativa destas águas.

Para a análise da disponibilidade quantitativa de água utilizou-se o trabalho intitulado “Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina”, volume 1, elaborado pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável por meio do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural, em fevereiro de 2006. A partir desse estudo foram elaborados mapas das vazões Q_{98} , $Q_{7,10}$ e Q_{MLT} .

Para a análise da disponibilidade qualitativa das águas superficiais foram consultados dois trabalhos. O primeiro, intitulado “Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá” foi elaborado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura em 1997. O segundo trabalho consultado foi o Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão divulgado em julho de 2008 em cumprimento a Ação Civil Pública Nº 2000.72.04.002543-9/SC. O primeiro estudo mostra a situação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá em 1997. O segundo estudo serviu de base para a elaboração de um diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá em 2007.

Deste modo, o diagnóstico apresenta uma análise da qualidade das águas superficiais da bacia em dois momentos distintos, 1997 e 2007.

2) Quantidade de água superficial na bacia do Araranguá

A análise da quantidade de água superficial na bacia do rio Araranguá foi levantada por meio da regionalização de vazões elaborada por Santa Catarina (2006) para a bacia do rio Araranguá. Neste estudo foram considerados os dados fluviométricos de quatro estações existentes na bacia do rio Araranguá, destacadas no Quadro 01 a seguir.

Quadro 01: Estações fluviométricas pertencentes a Bacia do rio Araranguá

Código	Nome da	Local	Latitude	Longitude	Área	Período
---------------	----------------	--------------	-----------------	------------------	-------------	----------------

DNAEE	Estação				(km ²)	analisado
84820000	Forquilha	rio Mãe Luzia	28°44'00"	49°28'00"	523,0	1942 a 2005
84853000	Foz do Manuel Alves	rio Manuel Alves	28°52'00"	49°32'32"	404,0	1977 a 2005
84949000	Turvo	rio Amola Faca	28°56'00"	49°42'42"	336,0	1976 a 2005
84950000	Taquaruçu	rio Itoupava	28°57'00"	49°36'00"	898,0	1942 a 2005

Fonte: Adaptado de SANTA CATARINA (2006)

O estudo acima referido promoveu a regionalização de vazões para as bacias hidrográficas estaduais de Santa Catarina. O método da regionalização de vazões consiste em transferir dados de vazões de uma área ou bacia em que haja estações de medição de vazões para uma área ou bacia em que não existem dados de vazões disponíveis. Esta transferência de dados é feita por meio de cálculos matemáticos e estatísticos.

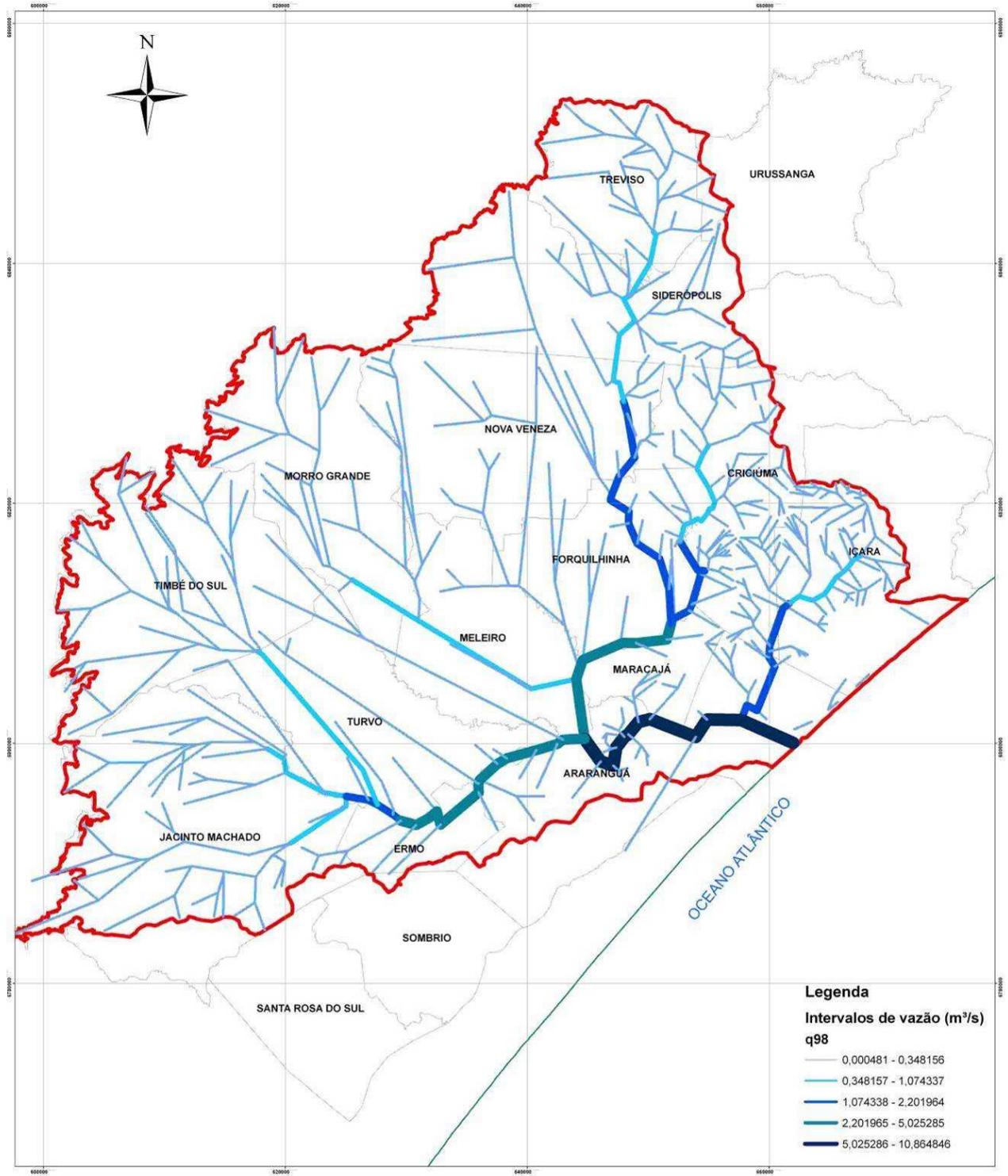
Para que isso ocorra, as áreas devem ter um comportamento hidrológico semelhante que permita supor com segurança que os dados disponíveis em uma bacia sirvam para determinar a disponibilidade hidrológica de outra. Neste diagnóstico foram utilizados os dados da regionalização das vazões Q_{98} , $Q_{7,10}$ e Q_{MLT} para a bacia do rio Araranguá.

A seguir é apresentada a disponibilidade quantitativa das águas superficiais da bacia do rio Araranguá para as vazões acima referidas, por meio das figuras 01, 02 e 03.

A vazão Q_{98} refere-se à quantidade de água disponível no rio em 98% do tempo. Isso significa que em apenas 2% do tempo há possibilidade de a demanda não ser atendida.

Observa-se no mapa de vazão Q_{98} (figura 01) que a grande maioria dos rios da bacia junto das nascentes apresentam em 98% do tempo o intervalo de vazão que varia de 0 a 0,34 m³/s. Nos casos dos rios Mãe Luzia, Sangão e dos Porcos há trechos dos seus altos vales com vazão de 0,34 a 1,07 m³/s, pois eles recebem os fluxos de diversos afluentes. Estes rios nos seus médios vales apresentam um intervalo de vazão maior de 1,07 a 2,20 m³/s. O rio Mãe Luzia no seu baixo vale, junto à confluência com o rio Itoupava apresenta acréscimo de vazão, com valores entre 2,20 a 5,02 m³/s. Os rios Manuel Alves, Amola Faca, da Pedra e Águas Brancas nos seus médios vales apresenta vazão de 0,34 a 1,07 m³/s. O rio Itoupava no seu baixo vale, junto à confluência com o rio Mãe Luzia apresenta vazão com valores entre 2,20 a 5,02 m³/s. O rio Araranguá a partir da confluência dos rios Mãe Luzia e Itoupava apresenta vazão de 5,02 a 10,86 m³/s.

Vazão Q98 por trechos da bacia do rio Araranguá



Fonte: "Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina", elaborado pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável por meio do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural em fevereiro de 2006.

Convenções

- Bacia do rio Araranguá
- Divisão municipal

8.900 4.450 0 Meters

Realização
COMITÊ do ITAJAÍ
AGÊNCIA DE ÁGUA

Apoio
unesco

PETROBRAS
AMBIENTAL

Patrocínio
BR
PETROBRAS

GOV. SC
GOVERNO FEDERAL

Elaborado por: Mariane Brogni Pazzetto

Fonte: Dados gerados a partir de Santa Catarina (2006).
Figura 01: Mapa de vazão Q₉₈ por trechos na bacia do rio Araranguá.

A vazão $Q_{7,10}$ refere-se a quantidade mínima de água disponível no rio durante 7 dias consecutivos num período de 10 anos de retorno. Ou seja, esta vazão corresponde a quantidade mínima de água que estará disponível no rio durante um período de 7 dias consecutivos a cada 10 anos.

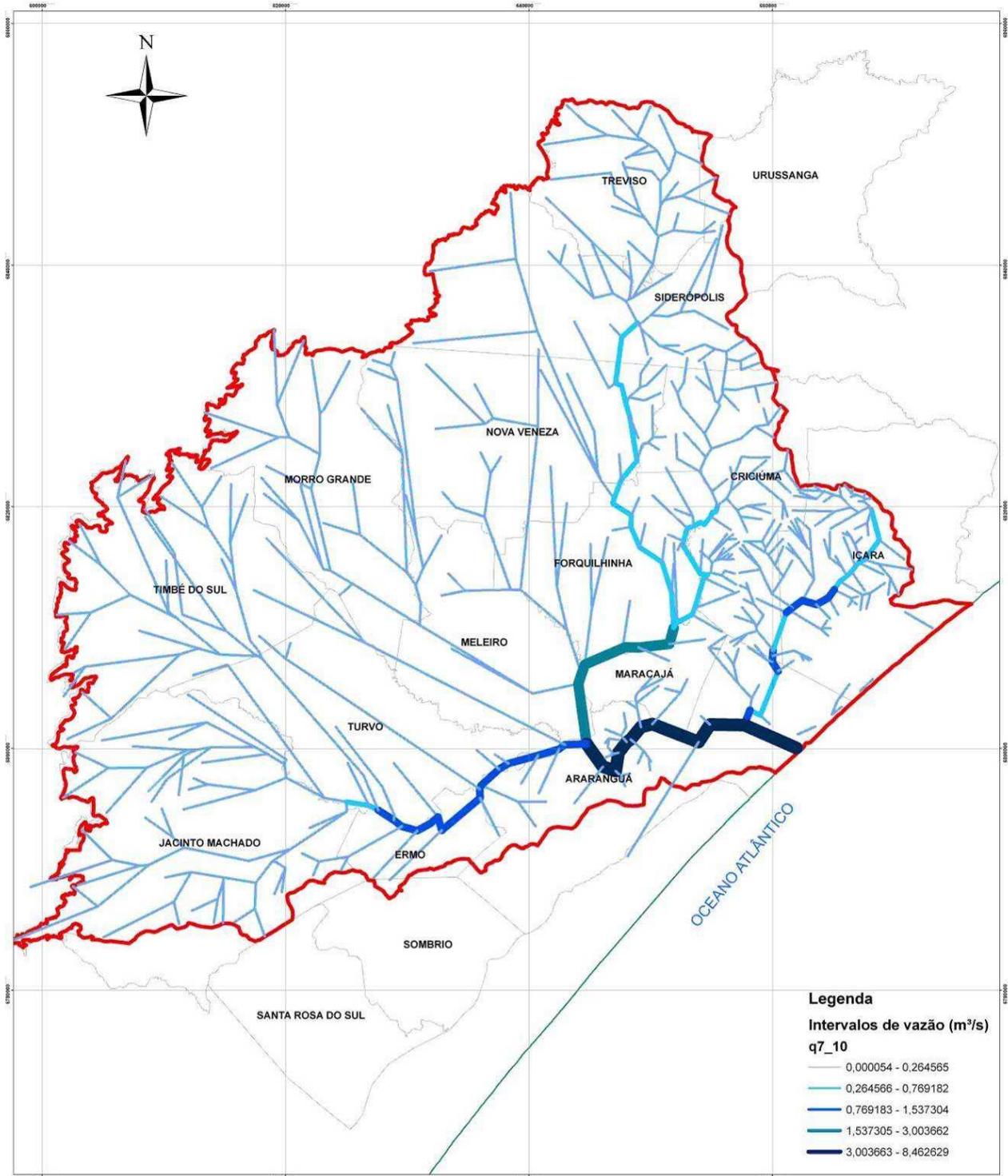
Observa-se no mapa de vazão $Q_{7,10}$ (figura 02), que a menor vazão estimada num período de 7 dias consecutivos num intervalo de retorno de 10 anos é 0 a $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$. Esse valor é encontrado nos altos vales dos rios dos Porcos, Sangão, Mãe Luzia, Manoel Alves, Amola Faca, da Pedra e Águas Brancas. A vazão mínima também é encontrada ao longo de todo o curso dos rios do Cedro, Manoel Alves, Amola Faca, da Pedra e Águas Brancas, talvez isso possa ser explicado pela pouca quantidade de afluentes mais caudalosos que chegam nos médios e baixos vales dos rios citados.

No médio vale dos rios Mãe Luzia e Sangão, a vazão mínima estimada é de $0,26$ a $0,76 \text{ m}^3/\text{s}$. Esse intervalo de vazão é encontrado também na confluência dos rios Amola Faca, Águas Brancas e em partes do rio dos Porcos.

O intervalo de vazão mínima de $0,76$ a $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ ocorre no rio Itoupava e em partes do rio dos Porcos.

O baixo vale do rio Mãe Luzia tem vazão mínima estimada entre $1,53$ e $3,00 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo o único trecho na bacia do Araranguá com este intervalo de vazão mínima. O rio Araranguá a partir da confluência dos rios Mãe Luzia e Itoupava apresenta vazão de $3,00$ a $8,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vazão Q_{7,10} por trechos da bacia do rio Araranguá



Fonte: "Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina", elaborado pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável por meio do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural em fevereiro de 2006.



Realização: **COMITÊ do ITAJAÍ** AGENCIA DE ÁGUA

Apoio: **unesco** **PETROBRAS AMBIENTAL**

Patrocínio: **BR** **PETROBRAS** **GOVERNO FEDERAL**

Elaborado por: Mariane Brognni Pazzetto

Fonte: Dados gerados a partir de Santa Catarina (2006).
Figura 02: Mapa de vazão Q_{7,10} por trechos na bacia do rio Araranguá.

3) Qualidade das águas superficiais da bacia do Araranguá

Situação da bacia em 1997

Em 1997, o Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997b) procedeu avaliação preliminar da disponibilidade hídrica qualitativa superficial da bacia do rio Araranguá. Para isso, o estudo contou com dados de uma rede de amostragem composta por 59 estações de monitoramento, sendo 45 localizadas na sub-bacia do rio Mãe Luzia, 9 na sub-bacia do rio Itoupava e 5 na sub-bacia do rio dos Porcos.

Para proceder a avaliação qualitativa das águas superficiais da bacia do Araranguá o estudo levou em consideração a poluição orgânica e inorgânica, conforme metodologia descrita a seguir.

a) Poluição Orgânica

Para diagnosticar a poluição orgânica, Santa Catarina (1997b) utilizou como base o Índice de Qualidade das Águas – IQA. Este índice é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água, correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes fecais, temperatura da amostra, pH, nitrogênio total, fosfato total, sólidos totais e turbidez. A qualidade das águas é indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, sendo classificada para abastecimento público segundo a graduação exposta no quadro 02 a seguir:

Quadro 02: Escala de classificação do IQA

100 – 80	Qualidade ótima
79 – 52	Qualidade boa
51 – 37	Qualidade aceitável
36 – 20	Imprópria para tratamento convencional (poluída)
19 – 0	Imprópria ou crítica

b) Poluição Inorgânica

Para quantificar a poluição inorgânica, Santa Catarina (1997b) utilizou o Índice de Toxicidade (IT). Este índice é calculado através de uma variável binária que assume valor 0 (se um ou mais elementos tóxicos do conjunto considerado ultrapassar o limite permitido) ou 1

(em caso contrário). Quanto aos parâmetros do IT, Santa Catarina (1997b) destaca o manganês, chumbo, cobre, cromo total, zinco, organoclorados, sulfato e ferro total.

A nota final de uma amostra extraída na estação de monitoramento será o resultado do produto do IQA X Índice de Toxicidade (IT), conforme quadro 03 a seguir:

Quadro 03: Metodologia de análise da qualidade das águas da bacia do rio Araranguá aplicada em cada estação de monitoramento existente em 1997.

Utilização do IQA x IT por estação de monitoramento		
IQA	PA-18, PA-19, PA-20, PA-21, PA-22, PA-23, PA-29, PA-30, PA-31, PA-32, PA-33, PA-35, PA-36, PA-37, PA-38, PA-39	
IQA x IT	Metais	PA-01, PA-02, PA-03, PA-04, PA-05, PA-06, PA-07, PA-08, PA-09, PA-10, PA-11, PA-12, PA-13, PA-14, PA-15, PA-16, PA-17, RC-01, RC-02, RC-03, RC-04, RC-05, RM-01, RM-02, RS-01, RS-02, RS-03, CE-01, CE-02, CQL-01.
	Organoclorados	PA-11, PA-12, PA-24, PA-25, PA-26, PA-27, PA-28, PA-34, PA-40, PA-41, PA-42, PA-43, PA-44, PA-45, PA-46

Situação da qualidade das águas nas sub-bacias em 1997

A situação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá em 1997 pode ser verificada por meio da análise do diagrama (figura 03) a seguir. Neste diagrama, as águas superficiais dos rios da bacia do Araranguá são classificadas como de boa qualidade (cor verde), ótima (cor roxa) e crítica (cor vermelha).

No caso dos rios Mãe Luzia, Sangão e dos Porcos, percebe-se que a qualidade das águas superficiais já era crítica em 1997 devido ao comprometimento destes rios pela drenagem ácida das áreas de mineração de carvão localizadas em suas bacias. No caso do rio dos Porcos há também a poluição das águas ocasionada por efluentes industriais oriundos da zona industrial localizada ao sul do município de Criciúma e por efluentes agrícolas provenientes de parte do município de Içara, ambas as áreas drenadas pela sub-bacia do rio dos Porcos.

Nos rios São Bento e do Cedro a qualidade das águas superficiais era boa. Já no rio Manoel Alves esta água foi classificada como de ótima qualidade. Nestes rios um problema apontado foi o aumento da turbidez em determinadas épocas do ano, devido em parte às práticas inadequadas de manejo do solo para a atividade agrícola.

Na sub-bacia do rio Itoupava, que abrange neste estudo os rios Itoupava e Jundiá a qualidade das águas superficiais variou de boa a ótima. Porém, há problemas relacionados ao aumento da turbidez nos canais fluviais, devido ao aumento do volume de transporte de sólidos totais nos rios em épocas de cultivos agrícolas mais intensos. Aliado a isso há o aumento da poluição orgânica pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes de animais nas águas

dos rios. Por fim, há o problema do avanço da língua salina do rio Araranguá que alcança o rio Itoupava.

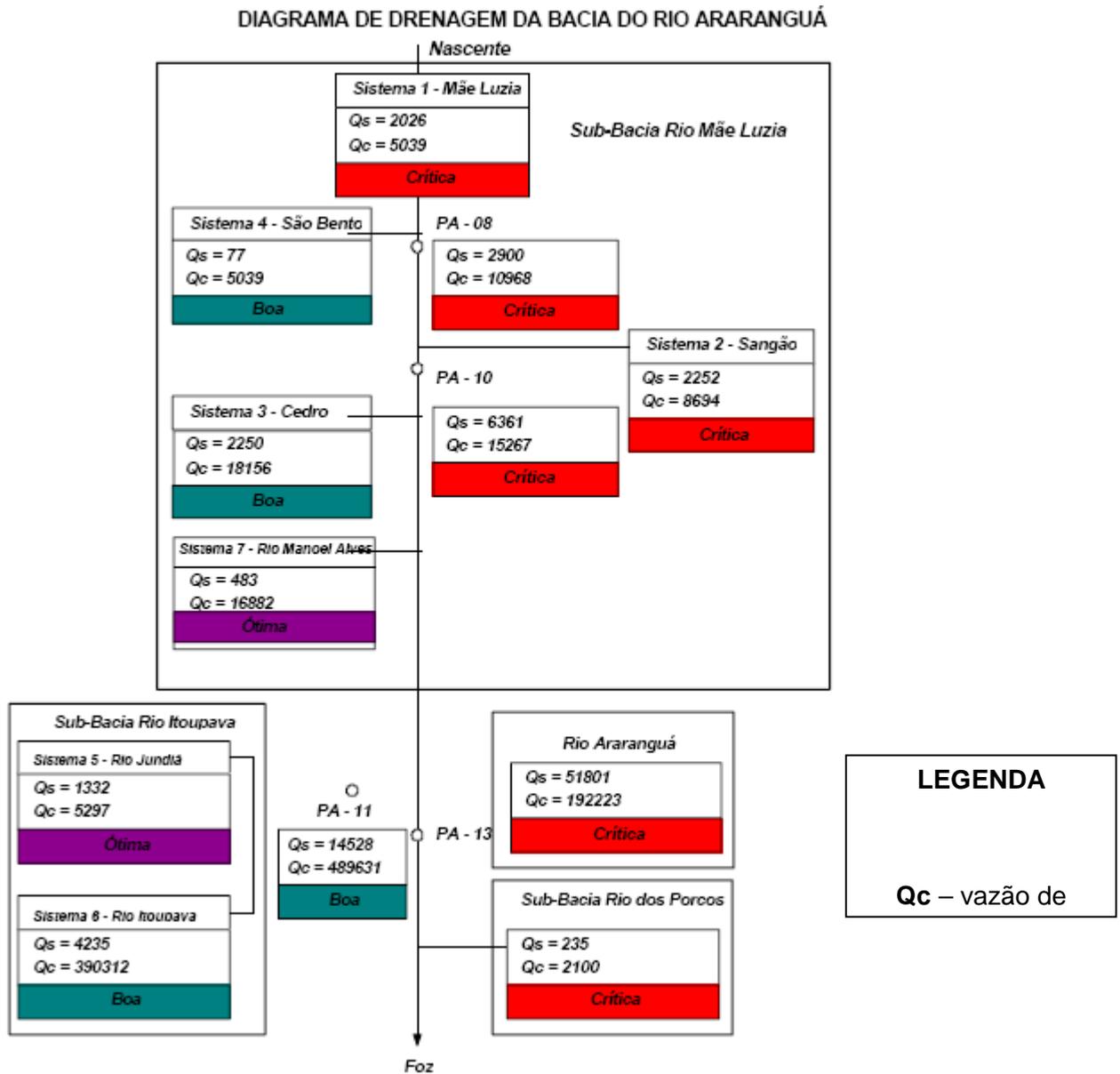


Figura 03: Diagrama de drenagem da bacia do rio Araranguá com a situação qualitativa das águas superficiais em 1997. Extraído de Santa Catarina (1997b).

Situação da bacia em 2007

A análise da qualidade atual das águas superficiais da bacia do rio Araranguá foi elaborada com base nos dados do Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão divulgado, em julho de 2008, em cumprimento a Ação Civil Pública Nº 2000.72.04.002543-9/SC.

Para mensurar a qualidade da recuperação ambiental na região carbonífera foram selecionados alguns indicadores ambientais. No caso dos recursos hídricos superficiais

selecionou-se os seguintes indicadores: dados regionais de precipitação (chuva), vazão, pH, ferro total, manganês total, acidez total, oxigênio dissolvido, condutividade, alumínio total, sulfatos e temperatura. Estes indicadores vêm sendo monitorados na bacia do rio Araranguá por meio uma rede de amostragem composta por 69 estações de monitoramento desde março de 2002. Ao todo no período que compreende este relatório foram realizadas 16 campanhas de amostragem entre março de 2002 e março de 2007.

O objetivo deste diagnóstico é apresentar a análise da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá, confrontando-se os valores obtidos dos indicadores ambientais mensurados no relatório com os respectivos limites estabelecidos para os mesmos na legislação ambiental vigente. A legislação aqui consultada é composta pela Resolução nº 357/2005 do Conama. Esta resolução classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. No quadro 04 a seguir são apresentadas as classes de uso das águas doces previstas na resolução.

Quadro 04: Classes de uso das águas doces estabelecidas pela Resolução Conama 357/2005

Classes	Usos
Especial	a) abastecimento humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) abastecimento humano, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; ee) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) abastecimento humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

	e) aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	a) abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e e) dessedentação de animais.
Classe 4	a) navegação; e b) harmonia paisagística.

Fonte: Resolução Conama nº 357/2005.

A outra legislação consultada foi a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Esta portaria estabelece o padrão de qualidade exigido para as águas destinadas ao consumo humano em território brasileiro.

De posse dos dados do Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão, decidiu-se selecionar os dados referentes aos parâmetros pH, Sulfatos, Ferro, Manganês, Alumínio e Oxigênio Dissolvido, por serem os únicos dentre os mensurados no relatório de indicadores ambientais a serem quantificados nas legislações consultadas. Devido à grande quantidade de dados disponíveis optou-se por trabalhar com os dados dos indicadores levantados na última campanha de amostragem realizada em março de 2007, conforme dados coletados nas estações de monitoramento apresentadas nos mapas de localização dos pontos de análise de águas superficiais – parâmetros pH, ferro, sulfatos, alumínio e manganês (figuras 05, 07, 09, 11 e 13). Porém, percebeu-se que o parâmetro Oxigênio Dissolvido não foi amostrado nestas campanhas ficando desta forma fora desta análise preliminar. Por fim, procedeu-se o confronto dos valores levantados de cada parâmetro selecionado em cada estação de monitoramento com o limite estabelecido em legislação vigente. Os resultados são apresentados a seguir.

4.1- Análise dos Parâmetros

4.1.1- Parâmetro pH

A análise do gráfico de variação do parâmetro pH nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá (figura 04) permite verificar que apenas 19% das amostras de água coletadas apresentam valores de pH dentro dos limites estabelecidos (6,0 a 9,0) pelas legislações consultadas, Resolução Conama 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Estas amostras foram em sua grande maioria coletadas em áreas de montante dos rios, próximas as suas nascentes ou em áreas ainda pouco impactadas por atividades de lavra e beneficiamento de carvão mineral. Este é o caso das estações AR-001 (cabeceras do rio Mãe Luzia), AR-004 (rio Dória), AR-005B (rio Mãe Luzia), AR-008 (rio Pio), AR-017 (rio Fiorita), AR-021 (rio Albina), AR-029 (rio Sangão), AR-057 (rio Criciúma) e AR-069B (rio dos Porcos), AR-078 (rio Sangão), AR-091 (rio Manoel Alves), AR-092 (rio Guarapari) e AR-093D (rio do Cedro), conforme pode ser verificado na leitura do mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro pH (figura 05) a seguir.

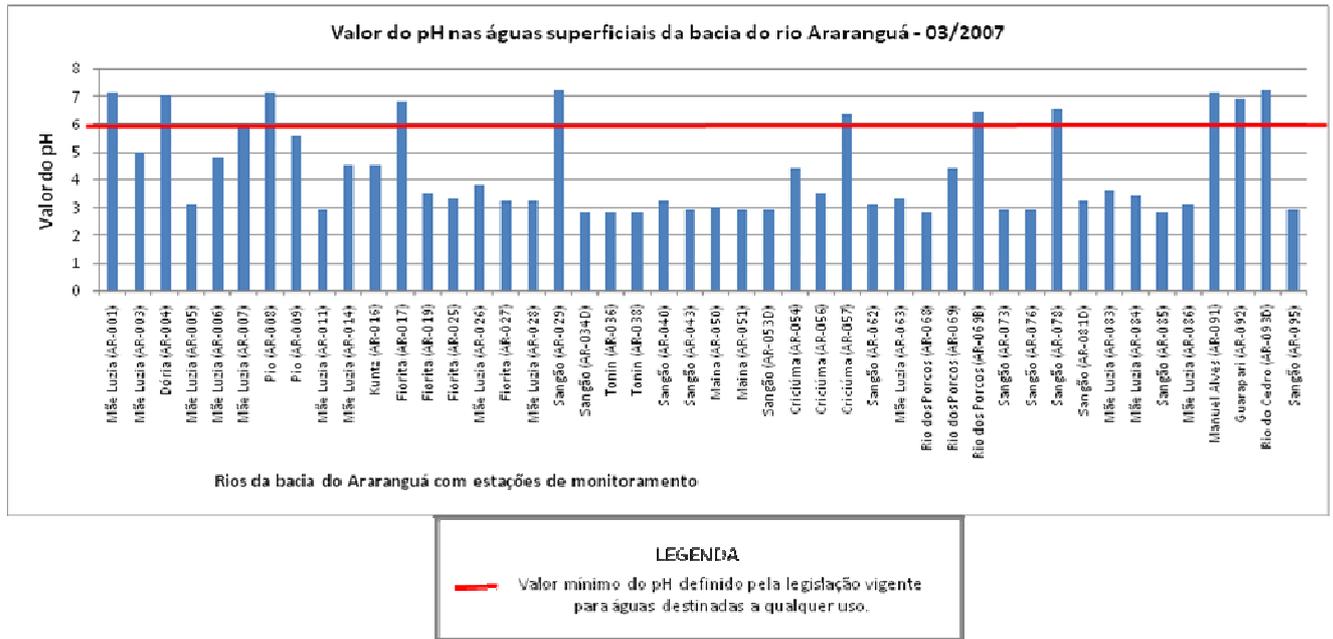


Figura 04: Valor do pH nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro pH

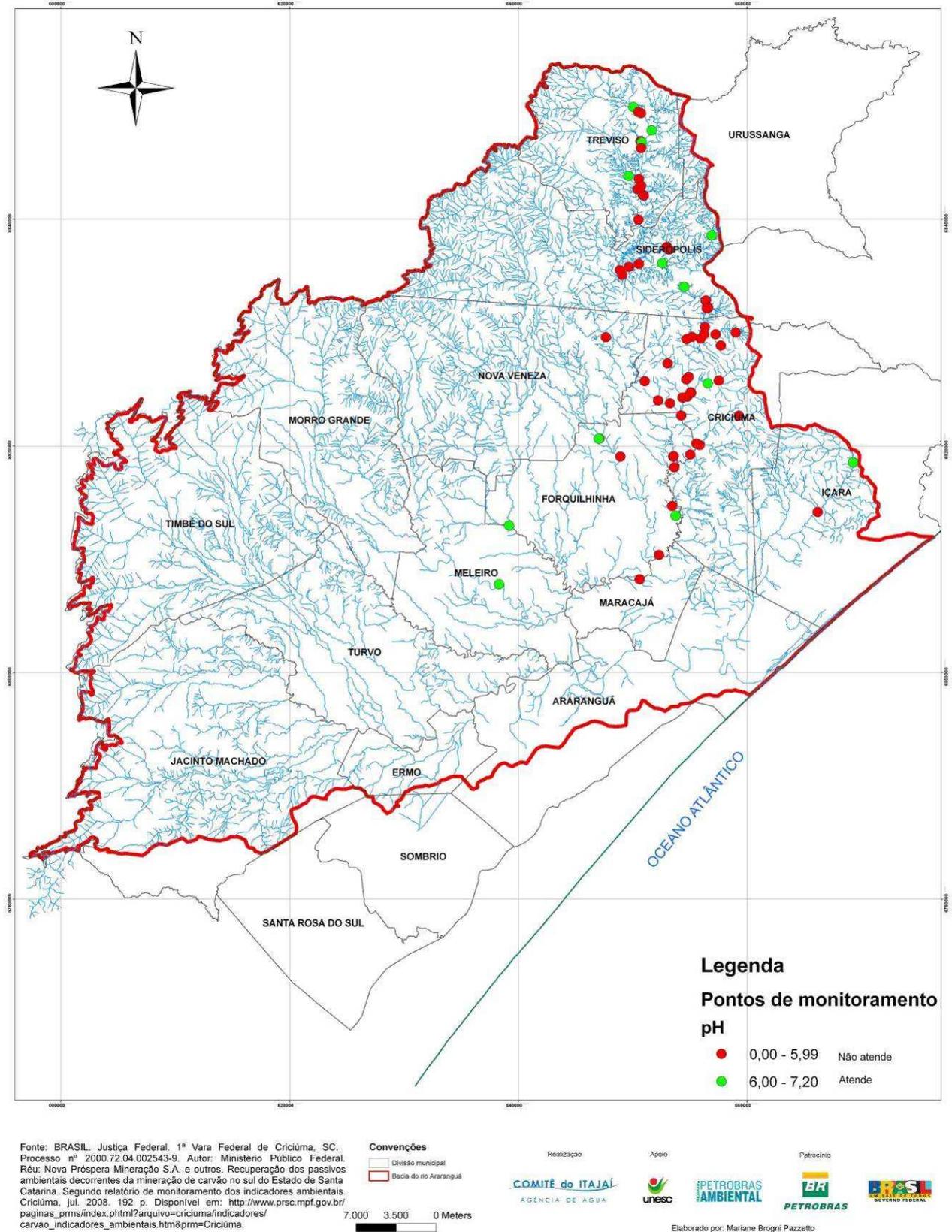


Figura 05: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Araranguá – parâmetro pH.

4.1.2- Parâmetro Sulfatos

Pela análise dos valores amostrados do parâmetro sulfatos, percebe-se que mais da metade das amostras de águas superficiais coletadas na bacia do rio Araranguá apresentam concentração deste parâmetro dentro dos limites estabelecidos pelas legislações consultadas, Resolução Conama 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Isso fica evidenciado na leitura do gráfico de concentração de sulfatos nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá (figura 06) a seguir.

Quanto às áreas de maior concentração de sulfatos percebe-se que estas coincidem com as áreas de mineração de carvão espalhadas pelas bacias dos rios Mãe Luzia, Fiorita, Sangão, Maina e dos Porcos, conforme pode ser verificado na leitura do mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro sulfatos (figura 07) a seguir.

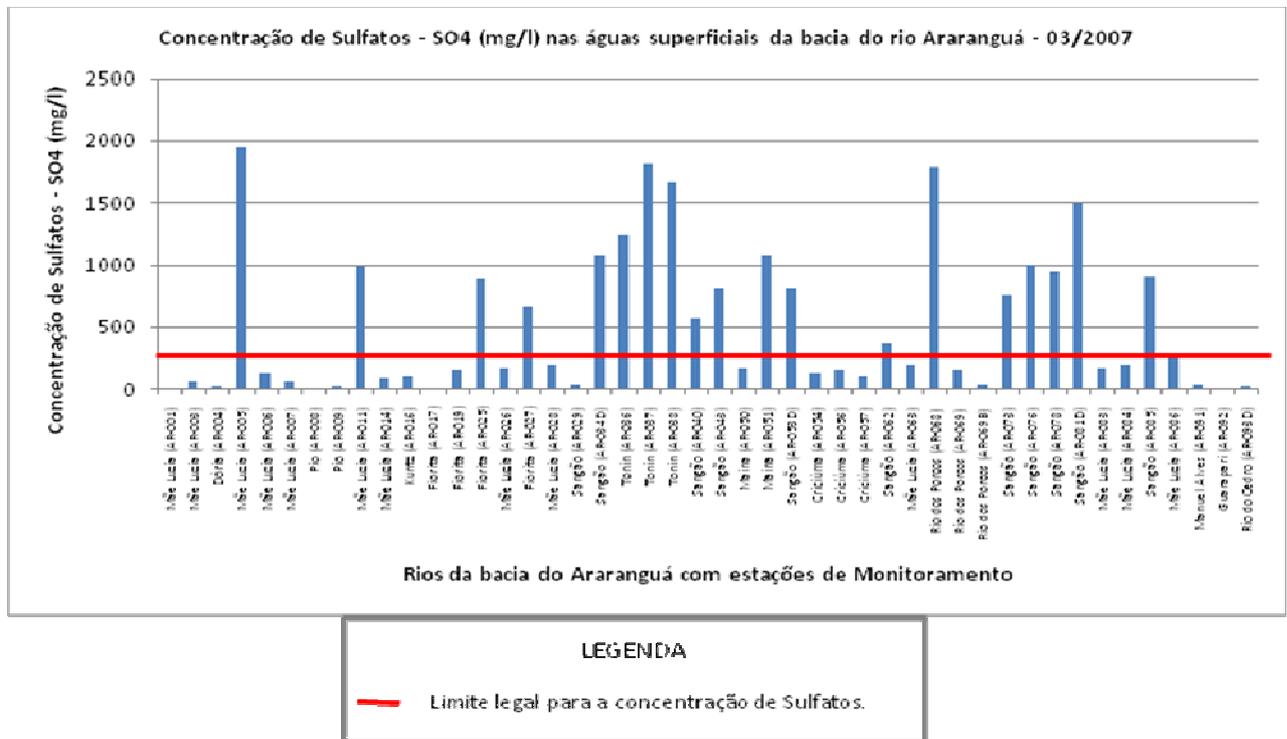
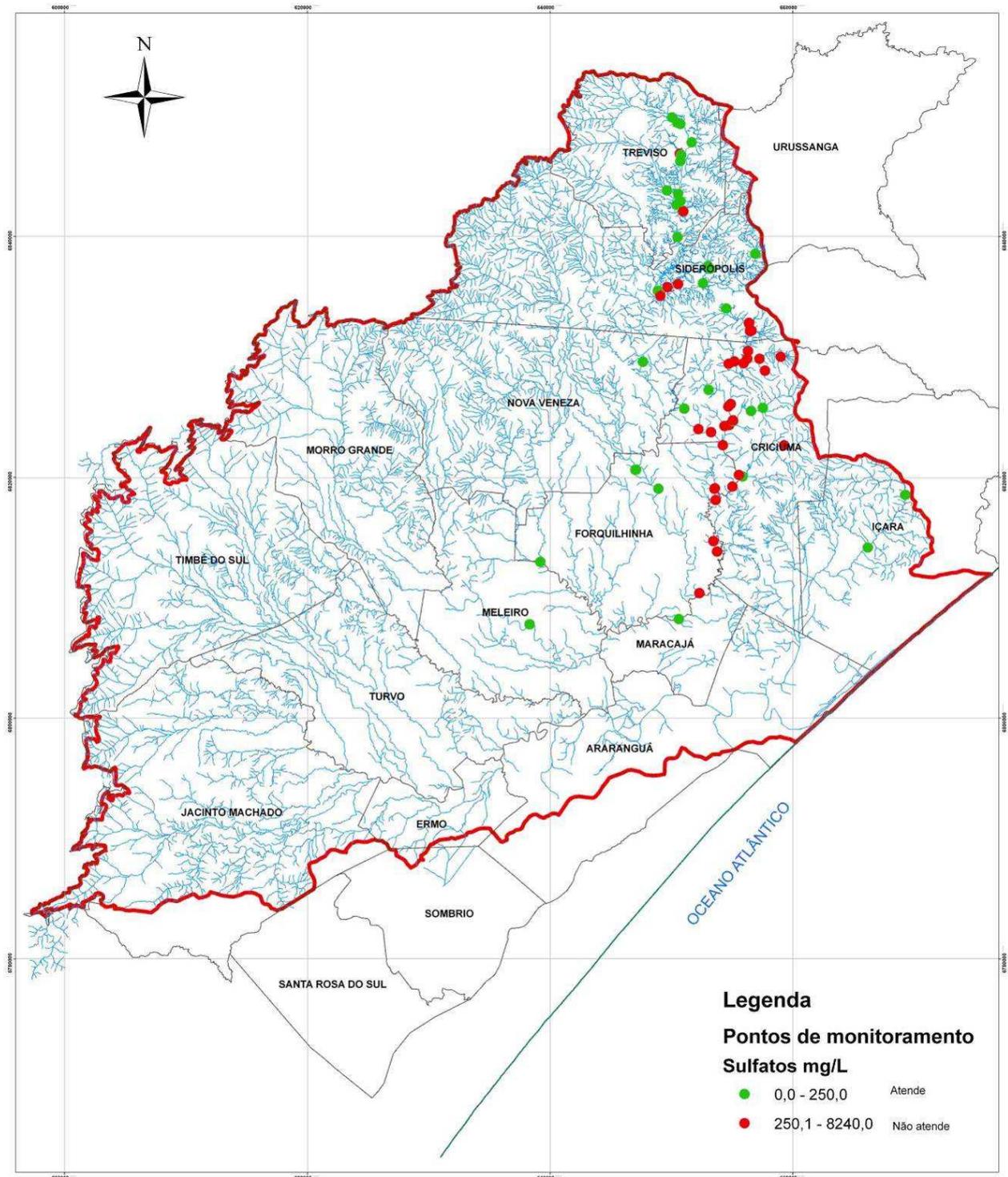


Figura 06: Concentração de Sulfatos (SO₄) nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Sulfatos



Fonte: BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. Segundo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais. Criciúma, jul. 2008. 192 p. Disponível em: http://www.prsc.mpf.gov.br/paginas_prms/index.php?arquivo=criciuma/indicadores/carvao_indicadores_ambientais.htm&prm=Criciúma.

Convenções

- Divisão municipal
- Bacia do rio Araranguá

7.750 3.875 0 Meters

Realização

COMITÊ de ITAJAÍ
AGÊNCIA DE ÁGUA

Apoio

unesco

Patrocínio

PETROBRAS
AMBIENTAL

Patrocínio

BR
PETROBRAS

GOVERNO FEDERAL

Elaborado por: Mariane Brognli Pazzetto

Figura 07: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Araranguá – parâmetro Sulfatos.

4.1.3- Parâmetro Ferro

A análise dos valores da concentração de ferro nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá demonstram ser este o parâmetro mais restritivo quanto ao uso destas águas atualmente na bacia. Tanto, que 100% das amostras coletadas apresentaram concentrações de ferro acima do valor legal permitido (0,3mg/l) por ambas as legislações consultadas, a Resolução Conama 357/2005 e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Esta situação é verificada pela análise do gráfico de concentração de ferro (figura 08) e do mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro ferro (figura 09) constantes a seguir.

Estes resultados demonstram o grande comprometimento das águas superficiais da bacia pela atividade de lavra e beneficiamento do carvão mineral. Porém, chama a atenção o fato de que rios que ficam fora das áreas ligadas a mineração de carvão também apresentaram concentrações de ferro em suas águas em valores acima do permitido pela legislação vigente. É o caso dos rios Manuel Alves, do Cedro e Guarapari. Tal fato pode estar relacionado a outros tipos de rochas que liberem ferro nas águas superficiais destes rios.

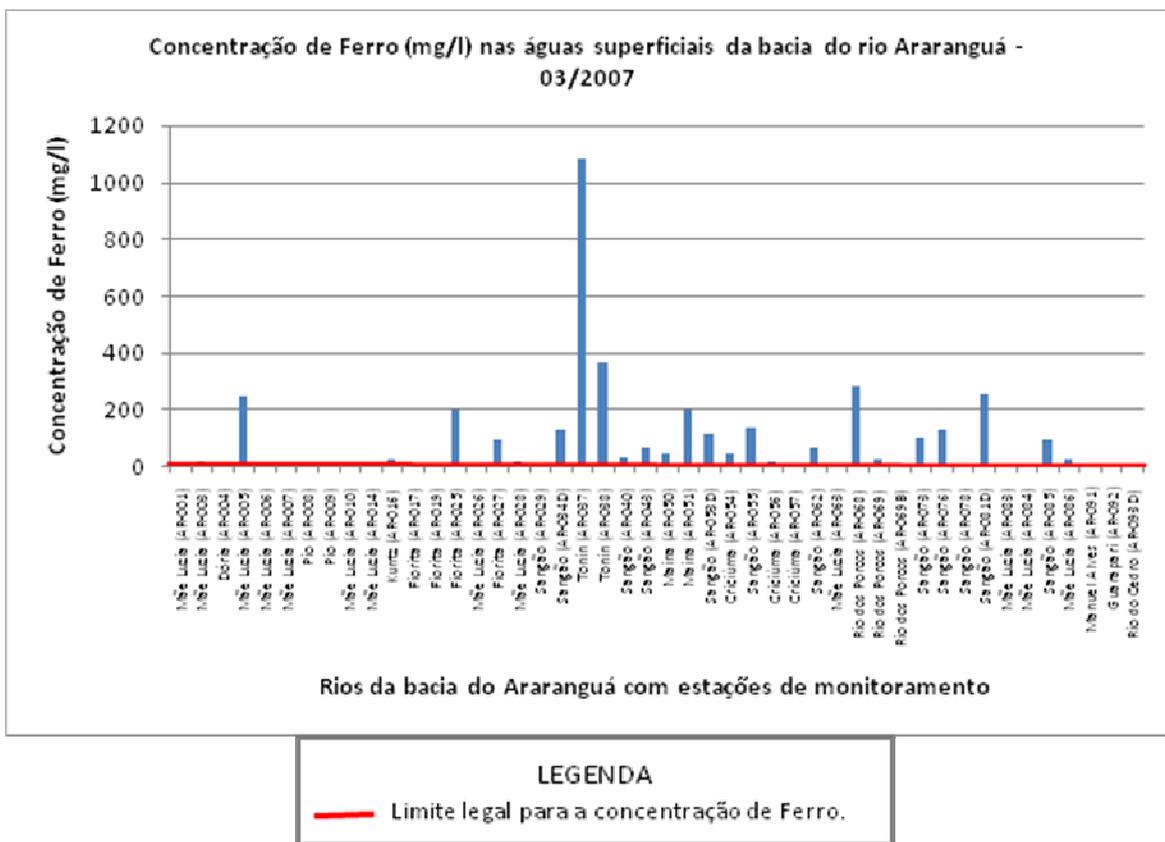


Figura 08: Concentração de Ferro nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Ferro

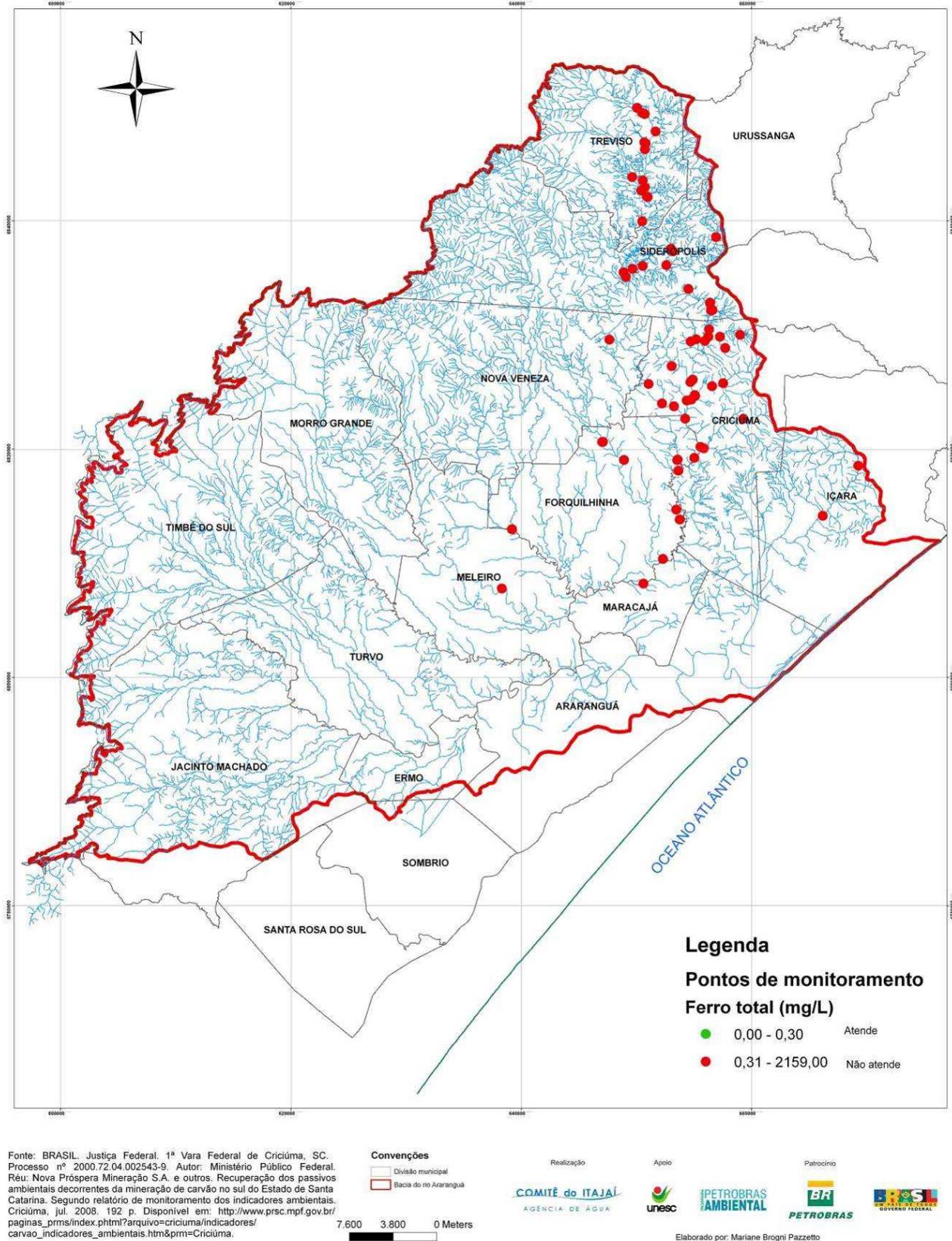


Figura 09: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Araranguá – parâmetro Ferro.

4.1.4- Parâmetro Manganês

A análise do gráfico da concentração de manganês nas águas superficiais da bacia do Araranguá (figura 10) permite verificar que a maioria dos rios da bacia apresentaram águas com concentrações de manganês acima do limite permitido pelas legislações consultadas, Resolução Conama 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

As estações que apresentaram concentração de manganês dentro dos limites permitidos pelas legislações consultadas ou nas quais este metal não foi detectado foram as estações AR-001 e 002 (cabeceiras do rio Mãe Luzia), AR-005B (rio Mãe Luzia), AR-008 e 009 (rio Pio), AR-017 (rio Fiorita), AR-057 (rio Criciúma), AR-069 e 069B (rio dos Porcos), AR-091 (rio Manuel Alves) AR-092 (rio Guarapari) e AR-093D (rio do Cedro), conforme pode ser verificado no mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro manganês (figura 11).

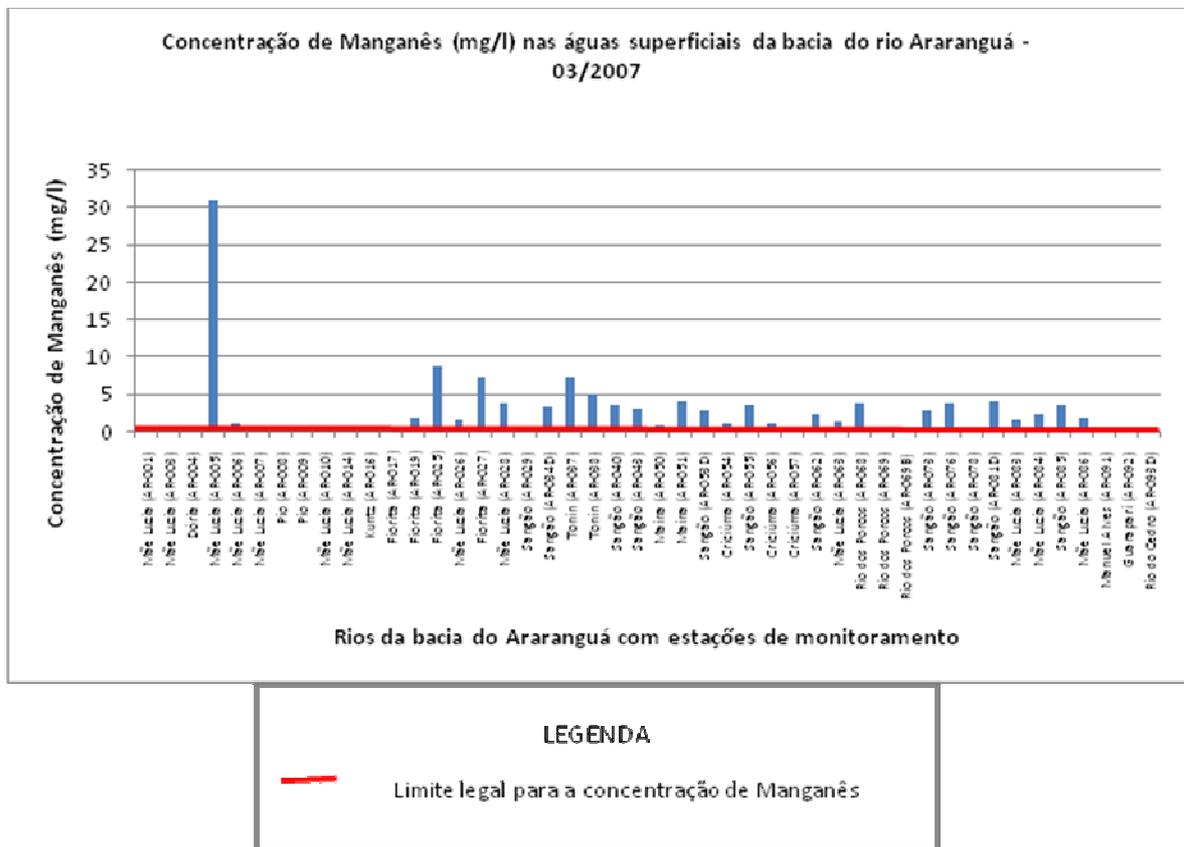


Figura 10: Concentração de Manganês nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Manganês

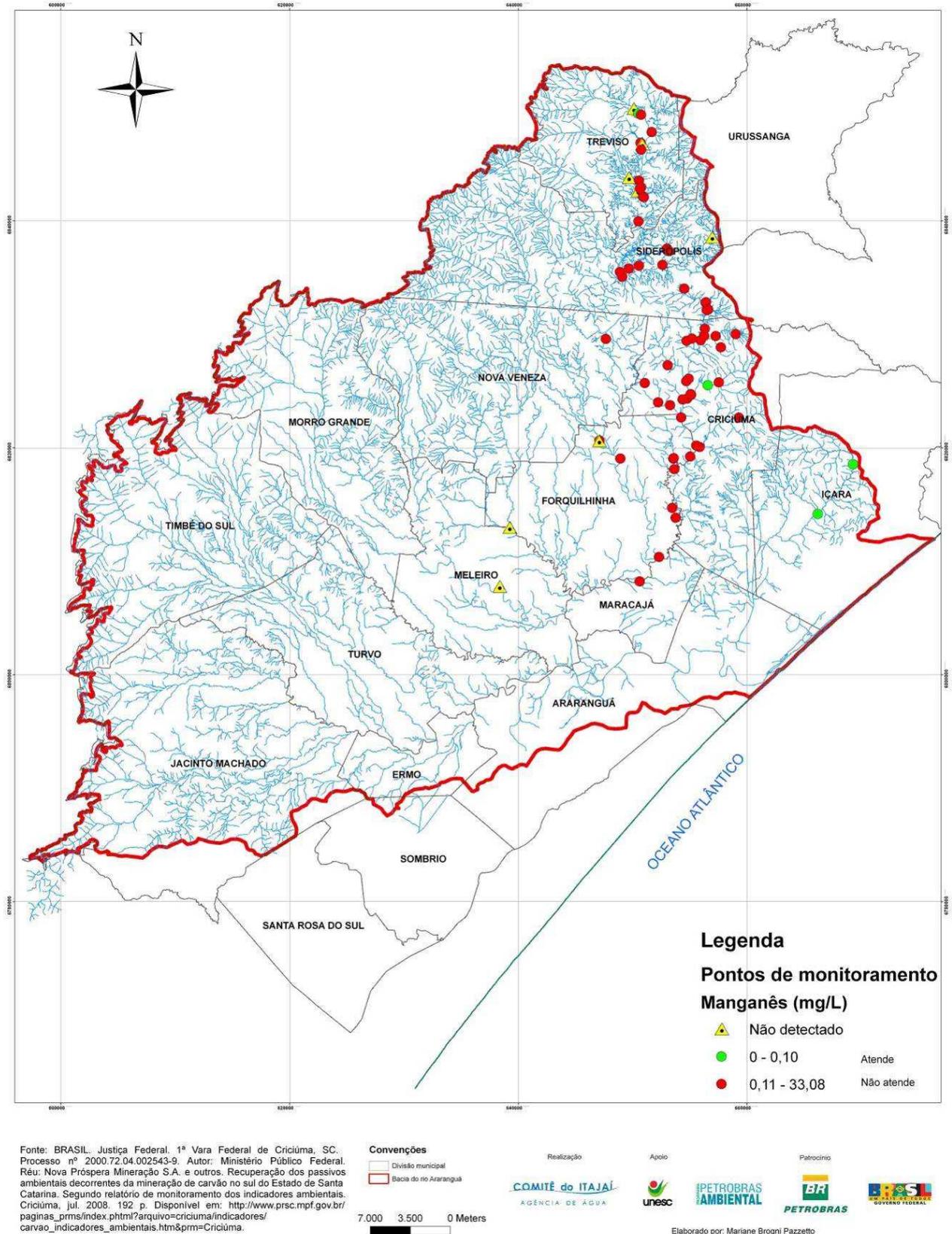


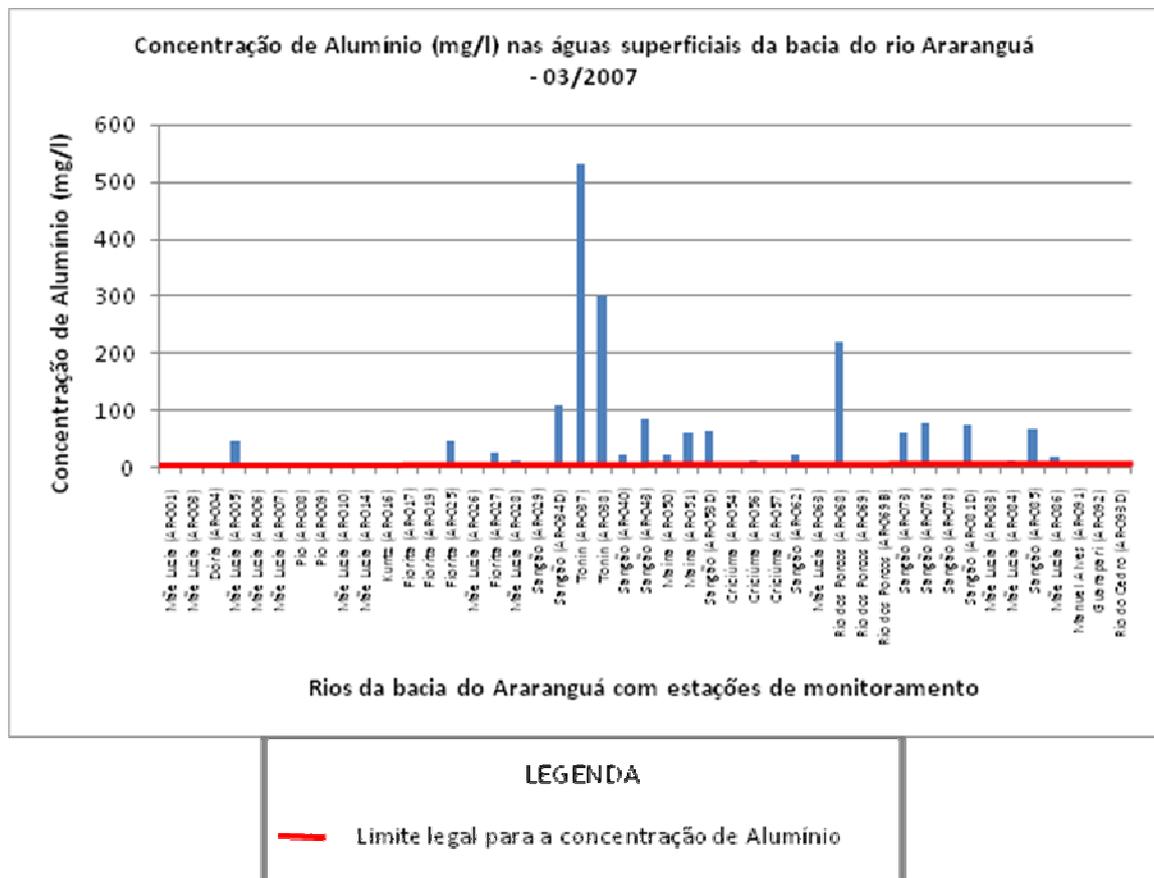
Figura 11: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Araranguá – parâmetro Manganês.

4.1.5- Parâmetro Alumínio

A análise dos valores de concentração de alumínio nas águas superficiais da bacia do rio Araranguá demonstrou o comprometimento destas águas pela presença deste metal em sua composição. A análise do gráfico da concentração de alumínio nas águas superficiais da bacia do Araranguá (figura 12) demonstra a grande concentração deste metal em vários pontos da bacia.

Os pontos que apresentaram concentrações de alumínio dentro do limite permitido ou nos quais este metal não foi detectado foram as estações AR-001 (cabeceras do rio Mãe Luzia), AR-004 (rio Dória), AR-008 (rio Pio), AR-017 (rio Fiorita), AR-029 (rio Sangão), AR-057 (rio Criciúma), AR-078 (rio Sangão), AR-091 (rio Manuel Alves) AR-092 (rio Guarapari) e AR-093D (rio do Cedro), conforme observa-se no mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro alumínio (figura 13). Deste modo, percebe-se que o alumínio é o segundo parâmetro mais restritivo à utilização das águas superficiais da bacia para fins mais nobres.

Da mesma forma, quando aumenta-se o limite de tolerância para a concentração de alumínio nas águas superficiais, neste caso de 0,1 mg/l (Resolução Conama) para 0,2 mg/l (Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde), percebe-se que não há alteração na situação diagnosticada.



Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Alumínio

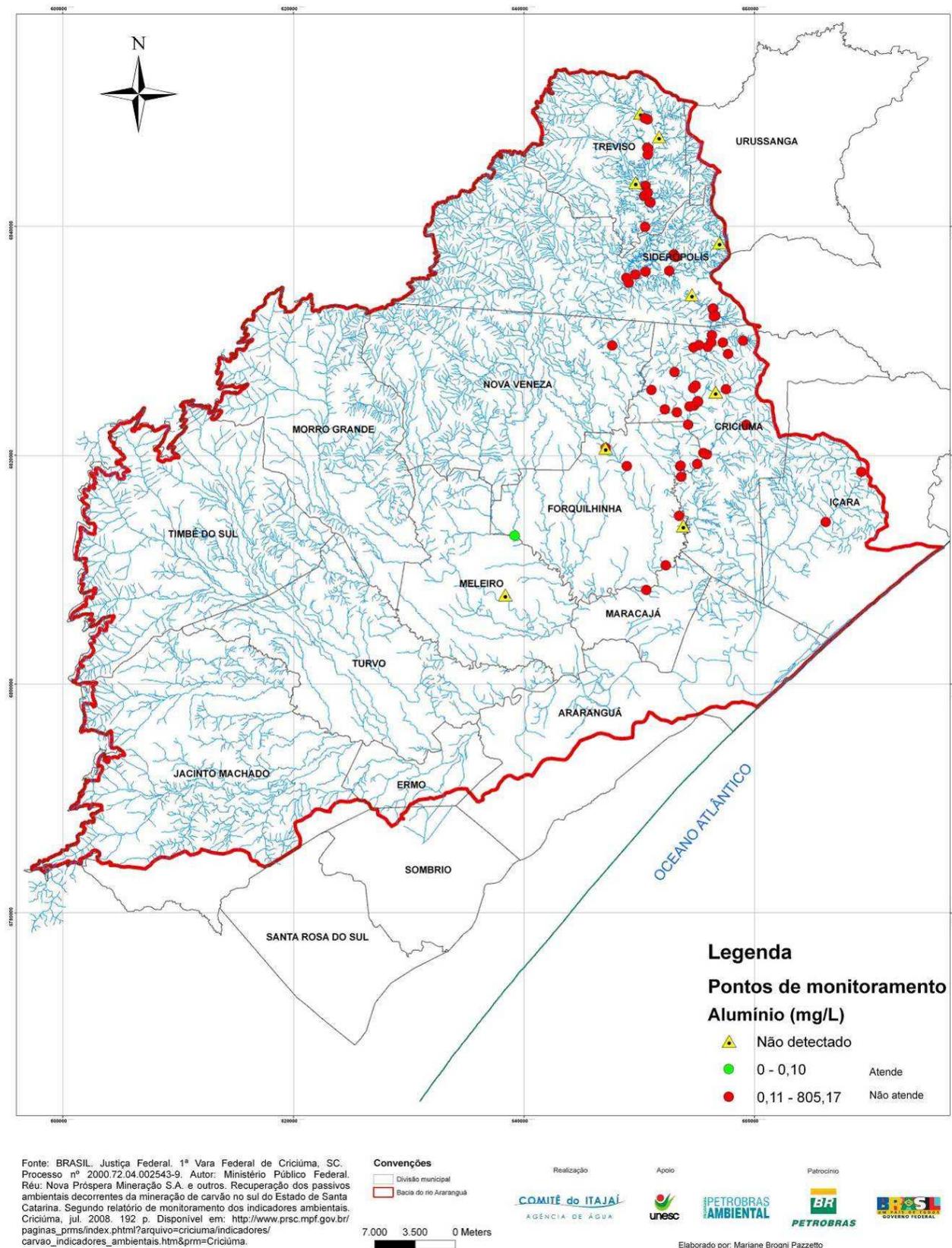


Figura 13: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Araranguá – parâmetro Alumínio.

No diagrama abaixo (figura 14) observa-se a situação atual da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá. Os rios que apresentam águas fora dos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente estão representados em cor vermelha. A cor amarela corresponde aos rios com águas de classe 3 segundo a Resolução Conama 357/2005. Por fim, a cor roxa corresponde a rios sem estações de monitoramento para o estudo considerado.

Pela análise do diagrama percebe-se que os rios Mãe Luzia, Sangão e dos Porcos, não possuem águas que se enquadram dentro dos padrões legais vigentes. Já os rios Manuel Alves, Guarapari e do Cedro apresentam águas classificadas como de classe 3 segundo a Resolução Conama 357/2005. Isso ocorre porque os teores de ferro encontrados nestas águas estão acima do padrão legal permitido (0,3mg/l) para águas de classes 1 e 2 segundo a Resolução Conama 357/2005, bem como a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde para águas destinadas ao consumo humano. Ou seja, os rios amostrados não possuem águas dentro dos padrões de qualidade exigidos para o consumo humano.

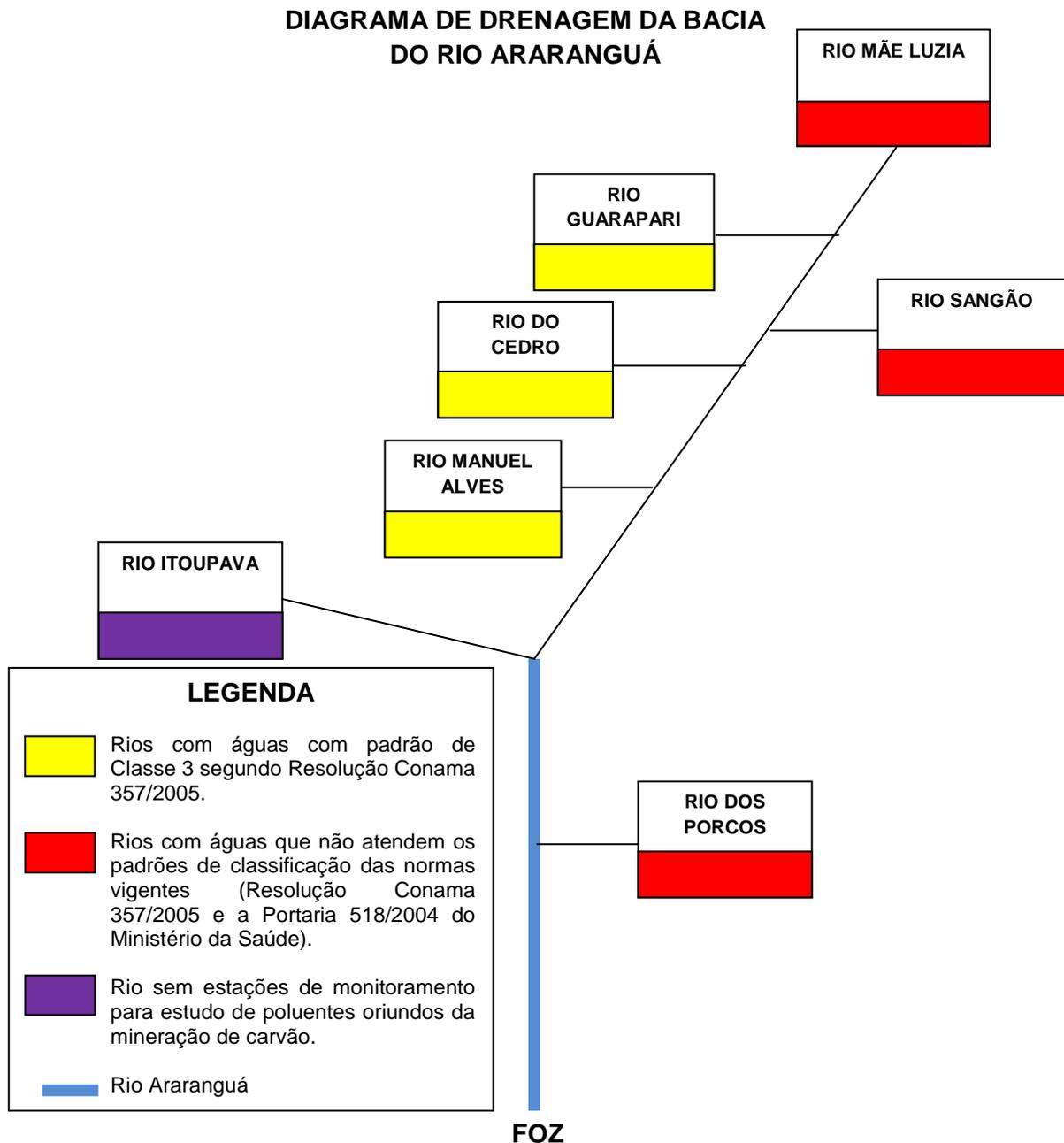


Figura 14: Diagrama da rede de drenagem da bacia do rio Araranguá. Autor: Adriano de Oliveira Dias.

Referências

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S. A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. Segundo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais. Criciúma, jul. 2008. 192p. Disponível em: http://www.prsc.mpf.gov.br/paginas_prms/index.phtml?arquivo=criciuma/indicadores/carvao_indicadores_ambientais.htm&prm=Criciúma.

BRASIL. **Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria nº 518 de 2004. Brasília: Ministério da Saúde.

CONAMA. **Resolução 357/2005**. Brasília: MMA.

SANTA CATARINA. 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: documento síntese**. Florianópolis, 1997b. v1. 217p.

_____. 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: usuários e fontes de poluição**. Florianópolis, 1997c. v5. 95p.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: 2006. v. 1. 141p.

Anexo II

BACIA HIDROGRAFICA DO RIO ARARANGUÁ - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLOGICO

Adriano de Oliveira Dias

Bolsista da Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí

1. Introdução

O presente trabalho pretende discutir a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas disponíveis na bacia do rio Araranguá. As águas subterrâneas são encontradas nos diferentes aquíferos presentes nas rochas que constituem os terrenos da bacia.

Um aquífero é uma formação rochosa que apresenta a capacidade de armazenar e transmitir água no seu interior. Para isso, a rocha precisa ter poros (espaços vazios) grandes e interconectados, uma vez que precisa conter e deixar passar água. Essa propriedade de poros grandes e interconectados é denominada permeabilidade ou condutividade hidráulica. Além disso, essa rocha permeável precisa de uma camada de rocha impermeável logo abaixo dela e de uma fonte de abastecimento de água (área de recarga) para ser considerada um aquífero.

Exemplos de tipos de rochas que podem ser consideradas bons aquíferos são arenitos, conglomerados, rochas cristalinas bastante fraturadas (quebradas), como basaltos e granitos. Contudo estas rochas devem estar sobrepostas a rochas menos permeáveis, como folhelhos argilosos, granitos pouco fraturados, siltitos, entre outros.

O diagnóstico preliminar da qualidade e da quantidade da água subterrânea da bacia hidrográfica do Araranguá baseia-se em três trabalhos. O primeiro deles - "Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do rio Araranguá", de 1997 – analisou mapas geológicos e geomorfológicos, na escala 1:100.000, compilados no âmbito do projeto Gerenciamento Costeiro do estado de Santa Catarina (Santa Catarina, 1997).

O segundo trabalho é Krebs (2004), que apresenta os resultados dos estudos geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos, das fontes de poluição e do cadastramento de pontos de água subterrânea da área correspondente à bacia hidrográfica do rio Araranguá. O terceiro trabalho é Krebs & Gomes (2005) que apresenta a caracterização hidroquímica das águas do aquífero Rio Bonito na região carbonífera de Santa Catarina.

Para a realização do diagnóstico qualitativo foram utilizados os dados de qualidade das águas subterrâneas disponíveis nos três trabalhos citados anteriormente. Para tanto, estes dados foram confrontados com a legislação vigente, neste diagnóstico representada pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de qualidade para águas destinadas ao consumo humano. O objetivo deste procedimento foi caracterizar a situação da qualidade atual das águas subterrâneas da bacia.

Por fim, procedeu-se o mapeamento dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Araranguá para os parâmetros pH, ferro e coliformes fecais, constatados como aqueles que representam maiores riscos a qualidade das águas subterrâneas da bacia.

2. Características geológicas da bacia do rio Araranguá

Na bacia hidrográfica do rio Araranguá afloram rochas sedimentares e vulcânicas, que formam a seqüência gonduânica da borda leste da bacia sedimentar do Paraná, além de sedimentos quaternários (SANTA CATARINA, 1997a). Rochas graníticas constituem o embasamento em que estão assentadas as rochas sedimentares. O quadro 01 a seguir mostra a coluna estratigráfica da bacia hidrográfica do rio Araranguá.

Quadro 01: Coluna estratigráfica da bacia hidrográfica do rio Araranguá

Idade	Unidade Litoestratigráfica			Descrição Litológica		
Período	Grupo	Subgrupo	Formação	Membro		
Quaternário						
Jurássico/Cretáceo	São Bento		Serra Geral			
			Botucatu			
Permiano	Passa Dois		Rio do Rasto			
			Estrada Nova*			
			Irati			
	Tubarão			Palermo		
				Rio Bonito	Siderópolis	
					Paraguaçu	
					Triunfo	
	Itararé		Rio do Sul			
Pré-Cambriano	Pedras Grandes					

Fonte: Adaptado de SANTA CATARINA (1997a:18)

* Denominado também de Formação Serra Geral.

As rochas sedimentares foram formadas há milhões de anos quando toda a região se constituía em uma grande área deprimida que recebia detritos depositados por diferentes agentes, como o mar, o vento, os rios e até gelo. Nesse tempo, América do Sul e África ainda eram unidas. Diferentes ambientes sucederam-se ao longo do tempo geológico e isso ficou registrado nos tipos de rochas sedimentares que existem na bacia do rio Araranguá. Cada formação geológica corresponde a um ambiente de sedimentação.

Sobre as rochas do embasamento, os granitos, começaram a ser depositados sedimentos oriundos da ação do gelo e do mar, numa época em que a região estava sob influência de uma glaciação, há aproximadamente 280 milhões anos (Período Permiano). Estes materiais depositados formaram posteriormente os arenitos, conglomerados, ritmitos da Formação Rio do Sul.

Em seguida a região sofreu um avanço do mar, o que fez com que fossem depositados areias, lamas em ambiente litorâneo, em deltas de rios e lagoas costeiras, formando com o tempo, rochas como os arenitos, folhelhos carbonosos, lentes de carvão, siltitos, entre outras, constituindo a Formação Rio Bonito. Uma deposição de sedimentos finos em condição de mar raso levou à formação de rochas como silito, arenitos, ambos com presença de carbonatos. Estas rochas foram inseridas dentro da Formação Palermo. Ainda em ambiente marinho, foram depositados posteriormente sedimentos lamosos com muita matéria orgânica que constituíram siltitos e folhelhos com lentes de calcáreo, inseridos na Formação Irati.

As formações geológicas Serra Alta/Estrada Nova e Teresina também apresentam rochas sedimentares geradas pela deposição de sedimentos em ambiente de mar raso, constituindo, com o passar do tempo geológico, rochas como folhelhos, siltitos, arenitos e calcáreos na forma de lentes e concreções. Um recuo do nível do mar na região modificou o regime de sedimentação, com sedimentos com influência marinha na sua base e de influência continental em clima tendendo a seco no topo do pacote sedimentar, constituindo a Formação Rio do Rasto. As rochas formadas foram siltitos, folhelhos e arenitos.

Um clima árido (desértico) passou a dominar na região há cerca de 200 milhões de anos, o que fez com que os sedimentos fossem depositados basicamente pelo vento e em menor proporção por rios temporários, criando arenitos com grãos grosseiros e com laminações que indicam diferentes direções do vento. Este arenito constitui a Formação Botucatu.

Há cerca de 135 milhões de anos, quando ainda dominava um clima árido, a região foi afetada por intenso vulcanismo que gerou um derrame de lavas basálticas sobre as dunas do deserto. As lavas saíram por grandes fissuras no terreno e recobriram uma grande área em diferentes episódios de erupção, formando uma sucessão de derrames basálticos. A lava também preencheu fraturas nas rochas sedimentares formadas anteriormente, formando intrusões na forma de diques (magma cortando as camadas sedimentares) e sills (magma inserido entre as camadas sedimentares). Este episódio de vulcanismo originou a Formação Serra Geral.

Mais recentemente, há cerca de 65 milhões de anos, os terrenos da região foram soerguidos, e o processo de sedimentação deu lugar ao de intemperismo e erosão. No Período Quaternário, que engloba de um milhão e oitocentos mil anos atrás até os dias atuais, ocorreu e ainda ocorre o intemperismo e a erosão das rochas sedimentares soerguidas e a produção de novos sedimentos que se depositam nas áreas baixas do relevo. Estes sedimentos são produto do intemperismo das rochas e remoção e transporte por ação dos rios e das chuvas, dos deslizamentos nas encostas, e, junto ao litoral, da ação do mar e do vento, formando materiais não coesos, com vários tamanhos de grãos, como areias, lamas, colúvios (mistura de areias, argilas, siltes e outros) depositados em planícies fluviais, base de encostas, dunas, praias.

O estudo SANTA CATARINA (1997a) analisou e hierarquizou as diferentes unidades geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Araranguá quanto à sua maior ou menor capacidade de armazenamento de água e concluiu que no domínio das rochas sedimentares (formações Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta/Estrada Nova, Rio do Rasto e Botucatu), bem como dos sedimentos quaternários (aluvionares, coluvionares, lagunares, turfáceos, marinhos e eólicos), o armazenamento é controlado pelo maior ou menor grau de

permeabilidade das rochas e sedimentos. Desta forma, quanto mais arenosa (mais permeável) for a rocha, maiores as condições de armazenamento de água. No domínio de rochas cristalinas (graníticas, diabásicas e basálticas), o armazenamento é feito, principalmente, por meio de sistemas de fraturas abertas que atravessam essas rochas.

3. Caracterização dos aquíferos

3.1 Aquíferos: conceitos e classificação

Um **aquífero** é uma formação rochosa que apresenta a capacidade de armazenar e transmitir água no seu interior. Para que a rocha possa armazenar água ela precisa ter poros (espaços vazios) e esta propriedade é denominada **porosidade** . Para que a rocha possa transmitir água ela precisa ter poros grandes e interconectados e esta propriedade é denominada **permeabilidade** ou condutividade hidráulica.

Além disso, a rocha porosa e permeável precisa de uma camada de rocha impermeável logo abaixo dela e de uma fonte de abastecimento de água (área de recarga) para ser considerada um aquífero.

Exemplos de tipos de rochas que podem ser consideradas bons aquíferos são: arenitos e conglomerados (rochas sedimentares), basaltos, diabásios e granitos (rochas ígneas ou cristalinas) bastante fraturadas (quebradas). Contudo estas rochas devem estar sobrepostas a rochas menos permeáveis, como folhelhos argilosos e siltitos (rochas sedimentares), ou granitos pouco fraturados (rochas ígneas ou cristalinas), entre outros.

Sant'ana (2008) destaca que nem todas as rochas possuem a mesma facilidade para transmitir e proporcionar água em quantidades economicamente viáveis. De modo geral, os aquíferos mais freqüentes são formados por depósitos inconsolidados de origens distintas (fluvial, eólica), devido às suas boas condições de recarga (porosidade e permeabilidade) e pouca profundidade piezométrica.

Os aquíferos podem ser **classificados em relação à porosidade** . Conforme Sant'ana (2008), as rochas sedimentares clásticas constituem **aquíferos de meio poroso** , como por exemplo os arenitos, que são bons armazenadores e transmissores de água. Já as rochas ígneas e metamórficas constituem **aquíferos de meio fraturado ou fissurado** , sendo difícil avaliar se tais formações rochosas constituem bons aquíferos (SANT'ANA, 2008:65).

De acordo com o mesmo autor os aquíferos também podem ser **classificados com relação à pressão hidrostática** . Desta forma tem-se **aquíferos confinados, semi-confinados e livres** . Para Sant'ana (2008:66) os aquíferos confinados são aqueles em que "a água se encontra sob pressão e sobreposta por uma camada confinante, onde sua saturação é máxima. A pressão no topo do aquífero é maior que a pressão atmosférica".

Conforme Krebs (2004, *apud* Sant'ana 2008) os aquíferos confinados compreendem dois tipos: **aquífero confinado não-drenante** , cujas camadas confinantes, superior e inferior, são impermeáveis; e **aquífero confinado drenante** , que possui uma das camadas limítrofes semi-permeável, o que favorece a entrada ou saída de fluxos pelo topo ou pela base.

Por fim, os aquíferos livres, também chamados de freático ou não-confinado, são aqueles cujo limite superior é uma superfície freática e que está em contato direto com o ar, sob a mesma pressão atmosférica (KREBS 2004, *apud* SANT'ANA 2008). Nesses, geralmente, a água é livre para subir ou descer.

3.2 Sistemas aquíferos ocorrentes na BHRA

Segundo Santa Catarina (1997a), as rochas vulcânicas basálticas presentes na bacia do rio Araranguá apresentam aquíferos do tipo fraturados, enquanto as rochas sedimentares e sedimentos quaternários constituem os aquíferos porosos.

3.2.1 Aquíferos porosos relacionados às formações sedimentares da bacia sedimentar do Paraná

Os arenitos, siltitos e folhelhos argilosos relacionados às formações Rio do Sul, Palermo, Irati, Serra Alta/Estrada Nova e Rio do Rasto formam um conjunto de aquíferos com pequena potencialidade aquífera devido à baixa permeabilidade.

Ao descrever estes aquíferos, Krebs (2004:281), destaca que:

o sistema aquífero constituído pelas principais formações geológicas sedimentares é composto por um pacote de rochas sedimentares predominantemente argilosas cuja espessura alcança 350m em alguns locais. Tais rochas afloram de maneira contínua ao longo do vale rio Mãe Luzia e tributários, desde as proximidades do limite noroeste da bacia até o vale do rio dos Porcos, a sudeste, já próximo ao litoral. À medida que se dirige para o centro da bacia, são encobertas pelos depósitos de leques aluviais ou afloram em áreas declivosas onde não atuam como unidade aquífera. Devido à alternância de camadas argilosas impermeáveis, ocorrem múltiplos aquíferos confinados.

Para proceder à delimitação das áreas mais promissoras, Santa Catarina (1997a) considerou o posicionamento da captação em relação às zonas de recarga-circulação-descarga. Paralelamente foram considerados os valores de vazão de capacidade específica de todos os poços que possuíam laudos. Desta forma, concluiu-se que as áreas mais promissoras situam-se na porção oeste na região de Jacinto Machado e Meleiro, em que as declividades são altas e as velocidades de circulação elevadas, além de terem uma ótima contribuição de recarga, a partir do arenito Botucatu sobreposto.

3.2.1.1 Sistema aquífero relacionado às formações Rio do Rasto e Botucatu (sistema aquífero Guarani)

Este sistema aquífero ocorre na porção centro sudeste da bacia do rio Araranguá. Nas demais áreas da bacia, as rochas que o constituem ocorrem em cotas topográficas elevadas, posicionadas na escarpa da Serra Geral ou nas encostas de morros. Desta forma, tais rochas não atuam como unidades aquíferas. Ao descrever o aquífero, Krebs (2004:291), destaca que:

este sistema aquífero, atualmente denominado Aquífero Guarani, é considerado a maior reserva de água subterrânea do Brasil. Na área desta bacia, as rochas areníticas que ocorrem no terço superior da Formação Rio do Rasto, são as litologias mais importantes do ponto de vista hidrogeológico. As rochas areníticas da Formação Botucatu geralmente posicionam-se em locais topograficamente desfavoráveis à captação de água, com exceção de uma pequena porção situada nas proximidades da cidade de Jacinto Machado.

Quanto ao regime de fluxo, a natureza arenosa das rochas deste aquífero aliada a sua distribuição em área indicam tratar-se de um aquífero com porosidade intergranular, extenso, livre ou confinado. Quando suas litologias são afetadas por falhas, pode atuar como aquífero com porosidade intergranular, extenso, fraturado.

Com relação à recarga, Krebs (2004) destaca que esta pode ocorrer de duas maneiras: nas áreas de afloramento, se processa de maneira direta a partir das precipitações. Constatou-se que a recarga ocorre também, a partir da infiltração dos leques aluviais (depósitos colúvio-aluvionares) que recobrem as rochas deste sistema pela conexão entre os cursos d'água e este aquífero em zonas de falhas distensionais.

Os valores de pH das águas desse sistema aquífero variam de levemente ácidos a levemente básicos, com um valor médio de 7. O ferro total é o parâmetro mais restritivo para utilização destas águas para fins de abastecimento humano. Com relação à possibilidade de

utilização destas águas para irrigação, os estudos realizados demonstraram que 84% das amostras indicaram baixa salinidade e baixos teores de sódio, podendo ser estas águas utilizadas na irrigação sem apresentarem nenhum risco para as plantas e para o solo (KREBS, 2004:295).

Para calcular a potencialidade deste aquífero, Santa Catarina (1997a) considerou como área de descarga somente a área situada próxima a Jacinto Machado, com 1.000 ha. Já no restante de sua área de afloramento, por causa de seu posicionamento no topo ou nas encostas superiores dos morros, este sistema se comporta como área de recarga dos aquíferos subjacentes. A vazão específica média no arenito Botucatu é, geralmente, superior a 20%, segundo Cederstrom (1964 *apud* SANTA CATARINA, 1997a). Considerando-se uma área de 1 ha e uma espessura de camada saturada de 10m ter-se-á: $10.000 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} \times 20\% = 20.000 \text{ m}^3$, e para a área total ter-se-á $1.000 \times 20.000 = 20.000.000 \text{ m}^3$ de água disponível (SANTA CATARINA, 1997a:39).

Segundo Krebs (2004) este sistema aquífero apresenta vulnerabilidade natural que varia de baixa à extrema. No município de Jacinto Machado tem-se área com vulnerabilidade natural extrema, composta por rochas areníticas de alta permeabilidade. Estas rochas afloram na planície costeira na mesma cota dos depósitos de leques aluviais com uso do solo destinado em grande parte à agricultura, principalmente a rizicultura.

Nas rochas da Formação Rio do Rasto, a principal área aquífera situa-se na porção compreendida entre os municípios de Jacinto Machado, Turvo e Ermo. Nesta área foram perfurados poços com vazões que variam de $12 \text{ m}^3/\text{h}$ até $20 \text{ m}^3/\text{h}$. A área de recarga deste aquífero está relacionada às encostas dos platôs, onde afloram rochas basálticas da Formação Serra Geral, as rochas areníticas da Formação Botucatu e, também, aos depósitos coluvionares, que recobrem as rochas da Formação Rio do Rasto nas porções mais baixas (SANTA CATARINA, 1997a:34).

Segundo Santa Catarina (1997a), considerando-se uma área total de 1.000 ha, situada entre Jacinto Machado, Turvo e Ermo, e considerando-se uma vazão específica de 15%, e admitindo-se que as camadas saturadas somem 3 m de espessura na Formação Rio do Rasto, ter-se-ia $4.500.000 \text{ m}^3$ de água para captação. Com relação à qualidade da água, análises feitas em alguns poços que alcançam as rochas dessa formação apresentaram teor de ferro e de coliformes fecais fora dos padrões recomendados.

3.2.1.2 Aquífero poroso relacionado à Formação Estrada Nova (Serra Alta)

Conforme Santa Catarina (1997a), os aquíferos relacionados à Formação Estrada Nova (Serra Alta) apresentam baixa potencialidade. Isso ocorre devido ao fato de estes aquíferos estarem relacionados às delgadas camadas de arenito fino, que se intercalam numa espessa seqüência rítmica de siltitos e folhelhos, muito laminados e físeis, de cores cinza-chumbo e preto. Um poço com 80 m de profundidade, perfurado totalmente nesta formação, apresentou vazão de $6 \text{ m}^3/\text{h}$, outro com 152 m de profundidade, atravessando rochas desta formação e da Formação Palermo, apresentou vazão de $26 \text{ m}^3/\text{h}$ e ainda um outro com 168 m de profundidade, situado em área de circulação, apresentou vazão de $5 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.2.1.3 Aquífero poroso relacionado à Formação Irati

Os estudos realizados por Santa Catarina (1997a) destacam que a Formação Irati está bem representada na região próxima à Nova Veneza, onde é parcialmente intrudida por uma extensa intrusão de diabásio. Esta formação apresenta baixa potencialidade como aquífero, por suas rochas - siltitos e folhelhos - serem pouco permeáveis. O único intervalo que pode comportar-se como aquífero fraco é uma intercalação de calcário impuro, com aspecto brechóide (estrutura de rocha com o aspecto de uma brecha – fragmentos de rochas angulosos ligados por um cimento natural), que ocorre no terço superior da formação.

3.2.1.4 Aquífero poroso relacionado à Formação Palermo

Ao descrever a Formação Palermo, Krebs (2004) destaca que esta é composta de ritmitos – rocha sedimentar bem estratificada, com intercalação de lâminas arenosas claras e siltico-argilosas escuras cinza e cinza-esverdeado – depositadas no início de uma transgressão marinha e com intenso retrabalhamento por ondas. Na base da Formação Palermo há uma maior percentagem de areia, correspondente à fase inicial desta transgressão e da base para o topo há um aumento da fração argilosa.

De acordo com Santa Catarina (1997a), a Formação Palermo apresenta uma área de maior potencialidade aquífera situada nas proximidades das encostas dos morros Esteves e Albino, no município de Criciúma. Neste local, a formação apresenta média de 92 m de espessura e está pouco afetada tectonicamente. As camadas possuem direção NE com mergulho de 5° para NW. Os estudos demonstram que, na região da Quarta Linha, ocorre pequeno arqueamento, que confere a essa área características de reservatório. A alimentação deste aquífero é realizada por infiltração direta, a partir das precipitações, e pela drenagem do aquífero fraturado, que recobre os referidos morros.

Conforme Santa Catarina (1997a) a capacidade de vazão deste aquífero é variável. Um poço perfurado totalmente nesta formação apresentou vazão de 9 m³/h. Os demais poços perfurados no aquífero, que atingiram também o aquífero subjacente da Formação Rio Bonito apresentam vazões superiores, que variam de 9 m³ a 25 m³/h. Com relação à qualidade da água, os dados obtidos nos estudos mostram que o pH era levemente ácido e os teores de ferro e coliformes fecais estavam acima do recomendado.

3.2.1.5 Aquífero poroso relacionado à Formação Rio Bonito

O sistema aquífero relacionado ao terço superior da Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis) constitui o mais importante sistema aquífero sedimentar da bacia do rio Araranguá. Segundo Krebs (2004), a área de afloramento da Formação Rio Bonito situa-se na porção norte e leste da bacia do rio Araranguá, ocupando parte da área dos municípios de Criciúma, Siderópolis e Treviso.

Segundo o autor o aquífero é extenso e possui porosidade intergranular devido às características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área. Em áreas em que as camadas areníticas afloram, comporta-se geralmente como aquífero livre e extenso. Nas áreas em que as camadas de arenito são capeadas por camadas de siltitos ou carvão, ou ainda onde são recobertas 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. As áreas de recarga desse aquífero estão situadas nas encostas da Serra Geral e nos morros da região (Montanhão e outros).

Krebs (2004) destaca que as águas do aquífero Rio Bonito possuem grande variação composicional. Constatou-se que 48,5% das amostras estudadas foram classificadas como águas sulfatadas ou cloretadas sódicas; 24,2%, como águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas; 18,2%, como águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas; e 9,1%, como águas bicarbonatadas sódicas. Na área da Vila Funil em Siderópolis, um poço apresentou água de péssima qualidade, com baixos valores de pH e altos valores de acidez total, ferro total e sulfatos, o que demonstra o comprometimento da qualidade do intervalo aquífero neste local.

Krebs (2004) destaca que em diversos locais da bacia carbonífera ocorre conexão vertical do aquífero freático com os intervalos aquíferos profundos. Esta mistura com as águas do aquífero freático resulta tipos intermediários de composição cloretada-bicarbonatada-cálcico-sódica, enriquecidos com cloreto, sulfato, sódio, cálcio e magnésio. O referido autor observou também

que as águas subterrâneas do aquífero Rio Bonito são muito semelhantes às águas do rio Mãe Luzia na sua área de montante antes de ele ser influenciado pelas atividades de lavra e de beneficiamento de carvão.

Krebs & Gomes (2005) ao avaliarem a influência das diferentes fontes de poluição, identificadas nesta bacia hidrográfica, na qualidade da água do aquífero analisaram os parâmetros: ferro, manganês, alumínio, coliformes fecais e totais, sulfato e cálcio. No caso da área da Vila Funil, Leão et al. (2001), analisaram os seguintes elementos e metais pesados: alumínio, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio, zinco, sulfatos, fluoretos, sólidos totais e sílica solúvel.

Com relação ao alumínio, verificou-se que os valores encontrados estão de acordo com os padrões da Organização Mundial da Saúde (OMS), que são de 0,2 mg/l. Somente um poço-ponteira em Criciúma apresentou valor de 0,40 mg/l de Al e um poço escavado em Içara, de 3,20 mg/l de Al. No caso da área da Vila Funil, constatou-se que somente um ponto apresentou valores baixos dentro dos padrões da OMS, (<0,1 mg/l de Al). As águas de todos os demais pontos apresentaram valores muito altos. Alguns pontos analisados apresentaram valores de 340 mg/l de Al, 420 mg/l de Al e 508 mg/l de Al, respectivamente. Quanto ao cádmio, considerando-se os padrões da OMS (0,005 mg/l de Cd), todos os valores detectados estão acima (0,01 a 0,03 mg/l de Cd) (KREBS & GOMES, 2005).

O chumbo apresentou concentrações acima dos limites permitidos pela legislação vigente, a Resolução Conama nº 357 de 2005 e a Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde que estabelecem como limite máximo para concentração de chumbo em águas destinadas ao consumo humano o valor de 0,01mg/l de chumbo (Pb). Verificou-se que nos locais em que existem pilhas de rejeito sobre as rochas areníticas os teores ultrapassam 0,05 mg/l de Pb, com valores que variam entre 0,26 mg/l de Pb, 0,23 mg/l de Pb, 0,20 mg/l de Pb e 0,48 mg/l de Pb, respectivamente. Com relação ao cobre, verificou-se que todos os valores encontrados estão abaixo do padrão estabelecido pela OMS, que é de 1,0 mg/l de cobre. Os valores mais elevados estão relacionados às áreas onde há disposição de rejeito (KREBS & GOMES, 2005).

Os teores de zinco nas áreas onde as rochas areníticas estão capeadas por rejeitos piritosos foram altos, com valores de 0,1 mg/l, 5,60 mg/l, 17,60 mg/l e 8,40 mg/l de zinco. Tais valores ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação vigente, neste caso a Resolução Conama nº 357 de 2005, que estabelece para águas de Classes 1 e 2, um limite máximo de 0,18 mg/l de zinco e a Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde que estabelece um limite máximo de 5 mg/l de zinco em águas destinadas ao consumo humano (KREBS & GOMES, 2005).

O comportamento dos teores de ferro total neste sistema aquífero é bastante variável nos três municípios citados, demonstrando valores extremos entre os municípios de Criciúma e Siderópolis, com valores de 0,02 mg/l e 2040 mg/l. Deste modo, há amostras coletadas que apresentam concentrações de ferro acima do permitido pela legislação vigente, neste caso a Resolução Conama nº 357 de 2005 e a Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde que estabelecem um limite máximo de 0,3 mg/l de ferro para águas destinadas ao consumo humano. Com relação às concentrações de sulfato, os valores estão em alguns pontos muito acima (41 vezes) dos valores estabelecidos pela portaria do Ministério da Saúde (KREBS & GOMES, 2005).

Krebs (2004) destaca que a potencialidade aquífera deste lençol d'água é muito variável e depende de uma série de fatores tanto de ordem geológica e geomorfológica como de fatores climatológicos e antrópicos. O trabalho de cadastramento de pontos de água demonstrou que os poços tubulares profundos construídos neste sistema aquífero apresentam vazões que variam de 1 m³/h até 20 m³/h, com um valor médio de 6,71 m³/h.

O cadastramento dos poços realizado por Santa Catarina (1997a) indicou que na região da Quarta Linha em Criciúma, as vazões variam de 15 m³/h a 20 m³/h. Na região situada junto à BR 101, próximo à Cerâmica Portinari, um poço apresentou vazão de 10 m³/h. Nesta mesma região, outros poços com 152 m e 128 m de profundidade apresentaram vazões de 3 m³/h e 6 m³/h respectivamente. Pelo exposto, constata-se que é bastante difícil estabelecer-se uma avaliação

precisa a respeito da potencialidade aquífera e qualidade das águas contidas na Formação Rio Bonito.

De qualquer forma, desconsiderando os fatores citados, Santa Catarina (1997a) fez uma avaliação hipotética da potencialidade deste aquífero. Para tanto, considerou uma vazão específica de 20%, uma espessura de camada arenosa saturada de 20 m e uma área de 1 ha, onde temos: $10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 20\% = 40.000 \text{ m}^3$. Considerando-se, agora, a área compreendida no alto curso do rio Mãe Luzia, com 420 ha, o que corresponde a: $420 \times 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 20\% = 16.800.000 \text{ m}^3$ de água disponível. Na região compreendida entre Siderópolis e Treviso, tem-se uma área de 3.840 ha, que corresponde à área de afloramento da Formação Rio Bonito, onde as águas do referido aquífero podem estar contaminadas. Isto corresponde a: $3.840 \times 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 20\% = 153.600.000 \text{ m}^3$ de água. Já na região de São Simão, em uma área de 1.625 ha, as atividades mineiras também podem ter comprometido a qualidade das águas, correspondendo a $1.625 \times 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 20\% = 65.000.000 \text{ m}^3$ de água. Em São Marcos-Rio Maina (4.750 ha), nas proximidades de Criciúma, onde aflora a Formação Rio Bonito, pode ter havido contaminação das águas pelas atividades de mineração, correspondendo a $4.750 \times 10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} \times 20\% = 190.000.000 \text{ m}^3$ de água (SANTA CATARINA 1997a:38).

3.2.1.6 Sistema aquífero relacionado à Formação Rio do Sul

Conforme Krebs (2004:230), as rochas sedimentares da Formação Rio do Sul não afloram na área da bacia do rio Araranguá, mas há possibilidade de abertura de poços que ultrapassem as formações geológicas que estão acima delas. Este autor comenta que a seqüência de base dessa formação é constituída por conglomerados e diamictitos de cor cinza-escuro, com matriz arenosa mal classificada, e no topo de seu terço inferior, ocorre geralmente um pacote de arenitos cinza-esbranquiçado, de granulometria fina à média, quartzo-feldspáticos, porosos e permeáveis, sendo que todas estas rochas podem se comportar como aquíferos.

A espessura média desta formação obtida por furos de sondagem junto à cidade de Treviso variou de 36 a 88 m, com espessura média de 55 m. Conforme Krebs (2004), devido as suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, conclui-se que este aquífero possui porosidade intergranular, é extenso e 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 por Krebs (2004) permitem verificar 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) (KREBS, 2004:234-5).

A vulnerabilidade natural deste aquífero é baixa, por estar capeado por uma espessa seqüência de rochas predominantemente finas, como folhelhos e siltitos, pouco permeáveis. Porém, este aquífero apresenta alto risco de contaminação nas imediações dos municípios de Forquilha e Treviso ou no município de Criciúma, em que afloram litologias arenosas pertencentes à Formação Rio Bonito, situadas acima da Formação Rio do Sul e trazem uma grande carga de contaminantes. O autor também coloca o risco de contaminação direta desse aquífero por drenagem, a partir de falhas, das águas dos rios Mãe Luzia e Sangão, ambos com a qualidade de suas águas comprometida pelas atividades de mineração e beneficiamento de carvão mineral (KREBS, 2004:235).

Laudos técnicos de poços existentes nas rochas dessa formação nos municípios de Grão-Pará e Braço do Norte mostram uma produção de até $45 \text{ m}^3/\text{h}$, com nível estático que varia de surgente (na superfície) até 13 m de profundidade. Já no município de Içara, SILVA (1984, apud KREBS, 2004), analisou um poço que atravessou litologias pertencentes à Formação Rio do Sul, com 102,50 m de espessura e com vazão de $30 \text{ m}^3/\text{h}$, com nível estático a 6,00 m e nível dinâmico a 37,00 m (KREBS, 2004:236).

Com relação aos aspectos hidroquímicos, Krebs (2004) destaca que as águas deste sistema aquífero geralmente possuem pH que varia de 5,8 a 7,9. Os tipos químicos bicarbonatados cálcicos a mistos, com teores de sais dissolvidos entre 80 e 360 mg/l, são predominantes. As águas são geralmente moles a moderadamente duras. Com relação aos teores de ferro, estes são muito variáveis, desde <0,15 mg/l até <6 mg/l, ficando a média acima de 0,5mg/l, o que exige tratamento para diversos usos.

3.2.2 Sistemas aquíferos fraturados relacionados a rochas vulcânicas basálticas

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral são, geralmente, maciças, sem poros e praticamente impermeáveis, com exceção da zona amigdalóide e zona fraturada. O armazenamento d'água dá-se ao longo de juntas e fraturas, o que pode ocasionar dois tipos de reservatórios:

Segundo Krebs (2004), na bacia do rio Araranguá, somente as rochas intrusivas - diabásio - presentes na bacia que apresentam tamanho significativo, como o sill (intrusão) do Montanhão localizado nas proximidades dos municípios de Treviso e Siderópolis e o sill (intrusão) presente desde o bairro Mãe Luzia, município de Criciúma (ao sul) até o rio Jordão (ao norte) é que podem ser caracterizados como aquíferos da Formação Serra Geral, mas mesmo assim com expressão apenas local. As rochas basálticas que afloram na escarpa e no topo da Serra Geral são consideradas apenas área de recarga para as outras rochas abaixo delas. Estas intrusões ocorrem geralmente em posição de topo nas elevações (morros) atuais, o que indica que a alimentação desses aquíferos se realiza por infiltração direta, a partir das precipitações, sendo que elas estão em posição acima das rochas menos permeáveis da Formação Irati. É no contato entre as intrusões de basalto e as rochas da Formação Irati que ocorre a maioria das nascentes desse aquífero. O trabalho de cadastramento de poços tubulares indicou que a vazão média deste aquífero é de 5,4 m³/h, com valor máximo de 12,5 m³/h (KREBS, 2004). Moradores do Morro Estevão e do Morro Albino em Criciúma, onde está um dos sills descritos acima, cadastraram cerca de 700 pequenas fontes na base da intrusão e observações de campo mostram que estas fontes, geralmente, possuem vazões pequenas, inferiores a 1m³/h, mas algumas delas alcançam vazão superior a 5 m³/h (SANTA CATARINA, 1997a).

Krebs (2004) destaca que este aquífero apresenta vulnerabilidade natural alta à poluição, pois apresenta muitas fraturas e falhas abertas. Deste modo, há certa preocupação com a possibilidade de estes aquíferos serem contaminados, especialmente por defensivos agrícolas (KREBS, 2004).

As águas deste sistema aquífero são do tipo bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. De modo geral, elas apresentam pH neutro a levemente ácido, com valores de condutividade que variam de 48 S/cm a 690 S/cm. O ferro total é o elemento mais restritivo com relação ao padrão de potabilidade. As análises realizadas em águas de diversas fontes situadas em diferentes municípios indicaram que praticamente todos estes pontos de água apresentam valores de coliformes totais e fecais acima dos padrões de potabilidade para consumo humano.

3.2.3 Sistemas aquíferos relacionados aos depósitos Quaternários

Estes aquíferos são formados pelos depósitos sedimentares e se caracterizam por serem aquíferos porosos e livres e por isso muito vulneráveis a contaminação proveniente de diversas atividades humanas realizadas na sua área de afloramento.

3.2.3.1 Sistema aquífero relacionado aos depósitos de leques aluviais (depósitos colúvio-aluvionares)

Na bacia do rio Araranguá os depósitos de leques aluviais distribuem-se por uma área de 1088 km². Sua área de ocorrência estende-se desde a encosta inferior da Serra Geral e dos morros-testemunhos ao longo de toda a porção norte, centro e oeste da bacia até o curso do rio Sangão a leste e se interdigita com os depósitos arenosos de origem marinha e retrabalhamento eólico e depósitos siltico-arenosos de origem flúvio-lagunar localizados próximo a faixa litorânea. Esta unidade está muito bem representada na área compreendida entre Nova Veneza, Forquilha e Maracajá. A descrição dos afloramentos bem como a interpretação 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, areno-argilosa (KREBS, 2004).

Conforme Krebs (2004), este intervalo inferior, constituído predominantemente por material de diâmetro grosseiro (rudáceo), com pequena cobertura de material argilo-arenoso, apresenta boas perspectivas para a exploração de água através de poços escavados, ponteiras ou poços tubulares. Os estudos realizados por meio de furos de sondagem para carvão permitiram verificar que na área da sub-bacia do rio Mãe Luzia, este intervalo inferior possui espessura que aumenta gradativamente das proximidades do rio Sangão - limite leste destes depósitos. A espessura dos depósitos não ultrapassa 5,5 m neste limite. Para oeste, no sentido do rio Mãe Luzia, a espessura desta camada atinge cerca de 22 m. As maiores espessuras destes leques foram verificadas nos municípios de Meleiro e Maracajá, com 40 m.

Com relação ao regime de fluxo e o processo de recarga deste aquífero, Krebs (2004:313) destaca que:

o modelo hidrogeológico, estabelecido a partir das características de relevo, características granulométricas, mudanças litológicas, variações de permeabilidade, linhas equipotenciais e do fato de esta porção atuar como uma imensa área de descarga, sugere tratar-se de um aquífero intergranular extenso, com regime de fluxo livre, semi-confinado ou confinado, com nível estático próximo à superfície. A recarga se processa por infiltração direta das precipitações através dos próprios depósitos de leques ou de seus solos residuais e de maneira indireta a partir da infiltração de água nas encostas e deslocamento para as planícies onde se encontram os leques, isto é, no sentido do declive hidráulico. Em alguns trechos, os rios Mãe Luzia e Sangão contribuem para a recarga do aquífero relacionado aos leques aluviais.

Conforme Krebs (2004) os valores de pH destas águas estão, na maioria das amostras analisadas, abaixo de 6,0, o que demonstra que estas águas são levemente ácidas. Em relação à presença de metal nas águas deste aquífero, o alumínio e o ferro são os parâmetros mais restritivos para o uso destas águas para fins de potabilidade (Portaria nº1469, dez. 2000). O alumínio apresentou valores mais elevados nos municípios de Forquilha, Maracajá e Ermo, com valores de 0,6 mg/l, 2,8 mg/l 0,5 mg/l, respectivamente, enquanto o teor de ferro total, variou de 0,01 até 8,5 mg/l e o teor de manganês revelou-se normal segundo os padrões de potabilidade (KREBS, 2004). Os valores de sulfato também são normais (KREBS, 2004).

Para Krebs (2004), os altos teores de ferro total detectados em algumas amostras situadas em locais distantes das áreas de mineração e de beneficiamento de carvão e também distantes dos locais em que ocorre recarga artificial com água ácida do rio Mãe Luzia, estejam relacionados à alteração dos clastos de rochas basálticas que constituem os depósitos de material grosseiro (rudáceos).

Os depósitos de leques aluviais, embora não tenham grandes espessuras, retêm muita água em seu interior, constituindo-se excelentes aquíferos, que podem ser explorados por poços rasos (ponteiras, poços tubulares ou poços escavados) de baixo custo e fácil realização. Na região de Forquilha e Jacinto Machado, grande parte das agroindústrias (principalmente de beneficiamento de arroz) é abastecida por poços rasos (ponteiras), realizados nesses depósitos. Constatou-se que em cada indústria são realizados vários poços rasos, que formam uma série, os quais são explorados conjuntamente por uma única bomba. Em alguns locais verificou-se que

ocorrem vazões expressivas, superiores a 30 m³/h, com pequeno rebaixamento do nível d'água, o que indica bom rendimento desses poços. A disponibilidade de água desse aquífero foi estimada em 10.000.000 m³ (SANTA CATARINA, 1997a).

3.2.3.2 Sistema aquífero relacionado aos depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico

Conforme Santa Catarina (1997a) e Krebs (2004), o sistema aquífero relacionado aos depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico ocorre ao longo da costa, intercalado com depósitos lagunares. Os aquíferos apresentam intercalações de areias quartzosas, médias a finas, com coloração amarelo-acastanhado, foscas, relacionadas à construção de barreiras marinhas e areia finas a muito finas, cor cinza-claro, bem retrabalhadas, relacionadas a dunas eólicas. Esses espessos depósitos arenosos proporcionam boas condições para captação de água por meio de poços tubulares ou ponteiros. No município de Araranguá este aquífero é muito explorado para atender à demanda das indústrias de beneficiamento de arroz e para o abastecimento doméstico. A natureza arenosa de seus depósitos e sua distribuição em área indicam tratar-se de um aquífero com porosidade intergranular, extenso, livre.

Segundo Santa Catarina (1997a) e Krebs (2004), estes depósitos correspondem a uma imensa área de descarga das águas subterrâneas, que fluem das encostas da Serra Geral e dos morros em direção ao mar. O reabastecimento deste aquífero é por infiltração direta das águas das chuvas, através de seus depósitos arenosos, em toda a área de ocorrência. A correlação dos perfis de sondagem mostra também que a espessura desta seqüência arenosa varia bastante de um local para outro.

Tais aquíferos, devido às características granulométricas de seus depósitos e presença de nível estático à baixa profundidade (em geral 2 m) apresentam alta vulnerabilidade natural e alto risco de contaminação às cargas poluentes de superfície. Com relação aos aspectos hidroquímicos, os estudos mostram que as águas deste sistema possuem tipos hidroquímicos variados. Na classificação geral, 50% das amostras foram classificadas como sulfatadas ou cloretadas sódicas, 40%, como sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e 10%, como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (KREBS, 2004:326).

Estas águas possuem pH levemente ácido, com valores que variam de 4,40 a 6,80. Os parâmetros manganês, alumínio e ferro total são os mais restritivos. Algumas amostras apresentaram valores de coliformes fecais fora dos padrões, indicando a intervenção antrópica na qualidade das águas.

Estudos revelam que 80,0% das amostras indicaram baixa salinidade e baixos teores de sódio, indicadas para uso na irrigação sem causar nenhum problema para as plantas e para o solo. Os 20,0% restantes apresentaram salinidade média com baixos teores de sódio e podem ser utilizadas sempre que houver um grau moderado de lavagem do solo, sem a necessidade de práticas especiais de controle de salinidade (KREBS, 2004).

Quanto à potencialidade aquífera, Krebs (2004:329) destaca que este aquífero tem boas possibilidades de ser explorado por poços tubulares com até 50 m de profundidade ou por sistema de ponteiros interligadas a uma única bomba. Isto se deve a sua natureza arenosa, com boa permeabilidade e a sua área corresponder a grande área de descarga das águas infiltradas a partir da escarpa da Serra Geral, que se dirigem em sentido do oceano, no sentido do declive hidráulico.

O cadastramento de pontos de água realizado por Krebs (2004) demonstrou que este aquífero é atualmente o mais explorado no município de Araranguá para fins de abastecimento doméstico e industrial. Os poços apresentam profundidade do nível estático que varia de 0,50 m até 5,50 m e capacidade específica média de 3 m³/h/m, com valor máximo de capacidade específica de 10,7 m³/h/m.

Os estudos realizados por Santa Catarina (1997a) destacam que algumas indústrias na região de Araranguá e Maracajá (beneficiamento de arroz) captam água desta unidade geológica, através de uma série de poços rasos (ponteiras), que interligados, possuem vazões superiores a 20 m³/h. O volume de água disponível nesse aquífero, segundo Santa Catarina (1997a) é de 6.000.000 m³.

3.2.3.3 Sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares

De acordo com Krebs (2004) o sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares ocupa uma área alongada aproximadamente paralela à linha de costa, que engloba um conjunto complexo de fácies fluviais e lagunares e de maneira subordinada, eólicas, composto de intercalações de siltes, argilas e areias. Os depósitos apresentam uma diversidade que torna o comportamento deste sistema bem variável: na planície do rio Mãe Luzia e Araranguá são siltico arenosos, formados por processos de transbordamento e se comportam como aquífero fraco; na planície dos rios Araranguá e dos Porcos são arenosos, por ação eólica, intercalados com depósitos siltico-argilosos, de fácies lagunares, apresentando boas condições de captação por poços ponteiras de até 20 m de profundidade ou poços tubulares.

Krebs (2004) considera este aquífero de porosidade intergranular, extenso livre ou confinado, de nível estático raso. Sua recarga, em geral, não recebe contribuição da drenagem superficial, mas ocorre diretamente, a partir das precipitações, ou indiretamente, a partir da infiltração das barreiras marinha situadas em cotas topográficas mais altas.

A vulnerabilidade natural deste sistema aquífero, segundo Krebs (2004), é baixa ao longo da planície dos rios Mãe Luzia e Araranguá, onde os depósitos arenosos geralmente são capeados por espessos depósitos predominantemente argilosos. Ao longo da planície do rio dos Porcos, onde ocorrem extensas áreas planas algumas vezes capeadas por depósitos arenosos com alta permeabilidade, a vulnerabilidade varia de moderada à alta. Quanto ao risco de contaminação, o autor destaca que ao longo da planície do rio dos Porcos, onde a prática de cultivo de arroz irrigado com uso de defensivos agrícolas é muito freqüente, o risco de contaminação é muito alto.

Quanto à potencialidade aquífera, a produtividade deste sistema aquífero é variável. Na fácies arenosas, os poços podem apresentar vazões superiores a 15 m³/h, com pequeno rebaixamento. Na fácies siltico-argilosas, possui baixa potencialidade aquífera. Santa Catarina (1997a) calculou para a área total de afloramento desta unidade um volume de água disponível para captação de 198.000.000 m³.

Krebs (2004) destaca que os teores de manganês, alumínio, ferro total, cálcio e sulfatos encontram-se dentro dos padrões de potabilidade de água para consumo humano, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000. O pH varia de 5.2 a 7.3, com valores médios de 6.7. Porém, nas duas amostras analisadas nessa unidade aquífera, o número de coliformes totais e fecais detectado foi muito alto, indicando interferência da ocupação humana na qualidade da água. (KREBS, 2004).

4- Cadastramento dos poços tubulares profundos da bacia do rio Araranguá

Santa Catarina (1997a) cadastrou 70 poços profundos na bacia hidrográfica do rio Araranguá. Destes, 33 poços encontram-se no município de Criciúma e abastecem indústrias em geral. No restante da bacia os poços são destinados a complementação do abastecimento doméstico (Jacinto Machado e Ermo) e para agroindústrias (cerealistas e abatedouros de suínos e frangos).

Quadro 02: Dados do cadastramento de poços tubulares profundos na bacia do rio Araranguá

Usuários	Porcentagem	Nº absoluto	Total poços cadastrados	Vazão (m ³ /h)	Consumo (m ³ /h)	Indisponibilidade (água contaminada) (m ³ /h)
Agrícola	2,4%	1	70	879,2	285,5	80,5
Industrial	73,5%	52				
Humano	24,1%	17				

Fonte: Santa Catarina (1997a)

Conforme análise dos dados disponibilizados no estudo acima referido, percebe-se que o município de Criciúma apresenta a maior quantidade de poços cadastrados. Devido a isso, este município também apresenta a maior disponibilidade de água subterrânea cadastrada por município na bacia do rio Araranguá, seguido pelos municípios de Forquilha e Jacinto Machado, conforme pode ser visualizado na figura 01 a seguir.

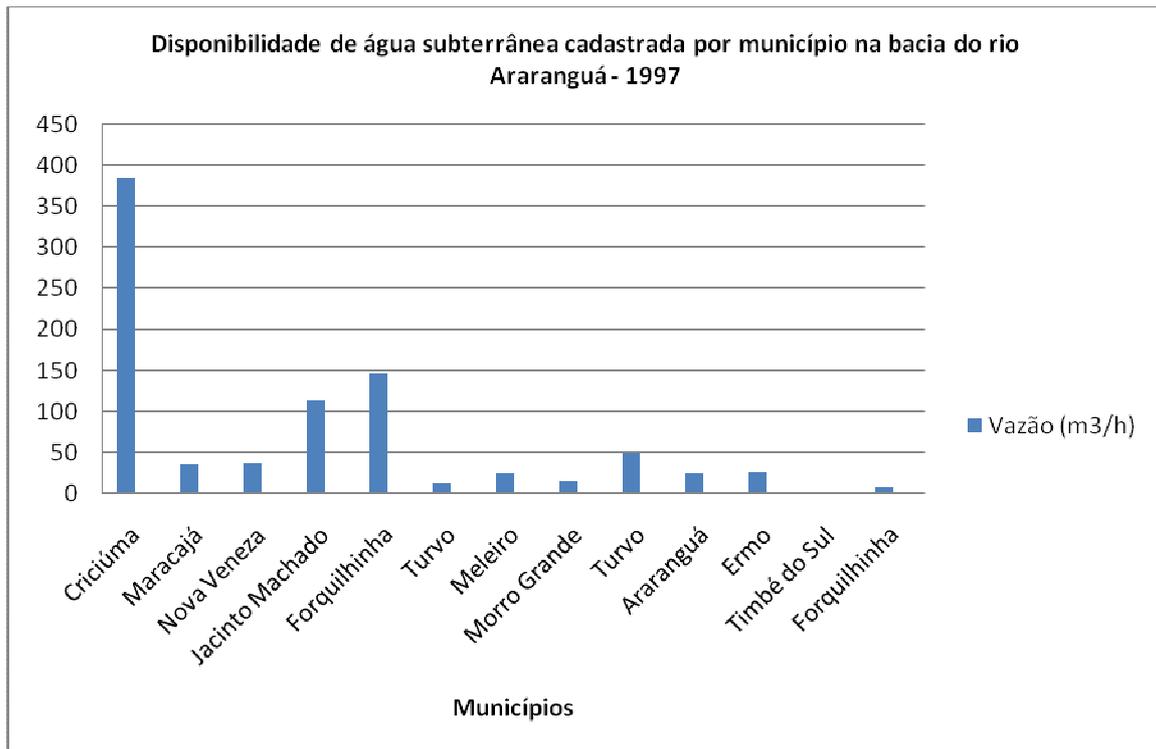


Figura 01: Disponibilidade de águas subterrâneas por município na bacia do rio Araranguá. Fonte: Santa Catarina (1997a).

Os trabalhos desenvolvidos por Santa Catarina (1997a) permitiram calcular a disponibilidade estimada de água subterrânea por município na bacia do rio Araranguá. Esta disponibilidade é apresentada a seguir por meio das figuras 02 e 03.

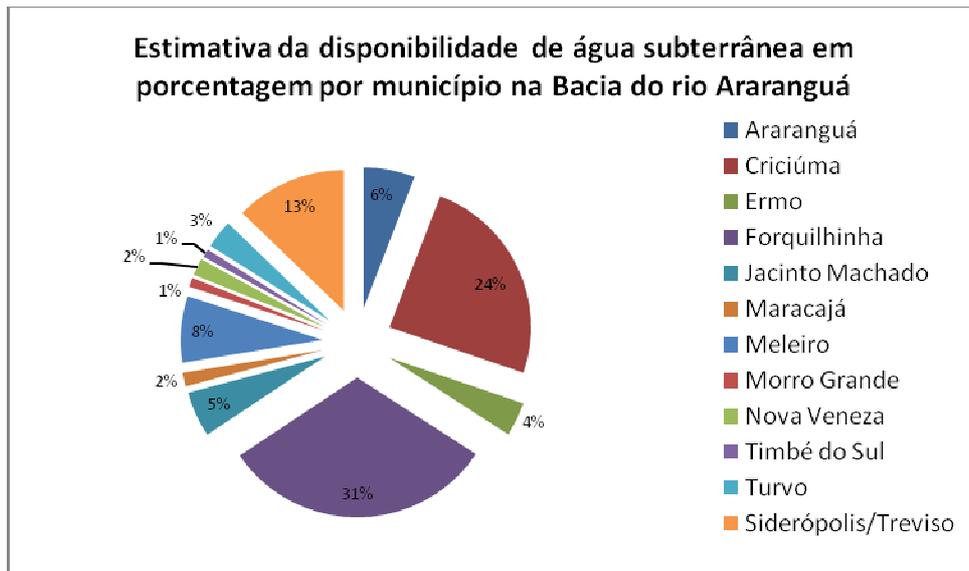


Figura 02: Estimativa da disponibilidade de água subterrânea em porcentagem por município na bacia do rio Araranguá. Fonte: Santa Catarina (1997a).

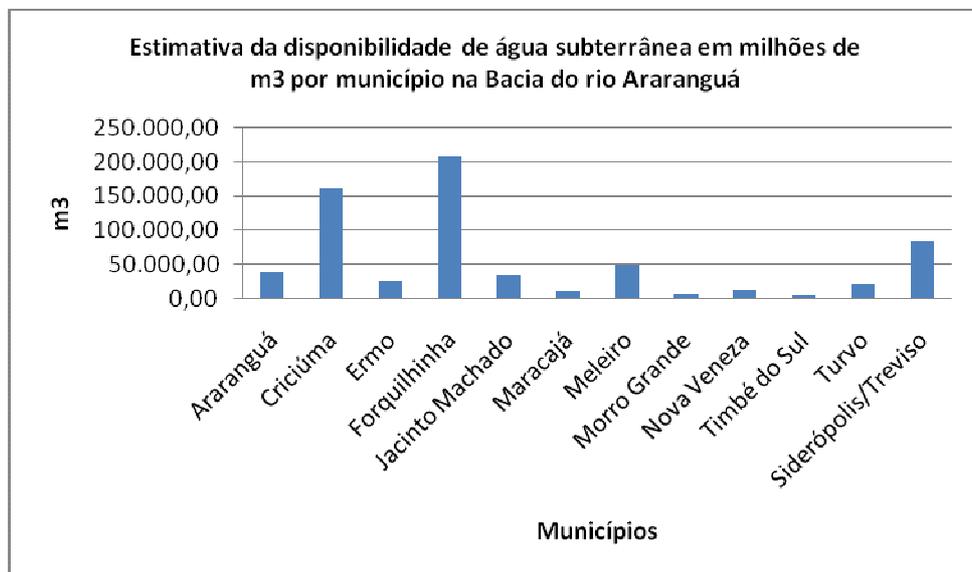


Figura 03: Estimativa da disponibilidade de água subterrânea em milhões de m³ por município na bacia do rio Araranguá. Fonte: Santa Catarina (1997a).

A análise dos dois gráficos apresentados acima permite constatar que a maior disponibilidade de águas subterrâneas estimada na bacia do rio Araranguá encontra-se no município de Forquilha, seguido pelo município de Criciúma. A terceira maior disponibilidade encontra-se nos municípios de Siderópolis e Treviso que foram avaliados conjuntamente.

4.1- Qualidade das águas subterrâneas

A análise da qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio Araranguá foi realizada por Santa Catarina (1997a). Estes dados são apresentados no quadro 03 a seguir.

Em seguida os resultados das amostras de água subterrânea coletadas foram confrontados com os limites estabelecidos para cada parâmetro pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de qualidade exigidos para águas destinadas ao consumo humano. Deste modo, os valores grafados em cor amarela no quadro 03 a seguir referem-se às amostras de água subterrânea fora dos padrões de qualidade exigidos pela legislação consultada.

Quadro 03: Dados brutos das amostras de água subterrânea da bacia do rio Araranguá

Poço	Município	pH	SO ₄ (mg/l)	Dureza Total (mg/l)	Dureza Cálcio (mg/l)	Ferro Total (mg/l)	Condutividade	Sólidos Totais (mg/l)	Coliformes Fecais VMP/100ml
Padrões		6,0 a 9,5	250	500	-----	0,3	-----	1.000	Ausência
CP-12	Criciúma	6,15	72	124	66	4,1	0,652	526	39
CP-16	Criciúma	7,2	38	52	22	0,26	0,34	498	ausente
CP-17	Criciúma	7,2	160	308	232	1,07	0,652	617	78
CP-25	Forquilha	7,59	44,9	80	36	4,3	0,92	1.113,00	4,5
CP-26	Forquilha	7,1	4,55	96	56	0,1	0,173	243	26
CP-28	Forquilha	7,36	22,7	64	44	1,17	0,233	281	49
CP-32	Meleiro	7,55	7,72	104	84	0,22	0,42	435	ausente
CP-36	Turvo	7,41	6,63	116	116	0,18	0,353	368	ausente
CP-43	Jacinto Machado	7,36	1,49	124	112	0,13	0,328	380	ausente
CP-45	Ermo	6,82	87,7	156	96	7,2	0,361	312	ausente
CP-46	Timbé do Sul	7,09	2	96	64	0,61	0,44	328	2
CP-50	Araranguá	5,31	0,7	48	36	N. D.	0,172	117	ausente
CP-51	Maracajá	7,53	13,4	72	64	N. D.	0,352	94	1,8
CP-52	Nova Veneza	7,37	314,5	84	84	0,49	0,09	800	2
CP-53	Nova Veneza	5,58	169,5	68	8	17,7	0,127	144	2
CP-61	Criciúma	5,7	12,5	28	N. D.	1,76	0,099	159	ausente
CP-62	Criciúma	6,61	119,2	212	76	17,7	0,817	673	ausente
CP-69	Forquilha	6,53	140,2	364	68	3,96	1,46	1.149,00	2

Fonte: Santa Catarina (1997a).

Após a análise do quadro acima decidiu-se mapear os pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Araranguá para os parâmetros pH, ferro e coliformes fecais. Essa escolha justifica-se por serem estes parâmetros os que representavam maiores riscos a qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Araranguá no momento das análises (ano de 1997).

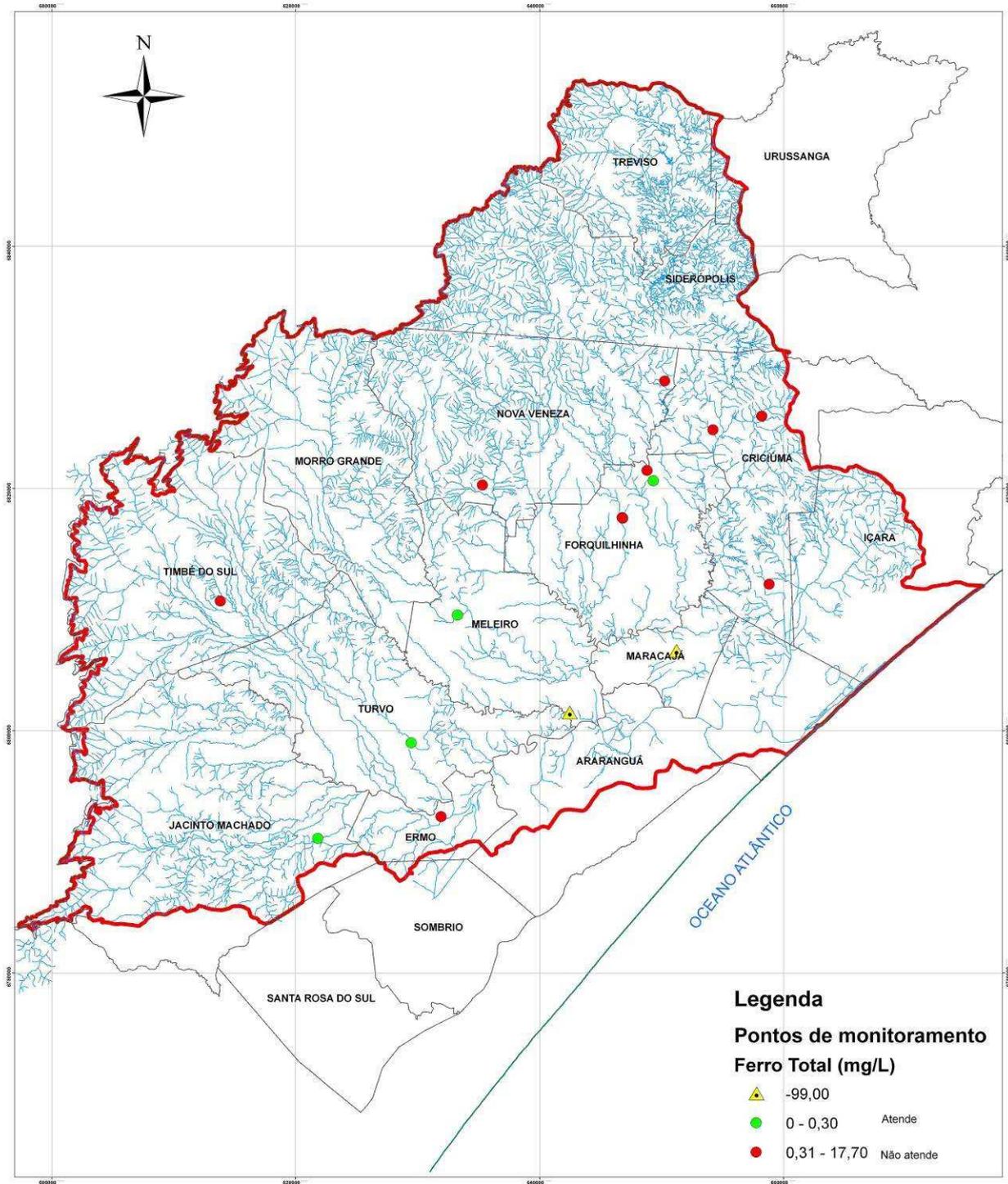
Pela análise do quadro 03 acima percebe-se que o principal problema relacionado a qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Araranguá diz respeito a alta concentração de ferro e coliformes fecais nas amostras de água analisadas. Esta contaminação está presente em diferentes áreas da bacia, conforme pode ser visto no mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea – parâmetros ferro e coliformes fecais (figuras 04 e 05).

No caso do ferro, a maior parte dos pontos com amostras de água contaminadas localiza-se no município de Criciúma (poços CP-12, CP-17, CP-61 e CP-62), seguido pelos municípios de Forquilha (poços CP-25, CP-28 e CP-69), Nova Veneza (poços CP-52 e CP-53), Ermo (poço CP-45) e Timbé do Sul (poço CP-46).

Já a maior contaminação por coliformes fecais está presente nos município de Forquilha (poços CP-25, CP-26, CP-28 e CP-69), seguido pelos municípios de Criciúma (poços CP-12 e CP-17), Nova Veneza (poços CP-52 e CP-53), Maracajá (poço CP-51) e Timbé do Sul (poço CP-46).

Em seguida observa-se que o terceiro parâmetro mais restritivo ao uso das águas subterrâneas na bacia do rio Araranguá é o pH. No total, há três amostras de água subterrânea coletadas fora dos padrões de potabilidade para consumo humano, ou seja, águas ácidas. Os pontos com águas subterrâneas ácidas localizam-se nos municípios de Araranguá (poço CP-50), Criciúma (poço CP-61) e Nova Veneza (poço CP-53), conforme pode ser visualizado no mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea – parâmetro pH (figura 06).

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea- Parâmetro Ferro



Fonte: SANTA CATARINA, 1997
Plano de Gestão da bacia hidrográfica do rio Araranguá.

Convenções

- Divisão municipal
- Bacia do rio Araranguá

6.700 3.350 0 Meters

Realização: **COMITÊ do ITAJÁ** AGENCIA DE AGUA

Apoio: **unesc** **PETROBRAS AMBIENTAL**

Patrocínio: **BR** **PETROBRAS** **GOVERNO FEDERAL**

Elaborado por: Mariane Brogni Pazzetto

Figura 04: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Araranguá – parâmetro Ferro.

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea- Parâmetro Coliformes Fecais

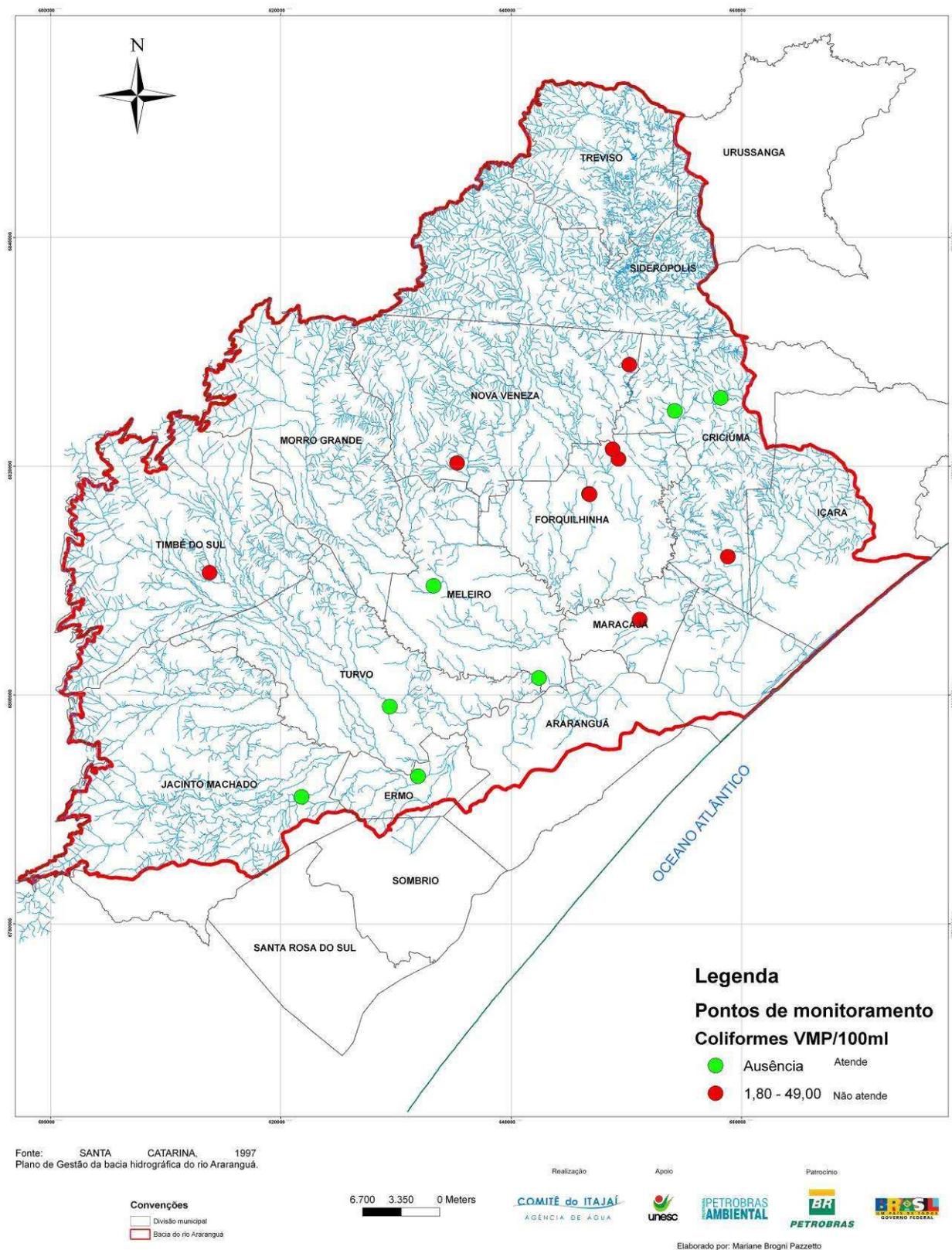


Figura 05: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Araranguá – parâmetro Coliformes Fecais.

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea- Parâmetro pH

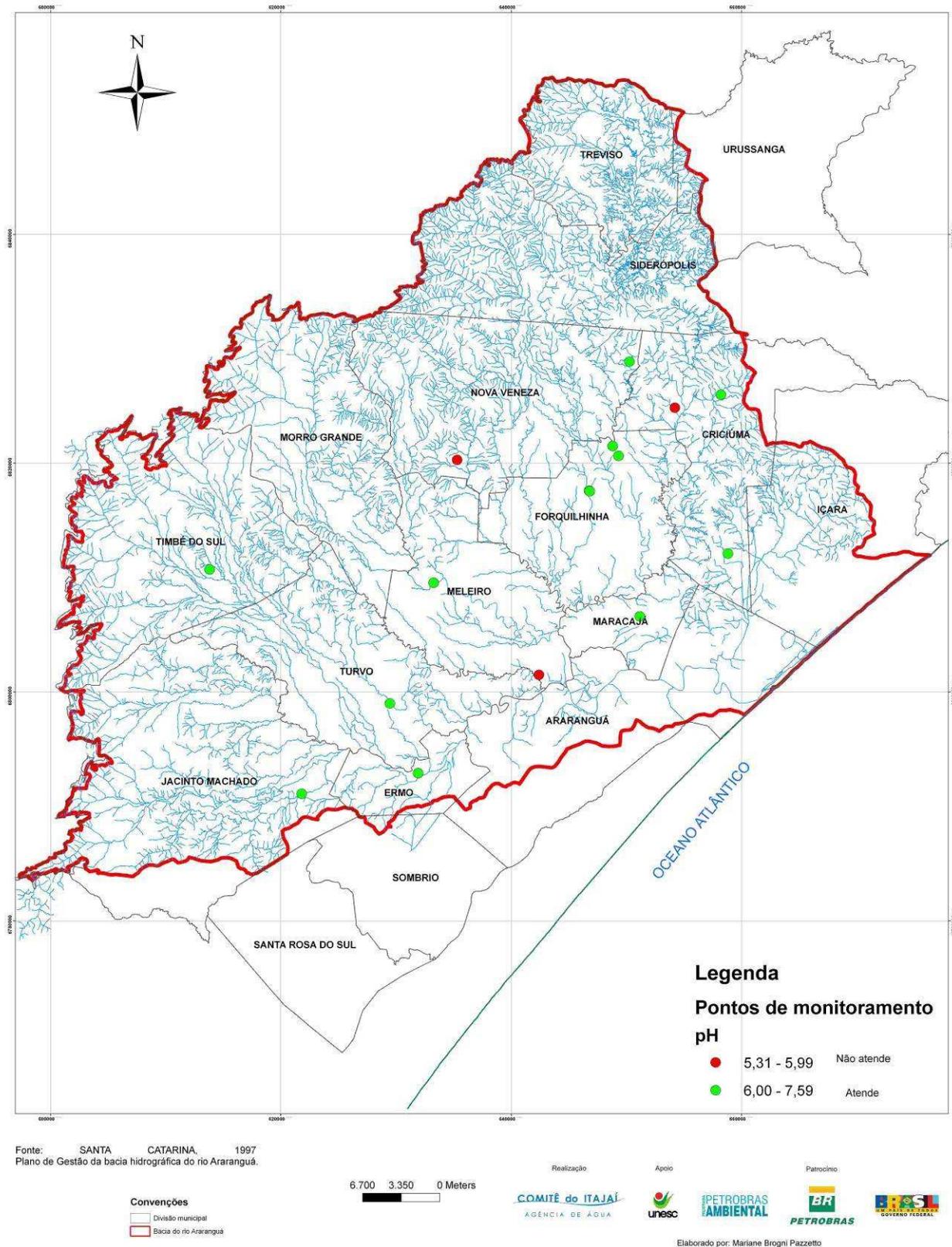


Figura 06: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Araranguá – parâmetro pH.

Referências

BRASIL. **Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Portaria nº 518 de 2004. Brasília: Ministério da Saúde.

LEÃO, M. I.; KREBS, A. S. J.; CAICEDO, N. L.; RISSO, A.; ZANCAN FILHO, L. C. **Avaliação da contaminação na área da Vila Funil por atividades de mineração de carvão, Siderópolis, SC.** Porto Alegre: UFRGS/IPH, 2001. 114 p.

KREBS, A. S. J. Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC. Florianópolis: UFSC, 2004. Tese de Doutorado. 375p.

KREBS, A. S. J. & GOMES, C. J. B. **Caracterização hidroquímica das águas do aquífero Rio Bonito na região carbonífera de Santa Catarina.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. João Pessoa: ABRH, 2005. 17p.

SANTA CATARINA. 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: avaliação preliminar do potencial hidrogeológico, cadastro de poços tubulares profundos e usuários de águas subterrâneas. Florianópolis, 1997a. v9. 217p.

SANT'ANA, Willian de Oliveira. **Qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na bacia do rio Urussanga, SC.** Florianópolis: UFSC, 2008. Dissertação de Mestrado. 194p.

Anexo III
QUANTIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA
BACIA DO RIO URUSSANGA

Adriano de Oliveira Dias

Bolsista da Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí

1) Introdução

O diagnóstico das águas superficiais da bacia do rio Urussanga foi elaborado em duas etapas, que compreendem o levantamento da disponibilidade quantitativa e qualitativa destas águas.

Para a análise da disponibilidade quantitativa de água utilizou-se o trabalho intitulado “Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina”, volume 1, elaborado pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável por meio do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural, em fevereiro de 2006. A partir desse estudo foram elaborados mapas das vazões Q_{98} , $Q_{7,10}$ e Q_{MLT} .

Para a análise da disponibilidade qualitativa das águas superficiais o trabalho consultado foi o Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão divulgado em julho de 2008 em cumprimento a Ação Civil Pública Nº 2000.72.04.002543-9/SC. Este estudo serviu de base para a elaboração de um diagnóstico da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Urussanga em 2007.

2) Quantidade de água superficial na bacia do rio Urussanga

A análise da quantidade de água superficial na bacia do rio Urussanga foi levantada por meio da regionalização de vazões elaborada por Santa Catarina (2006) para todas as bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina.

O método da regionalização de vazões consiste em transferir dados de vazões de uma área ou bacia em que haja estações de medição de vazões para uma área ou bacia em que não existe dados de vazões disponíveis. Esta transferência de dados é feita por meio de cálculos matemáticos e estatísticos.

Para que isso ocorra ambas as áreas devem ter um comportamento hidrológico semelhante que permita supor com segurança que os dados disponíveis em uma bacia sirvam para determinar a disponibilidade hidrológica de outra. Neste diagnóstico foram utilizados os dados da regionalização das vazões Q_{98} e $Q_{7,10}$. A vazão Q_{98} refere-se à quantidade de água disponível no rio em 98% do tempo. Isso significa que em apenas 2% do tempo há possibilidade de a demanda não ser atendida.

A vazão $Q_{7,10}$ refere-se a quantidade mínima de água disponível no rio durante 7 dias consecutivos num período de 10 anos de retorno. Ou seja, esta vazão corresponde a quantidade

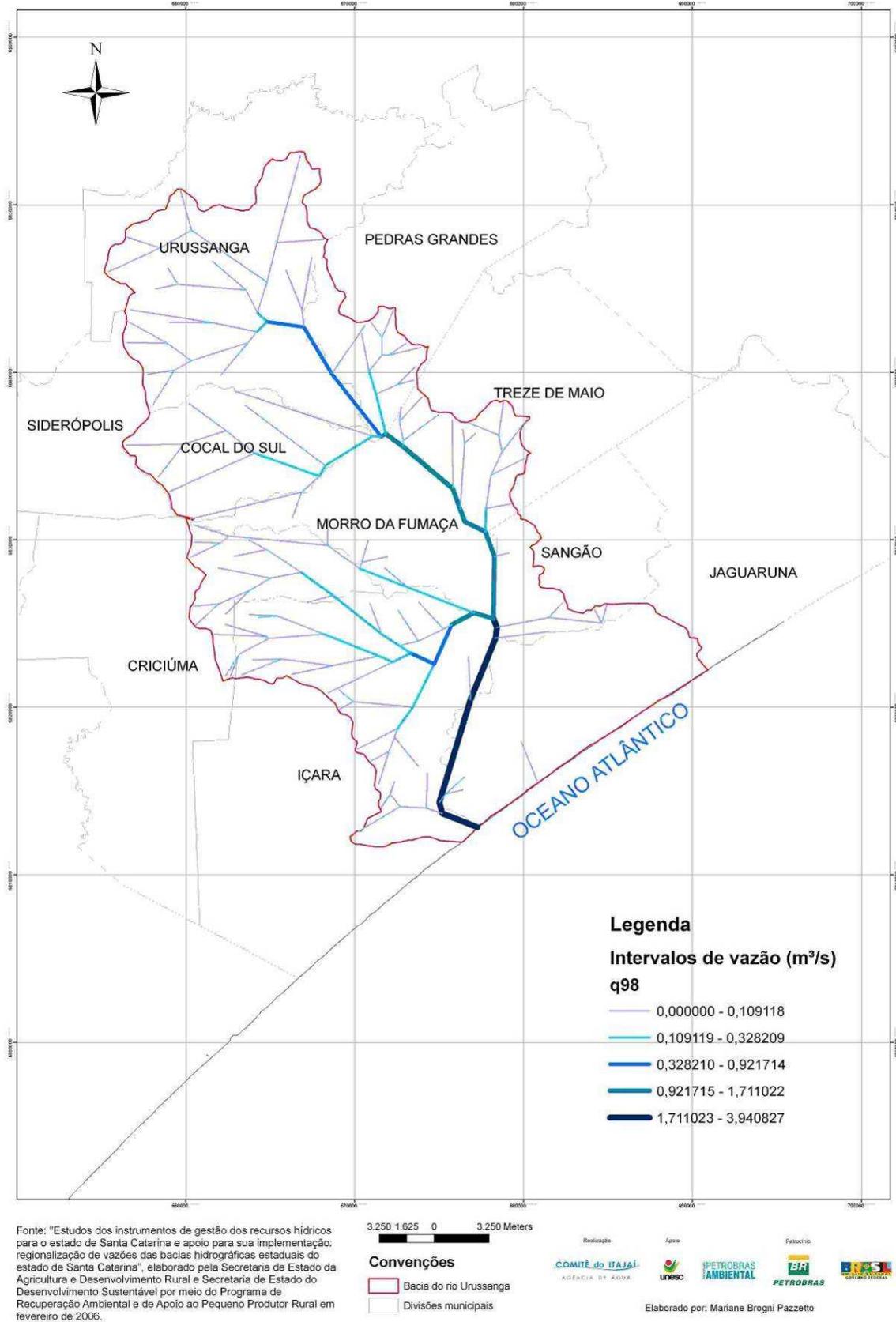
mínima de água que poderá estar disponível no rio durante um período de 7 dias consecutivos a cada 10 anos.

A seguir é apresentada a disponibilidade quantitativa das águas superficiais da bacia do rio Urussanga para as vazões acima referidas, por meio das figuras 01 e 02.

Observa-se no mapa de vazão Q_{98} (figura 01) que a grande maioria dos rios da bacia junto das nascentes apresentam em 98% do tempo o intervalo de vazão que varia de 0 a $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$. Nos casos dos rios Cocal, da Areia, Ronco d'Água e Linha Anta há trechos dos seus médios vales com vazão de $0,10$ a $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$, pois eles recebem os fluxos de diversos afluentes. Este mesmo intervalo de vazão é verificado na confluência do rio Urussanga com os rios Caeté e América.

Num trecho do médio vale dos rios Linha Anta e Urussanga observa-se o intervalo de vazão que varia de $0,32$ a $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Os rios Linha Anta, em seu baixo vale, e Urussanga, em seu trecho canalizado na altura do município de Morro da Fumaça apresentam vazão que varia de $0,92$ a $1,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Por fim, o rio Urussanga em seu baixo vale apresenta vazão que varia entre $1,71$ e $3,94 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vazão Q98 por trechos da bacia do rio Urussanga



Fonte: Dados gerados a partir de Santa Catarina (2006).

Figura 01: Mapa de vazão Q₉₈ por trechos na bacia do rio Urussanga.

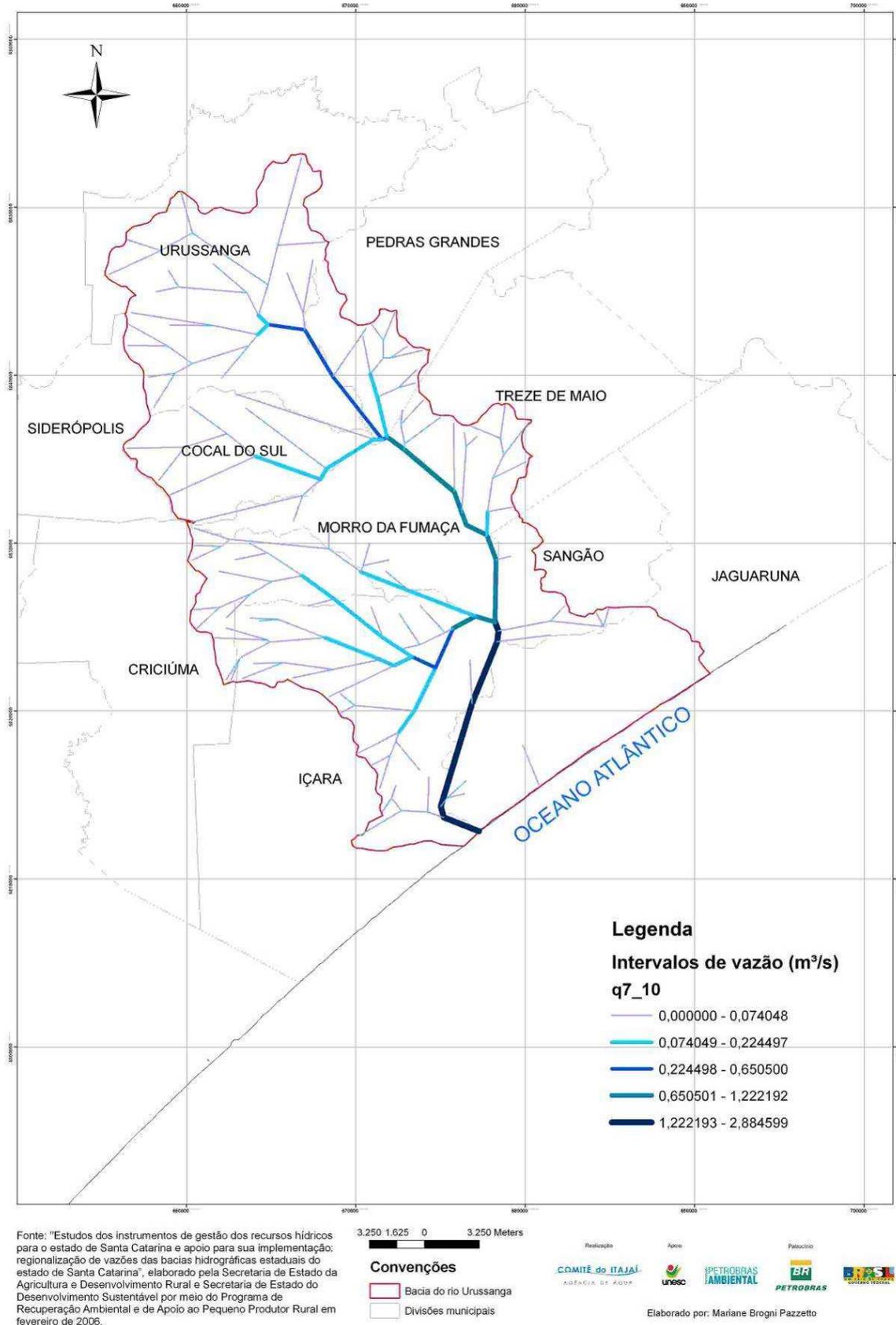
A vazão $Q_{7,10}$ refere-se a quantidade mínima de água disponível no rio durante 7 dias consecutivos num período de 10 anos de retorno. Ou seja, esta vazão corresponde a quantidade mínima de água que estará disponível no rio durante um período de 7 dias consecutivos a cada 10 anos.

Observa-se no mapa de vazão $Q_{7,10}$ (figura 02), que a menor vazão estimada num período de 7 dias consecutivos num intervalo de retorno de 10 anos é 0 a 0,07 m³/s. Esse valor é encontrado nos altos vales de todos os rios da bacia do Urussanga. Na confluência do rio Urussanga com os rios América e Caeté, no médio vale dos rios Linha Anta e Ronco d'Água e nos médio e baixo vales dos rios da Areia, Vargedo e Cocal, a vazão mínima varia de 0,07 a 0,22 m³/s.

Num trecho do baixo vale do rio Linha Anta e médio vale do rio Urussanga a vazão mínima varia de 0,22 a 0,65 m³/s. Na área de confluência do rio Ronco d'Água com o rio Linha Anta, bem como deste com o rio Urussanga, o intervalo de vazão mínima varia de 0,65 a 1,22 m³/s. Este mesmo intervalo de vazão mínima também é observado em grande trecho do médio vale do rio Urussanga, trecho canalizado, na altura do município de Morro da Fumaça.

Por fim, o rio Urussanga, em seu baixo vale, apresenta uma vazão mínima que varia de 1,22 e 2,88 m³/s.

Vazão Q7,10 por trechos da bacia do rio Urussanga



Fonte: Dados gerados a partir de Santa Catarina (2006).

Figura 02: Mapa de vazão $Q_{7,10}$ por trechos na bacia do rio Urussanga.

3) Qualidade das águas superficiais na bacia do rio Urussanga

A análise da qualidade atual das águas superficiais da bacia do rio Urussanga foi elaborada com base nos dados do Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão divulgado, em julho de 2008, em cumprimento a Ação Civil Pública Nº 2000.72.04.002543-9/SC.

Para mensurar a qualidade da recuperação ambiental na região carbonífera foram selecionados alguns indicadores ambientais. No caso dos recursos hídricos superficiais selecionou-se os seguintes indicadores: dados regionais de precipitação (chuva), vazão, pH, ferro total, manganês total, acidez total, oxigênio dissolvido, condutividade, alumínio total, sulfatos e temperatura. Estes indicadores vêm sendo monitorados na bacia do rio Urussanga por meio uma rede de amostragem composta por 37 estações de monitoramento desde março de 2002. Ao todo no período que compreende este relatório foram realizadas 16 campanhas de amostragem entre março de 2002 e março de 2007.

O objetivo deste diagnóstico é apresentar a análise da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Urussanga, confrontando-se os valores obtidos dos indicadores ambientais mensurados no relatório com os respectivos limites estabelecidos para os mesmos na legislação ambiental vigente. A legislação aqui consultada é composta pela Resolução nº 357/2005 do Conama. Esta resolução classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. No quadro 01 a seguir são apresentadas as classes de uso das águas doces previstas na resolução.

Quadro 01: Classes de uso das águas doces estabelecidas pela Resolução Conama 357/2005

Classes	Usos
Especial	a) abastecimento humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) abastecimento humano, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; ee) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) abastecimento humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e

	<p>mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;</p> <p>d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e</p> <p>e) aqüicultura e à atividade de pesca.</p>
Classe 3	<p>a) abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</p> <p>c) pesca amadora;</p> <p>d) recreação de contato secundário; e</p> <p>e) dessedentação de animais.</p>
Classe 4	<p>a) navegação; e</p> <p>b) harmonia paisagística.</p>

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

A outra legislação consultada foi a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Esta portaria estabelece o padrão de qualidade exigido para as águas destinadas ao consumo humano em território brasileiro.

De posse dos dados do Segundo Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais do Carvão, decidiu-se selecionar os dados referentes aos parâmetros pH, Sulfatos, Ferro, Manganês, Alumínio e Oxigênio Dissolvido, por serem os únicos dentre os mensurados no relatório de indicadores ambientais a serem quantificados nas legislações consultadas. Devido à grande quantidade de dados disponíveis optou-se por trabalhar com os dados dos indicadores levantados na última campanha de amostragem realizada em março de 2007, conforme dados coletados nas estações de monitoramento apresentadas nos mapas de localização dos pontos de análise de águas superficiais – parâmetros pH, ferro, sulfatos, alumínio e manganês (figuras 04, 06, 08, 10 e 12). Porém, percebeu-se que o parâmetro Oxigênio Dissolvido não foi amostrado nestas campanhas ficando desta forma fora desta análise preliminar. Por fim, procedeu-se o confronto dos valores levantados de cada parâmetro selecionado em cada estação de monitoramento com o limite estabelecido em legislação vigente. Os resultados são apresentados a seguir.

4) Análise dos Parâmetros

4.1- Parâmetro pH

A análise do gráfico de variação do parâmetro pH nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga (figura 03) permite verificar que apenas 25% das amostras de águas coletadas apresentam valor de pH dentro do limite (6,0 a 9,0) estabelecido pelas legislações consultadas, Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Estas amostras foram em sua grande maioria coletadas em áreas de montante dos rios, próximas as suas nascentes ou em áreas ainda pouco impactadas por atividades de lavra e beneficiamento de carvão mineral. Este é o caso das estações UR-01 (cabeceiras do rio Carvão), UR-11 (rio Maior), UR-13 (rio Deserto), UR-22 (rio do Salto), UR-32D (rio Barbosa), UR-37 (rio Linha Anta), UR-42 e UR-49 (rio Cocal), UR-46 (Arroio Tigre) e UR-50 (rio Vargedo), conforme pode ser visto no mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro pH (figura 04) a seguir.

Percebe-se uma boa situação quanto ao pH no município de Cocal do Sul, onde há três estações de monitoramento (UR-32D) no rio Barbosa e (UR-42 e 49) no rio Cocal com valores médios de pH dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

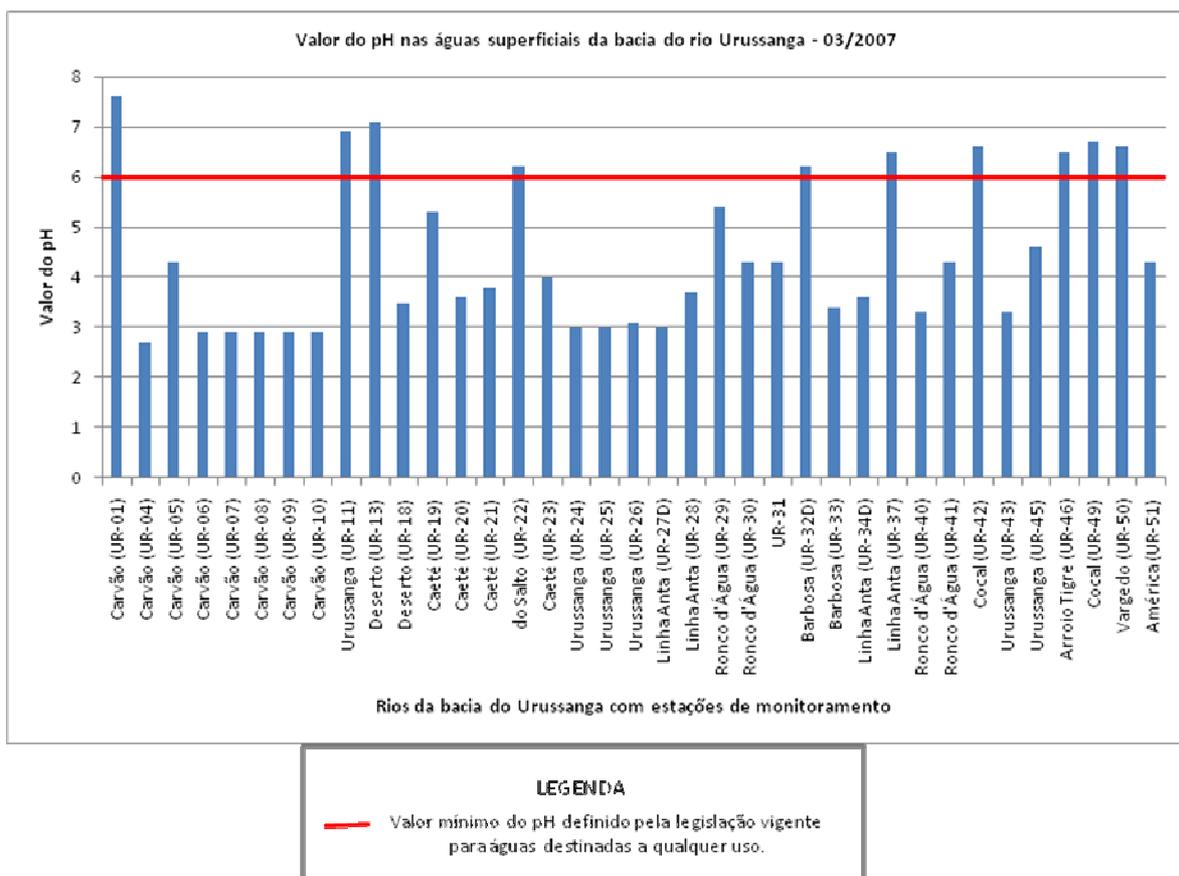


Figura 03: Valor do pH nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro pH

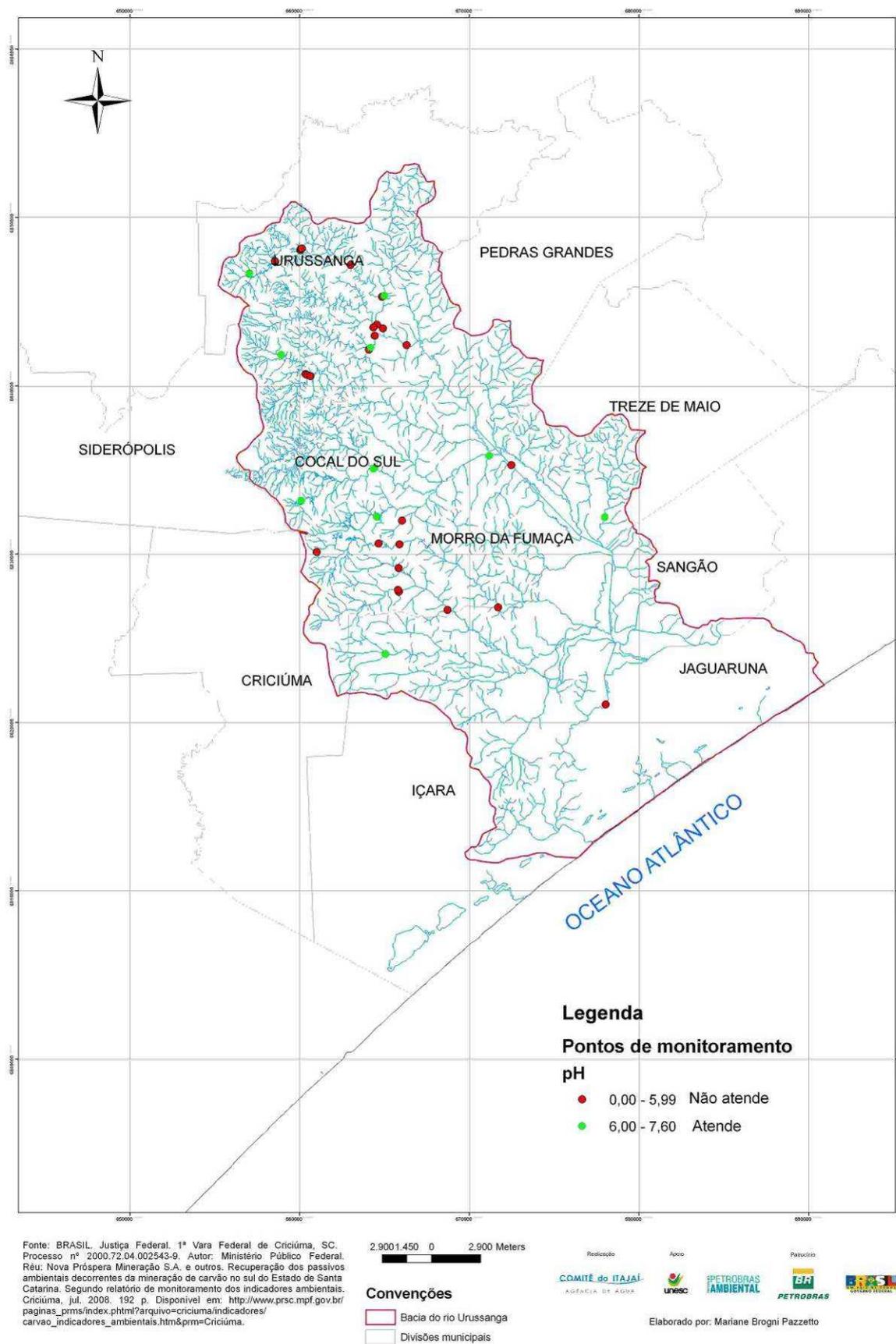


Figura 04: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Urussanga – parâmetro pH.

4.2- Parâmetro Sulfatos

A análise do gráfico da concentração de sulfatos nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga (figura 05) permite verificar que 70% das amostras de águas superficiais coletadas apresentam concentração de sulfatos dentro do limite estabelecido pelas legislações consultadas, Resolução Conama 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Quanto às áreas de maior concentração de sulfatos percebe-se que estas coincidem com as áreas de mineração de carvão como a área drenada pelos rios Carvão, América e Deserto na parte alta da bacia do rio Urussanga, conforme pode ser visto na leitura do mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro sulfatos (figura 06) a seguir.

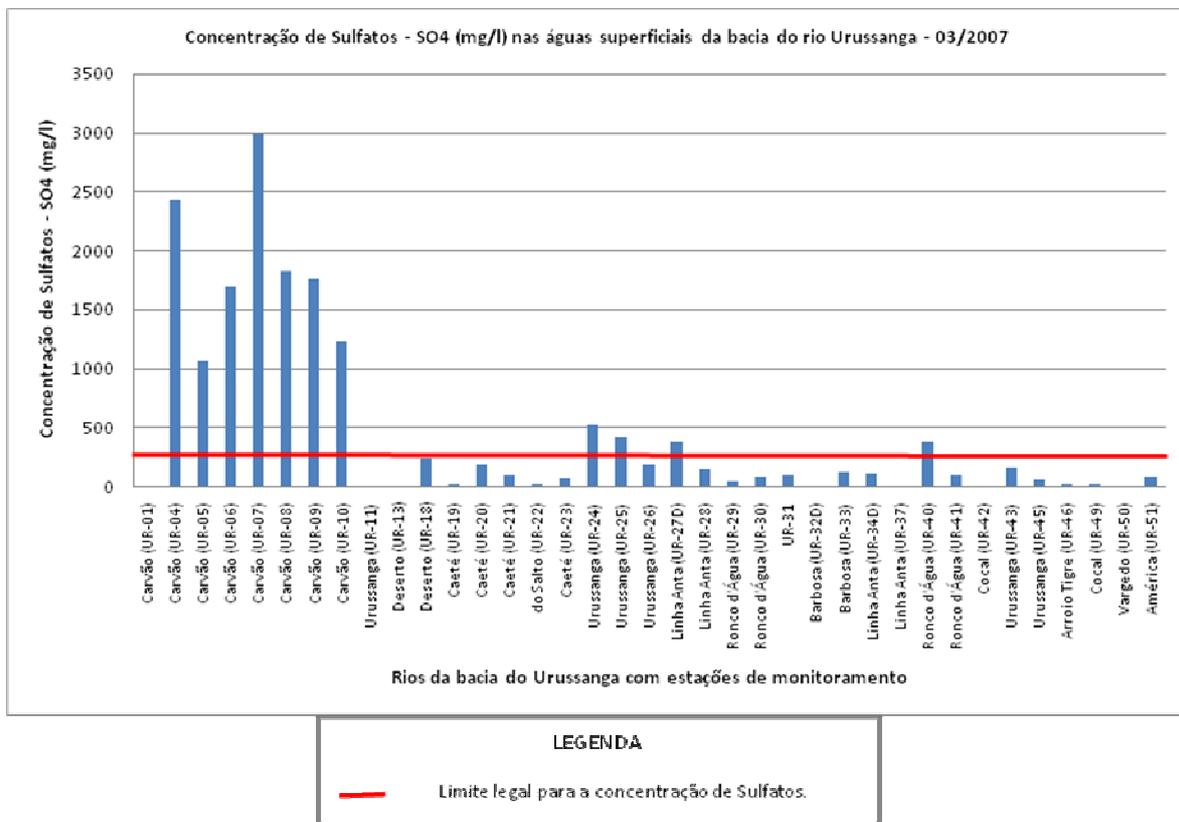


Figura 05: Concentração de Sulfatos (SO₄) nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Sulfatos

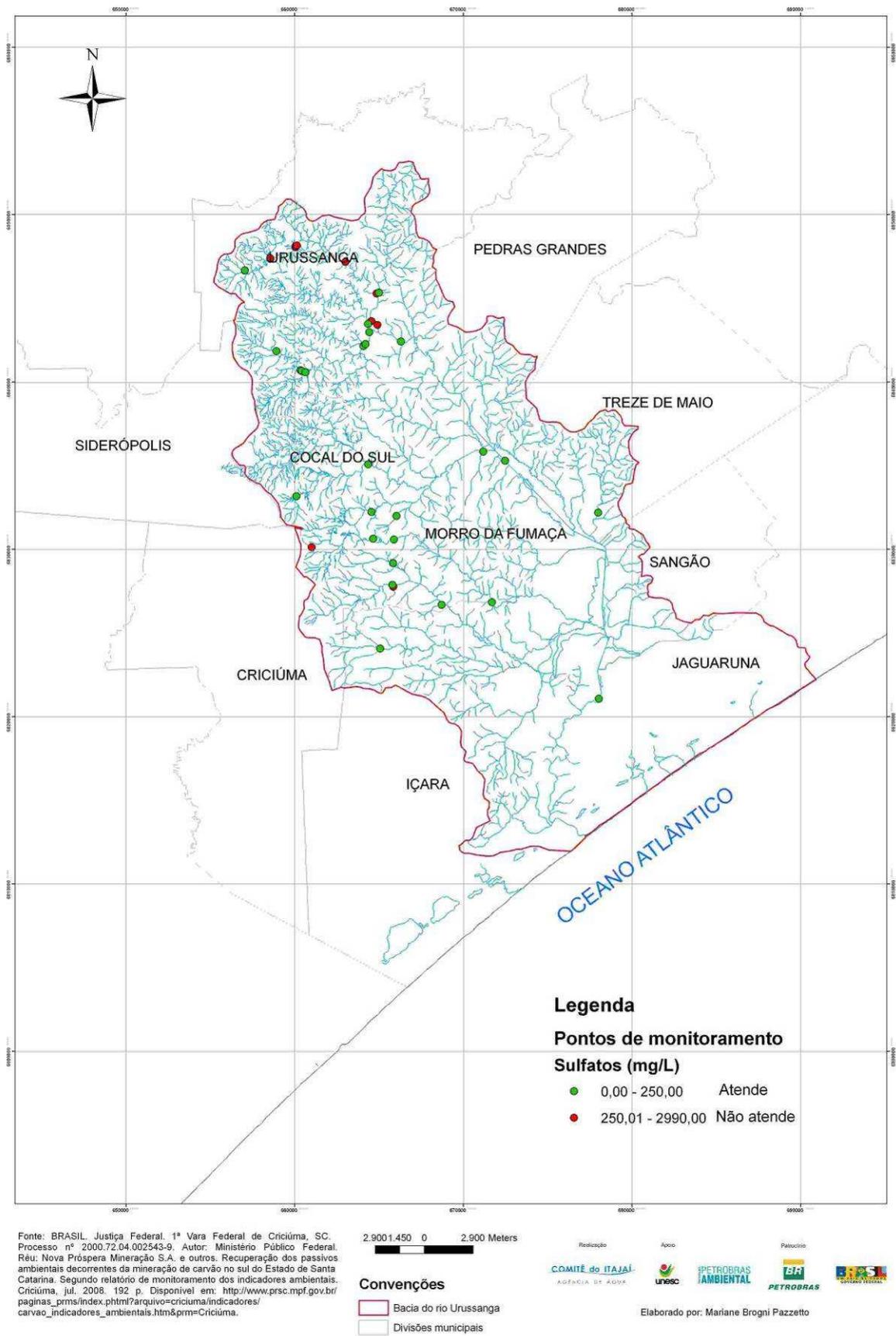


Figura 06: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Urussanga – parâmetro Sulfatos.

4.3- Parâmetro Ferro

A análise do gráfico da concentração de ferro nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga (figura 07), bem como a leitura do mapa dos pontos com análise de água superficial – parametro ferro (figura 08) demonstra ser esse o parâmetro mais restritivo quanto ao uso destas águas atualmente na bacia. Tanto, que 95% das amostras de águas superficiais coletadas apresentaram teores de ferro acima do limite estabelecido (0,3mg/l) pelas legislações consultadas, Resolução Conama 357/2005 e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Estes resultados demonstram o grande comprometimento das águas superficiais da bacia pela atividade de lavra e beneficiamento do carvão mineral.

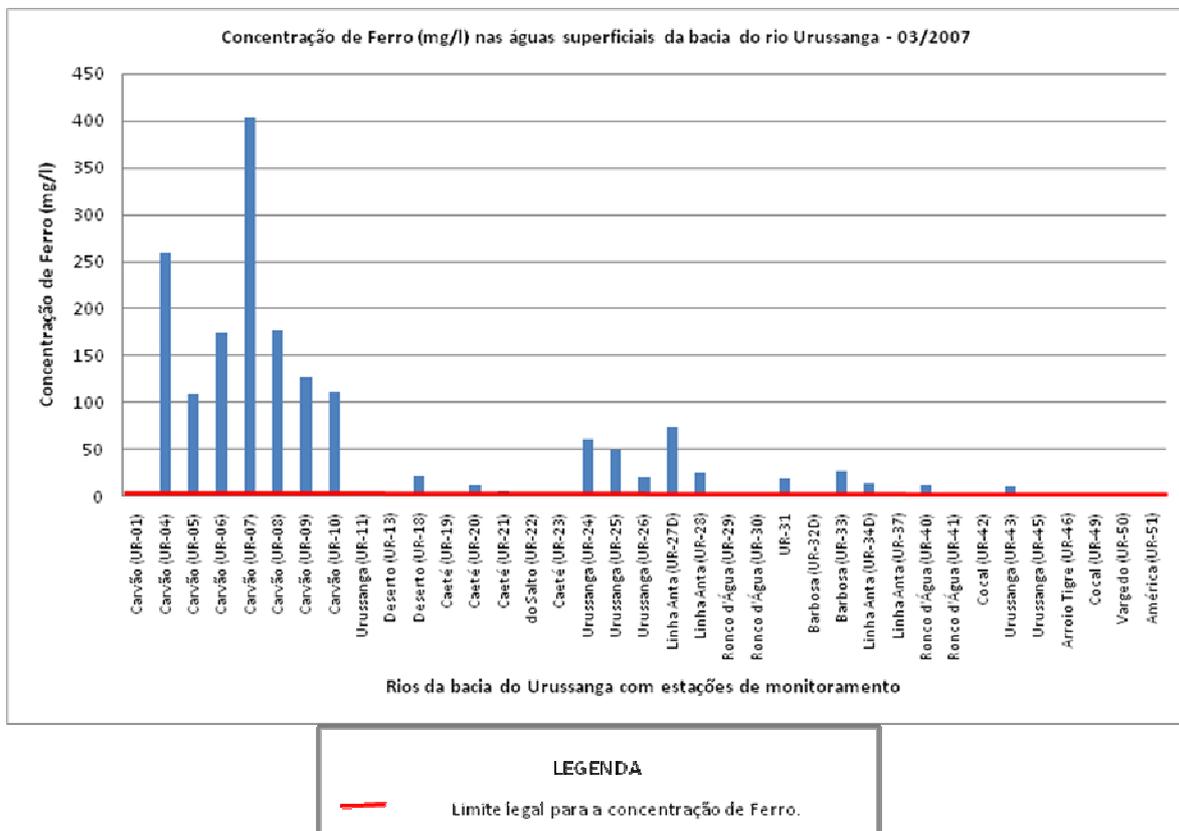


Figura 07: Concentração de Ferro nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga, em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Ferro

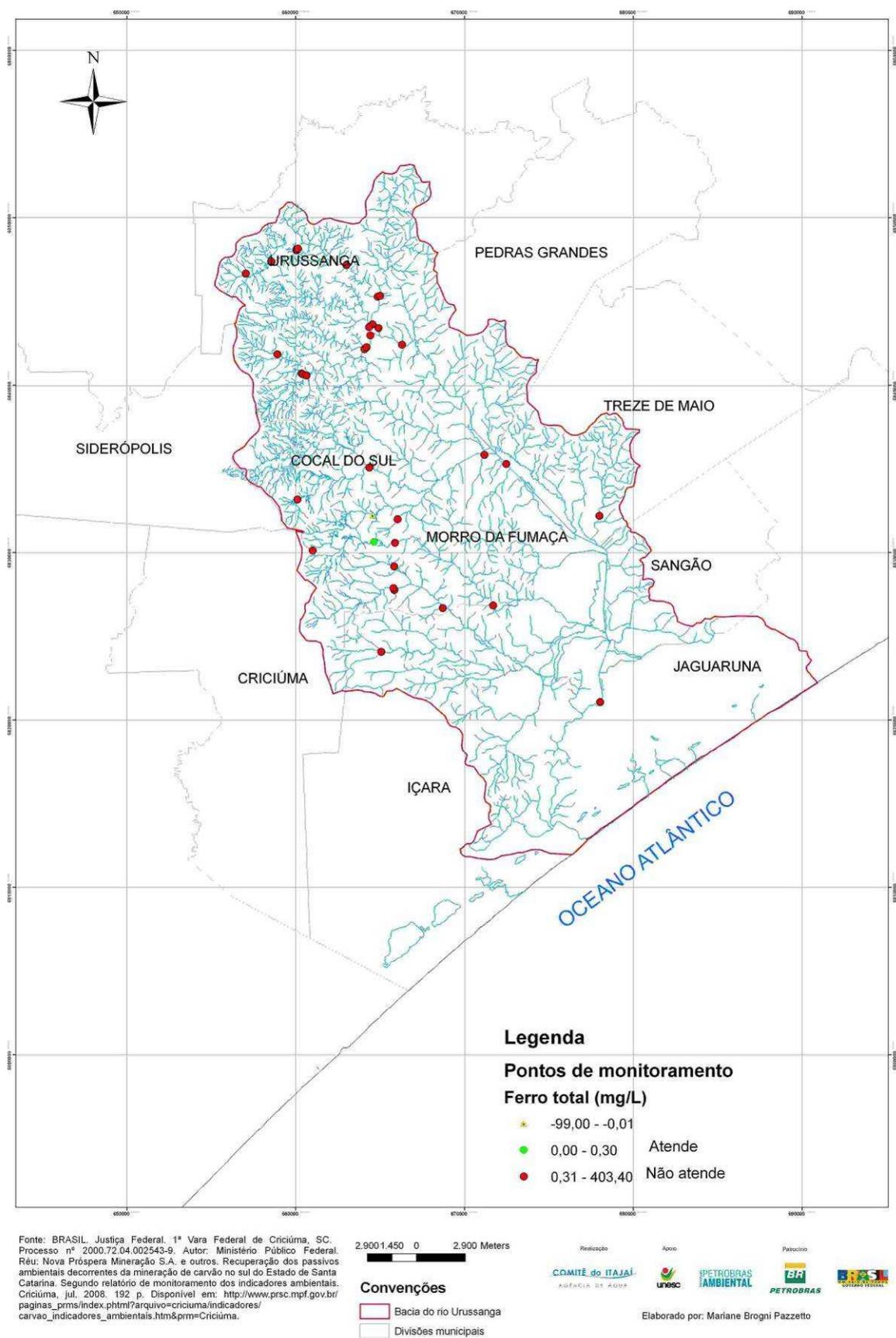


Figura 08: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Urussanga – parâmetro Ferro.

4.4- Parâmetro Manganês

A análise do parâmetro Manganês permitiu verificar que 24% das estações de monitoramento apresentaram águas cuja concentração de manganês ficou dentro do limite legal estabelecido pela legislação vigente ou este metal não foi detectado. Isso pode ser verificado por meio da análise do gráfico da concentração de manganês nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga (figura 09).

As estações que apresentaram concentração de manganês dentro dos limites legais ou nas quais este metal não foi detectado foram as estações UR-01 (cabeceras do rio Carvão), UR-11 (rio Maior), UR-13 (rio Deserto), UR-22 (rio do Salto), UR-32D (rio Barbosa), UR-37 (rio Linha Anta), UR-42 e UR-49 (rio Cocal) e UR-50 (rio Vargedo), conforme pode ser verificado no mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro manganês (figura 10) a seguir.

Percebe-se uma boa situação quanto ao manganês no município de Cocal do Sul, onde há três estações de monitoramento (UR-32D) no rio Barbosa e (UR-42 e 49) no rio Cocal com concentrações de manganês dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

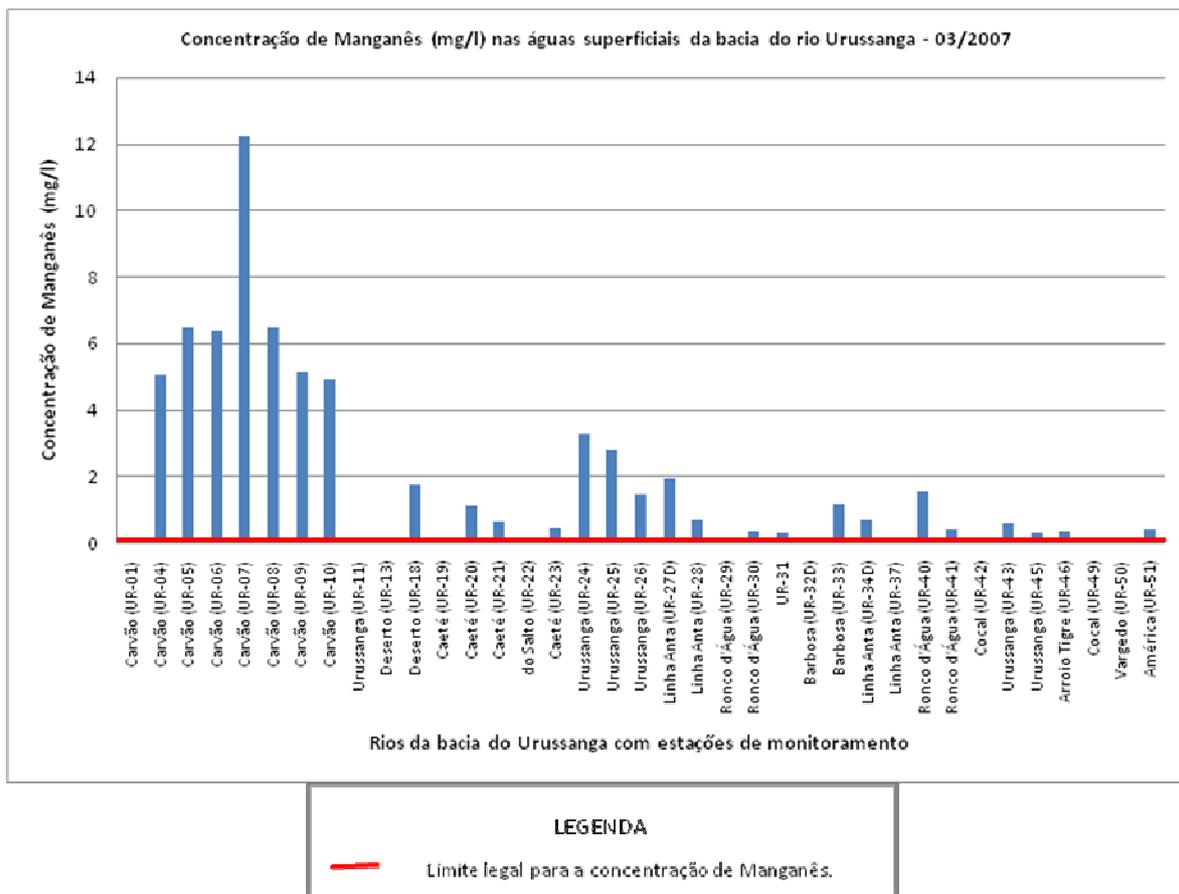


Figura 09: Concentração de Manganês nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga, em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Manganês

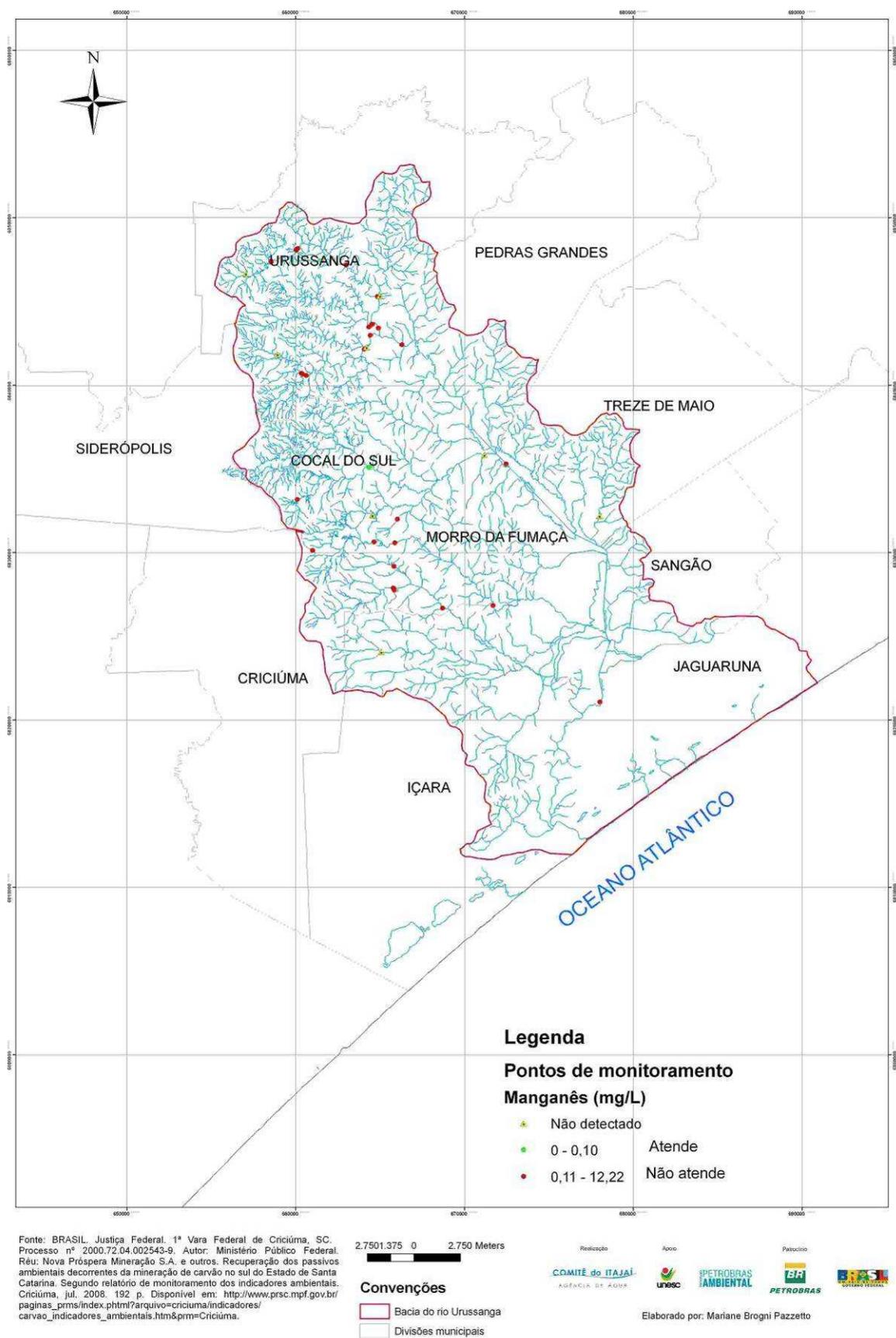


Figura 10: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Urussanga – parâmetro Manganês.

4.5- Parâmetro Alumínio

A análise do parâmetro alumínio permitiu constatar que apenas 30% das estações de monitoramento apresentaram águas com concentração deste metal dentro dos limites legais estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Tal situação fica evidente por meio da análise do gráfico da concentração de alumínio nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga (figura 11) a seguir.

Deste modo, percebe-se que o alumínio é o segundo parâmetro mais restritivo à utilização das águas superficiais da bacia para fins mais nobres. Apenas as Estações UR-01 (cabeceiras do rio Carvão), UR-11 (rio Maior), UR-13 (rio Deserto), UR-19 (rio Caeté), UR-22 (rio do Salto), UR-29 (rio Ronco d'Água), UR-32D (rio Barbosa), UR-37 (rio Linha Anta), UR-42 (rio Cocal), UR-46 (Arroio Tigre) e UR-50 (rio Vargedo) apresentaram concentrações de alumínio dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, conforme pode ser visualizado por meio da leitura do mapa dos pontos com análise de água superficial – parâmetro alumínio (figura 12) a seguir.

Da mesma forma, quando aumenta-se o limite de tolerância para concentração de alumínio nas águas superficiais, neste caso de 0,1mg/l (Resolução Conama) para 0,2mg/l (Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde), percebe-se que a quantidade de estações que tem suas águas classificadas dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente permanece o mesmo, ou seja, fica em 30% do total.

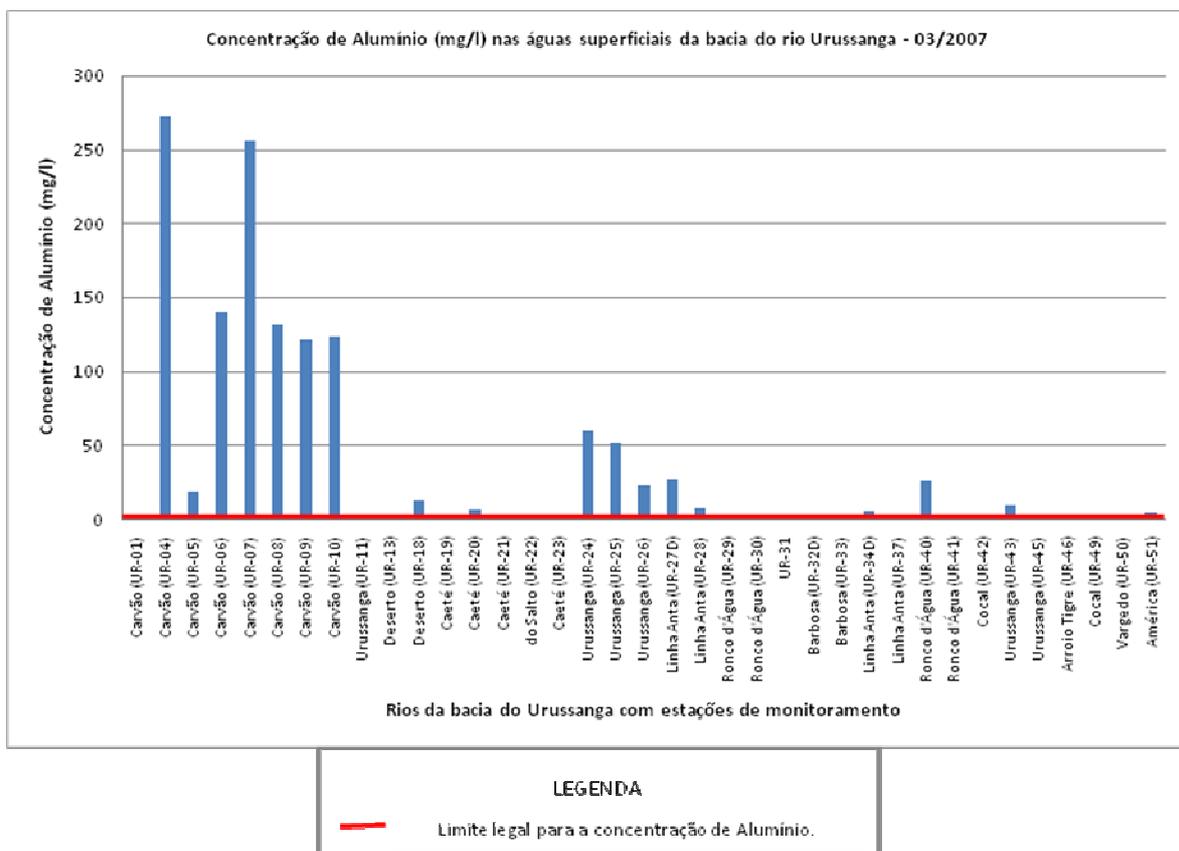


Figura 11: Concentração de Alumínio nas águas superficiais da bacia do rio Urussanga, em março de 2007.

Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial - Parâmetro Alumínio

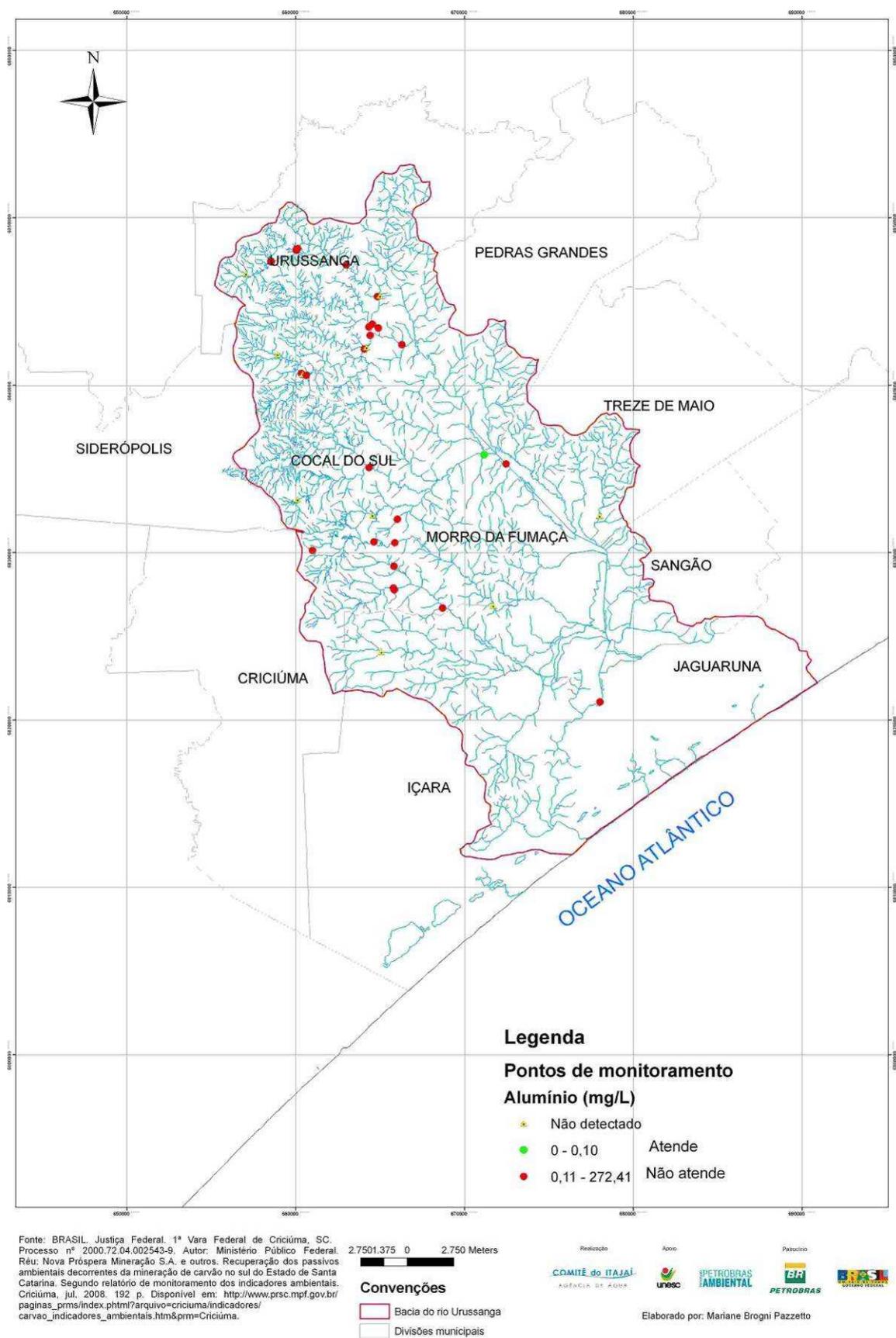


Figura 12: Mapa de localização dos pontos com análise de água superficial na bacia do rio Urussanga – parâmetro Alumínio.

No diagrama (figura 13) abaixo observa-se a situação atual da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Urussanga. Os rios que apresentam águas dentro do padrão de qualidade para classes 1 e 2, conforme Resolução Conama 357/2005; bem como águas dentro do padrão de qualidade para consumo humano, conforme Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estão representados em cor verde. Os rios que apresentam águas dentro dos padrões de qualidade para classe 3, segundo a Resolução 357/2005 do Conama estão representados em cor amarela. A cor vermelha corresponde a rios que possuem águas fora dos padrões de classificação estabelecidos pelas duas legislações consultadas.

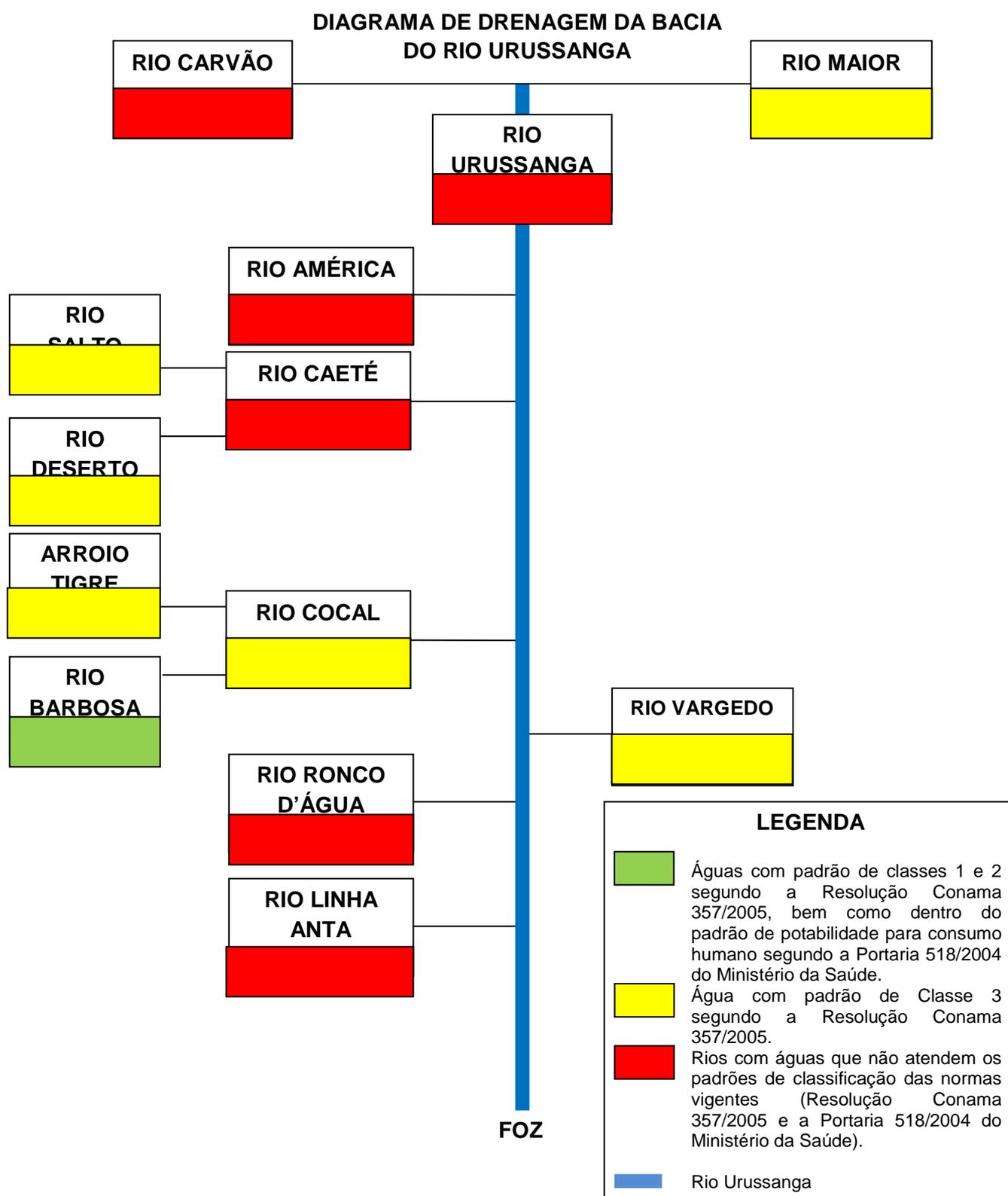


Figura 13: Diagrama da rede de drenagem da bacia do rio Urussanga. Autor: Adriano de Oliveira Dias.

Referências

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S. A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. Segundo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais. Criciúma, jul. 2008. 192p. Disponível em: http://www.prsc.mpf.gov.br/paginas_prms/index.phtml?arquivo=criciuma/indicadores/carvao_indicadores_ambientais.htm&prm=Criciúma.

BRASIL. **Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria nº 518 de 2004. Brasília: Ministério da Saúde.

CONAMA. **Resolução 357/2005**. Brasília: MMA.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Estudos dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação: regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: 2006. v. 1. 141p.

Anexo IV

BACIA HIDROGRAFICA DO RIO URUSSANGA - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO

Adriano de Oliveira Dias

Bolsista da Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí

1. Introdução

O presente trabalho pretende discutir a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas disponíveis na bacia do rio Urussanga. As águas subterrâneas são encontradas nos diferentes aquíferos presentes nas rochas que constituem os terrenos da bacia.

O diagnóstico preliminar da quantidade e qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga foi elaborado com base em dois trabalhos. O primeiro é Trein (2008), que 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.

O segundo é Sant'ana (2008), que procedeu a análise da qualidade das águas subterrâneas da bacia, e sua possível interface com as águas superficiais, a fim de caracterizar os impactos das atividades econômicas sobre os recursos hídricos. Analisou as propriedades geoquímicas destas águas, a espacialização dos poços e suas relações com a Geologia e Geomorfologia.

Devido à carência de dados disponíveis não foi possível realizar o diagnóstico quantitativo das águas subterrâneas da bacia. Já para a realização do diagnóstico qualitativo foram utilizados os dados de qualidade das águas subterrâneas disponíveis nos dois trabalhos citados anteriormente. Para tanto, estes dados foram confrontados com a legislação vigente, neste diagnóstico representada pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de qualidade para águas destinadas ao consumo humano. O objetivo deste procedimento foi caracterizar a situação da qualidade atual das águas subterrâneas da bacia.

Por fim, procedeu-se o mapeamento dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Urussanga para os parâmetros pH, ferro e alumínio, constatados como aqueles que representam maiores riscos a qualidade das águas subterrâneas da bacia.

2. Características geológicas da bacia do rio Urussanga

Geologicamente, a bacia do rio Urussanga é composta por afloramentos de rochas sedimentares e ígneas que fazem parte da seqüência gonduânica da borda leste da bacia sedimentar do Paraná e rochas ígneas do embasamento de idade pré-cambriana. Paralelamente ocorrem extensos depósitos de leques aluviais dos rios, junto aos quais há abundância de sedimentos quaternários. Na porção costeira, ocorrem depósitos arenosos de origem transicional (praial) e retrabalhamento eólico (TREIN, 2008) e (SANT'ANA, 2008). O quadro 01 a seguir mostra a coluna estratigráfica da bacia do rio Urussanga.

Quadro 01: Coluna Estratigráfica da bacia hidrográfica do rio Urussanga

Idade			Unidade Litoestratigráfica			Descrição Litológica
			Sistema/ Grupo	Formação	Membro	
Era Cenozóica	Período Quaternário	Holoceno		Depósitos Aluvionares Atuais		Sedimentos argilosos, argilo-arenosos, arenosos e conglomeráticos depositados junto às calhas ou planícies dos rios.
			Sistema Laguna-Barreira IV	Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos		Areias quartzosas, esbranquiçadas, com granulometria fina a 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 Paludais		Turfas ou depósitos de lama, ricos em matéria orgânica
				Depósitos Praiais Marinho e Eólicos e Retrabalamento Eólico		Areias 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 Retrabalamento Fluvial		Cascalhos areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais. Nas porções mais distais, depósitos resultantes do retrabalamento por ação fluvial dos sedimentos colúvio-aluvionares.
Era Mesozóica	Cretáceo	Inferior	Grupo São Bento	Serra Geral		Derrames e intrusões de lavas basálticas (forma de diques e soleiras).
	Triássico	Inferior	Grupo Passa Dois	Rio do Rasto		Arenito violeta-acinzentando, siltito e folhelhos marron-avermelhados.
	Superior	Estrada Nova*			Siltito e folhelhos pretos, com algumas intercalações de arenitos.	
		Irati			Folhelhos e siltitos pretos, com níveis betuminosos e lentes de calcário.	

Era Paleozóica	Permiano	Inferior/ Superior	Grupo Guará	Palermo		Siltitos cinza e cinza-esverdeado e arenitos finos intercalados.
				Rio Bonito	Membro Siderópolis	Arenito cinza-claro, geralmente fino a médio, subordinadamente siltitos, folhelhos, camadas de carvão.
					Membro Paraguaçu	Siltito cinza-esverdeado, subordinadamente arenitos finos, camadas de carvão.
			Membro Triunfo	Arenitos cinza-claro, quartzosos ou feldspáticos, sigmoidais. Intercala siltitos.		
		Inferior	Grupo Itararé	Rio do Sul		Arenito cinza-claro, fino a grosseiro, subordinadamente siltitos cinza-escuros, raramente carvão.
Pré-Cambriano		Superior	Granitóides tardi a pós-tectônicos			Rocha granítica, quartzomonzoníticas e granodioríticas.

Fonte: Adaptado de TREIN (2008:18).

* Denominada também de Formação Serra Alta.

As rochas sedimentares foram formadas há milhões de anos quando toda a região se constituía em uma grande área deprimida que recebia detritos depositados por diferentes agentes, como o mar, o vento, os rios e até gelo. Nesse tempo, América do Sul e África ainda eram unidas. Diferentes ambientes se sucederam ao longo do tempo geológico e isso ficou documentado nos tipos de rochas sedimentares que existem na bacia do rio Araranguá. Cada formação geológica corresponde a um ambiente de sedimentação.

Sobre as rochas do embasamento, os granitos, começaram a ser depositados sedimentos oriundos da ação do gelo e do mar, numa época em que a região estava sob influência de uma glaciação, há aproximadamente 280 milhões anos (Período Permiano). Estes materiais depositados formaram posteriormente os arenitos, conglomerados, ritmitos da Formação Rio do Sul.

Em seguida a região sofreu um avanço do mar, o que fez com que fossem depositados areias, lamas em ambiente litorâneo, em deltas de rios e lagoas costeiras, formando com o tempo, rochas como arenitos, folhelhos carbonosos, lentes de carvão, siltitos, entre outras, constituindo a Formação Rio Bonito. Uma deposição de sedimentos finos em condição de mar raso levou à formação de rochas como siltito, arenitos, ambos com presença de carbonatos. Estas rochas foram inseridas dentro da Formação Palermo. Ainda em ambiente marinho, foram depositados posteriormente sedimentos lamosos com muita matéria orgânica que constituíram siltitos e folhelhos com lentes de calcáreo, inseridos na Formação Irati.

As formações geológicas Estrada Nova (Serra Alta) e Teresina também apresentam rochas sedimentares geradas pela deposição de sedimentos em ambiente de mar raso, constituindo, com o passar do tempo geológico, rochas como folhelhos, siltitos, arenitos e calcáreos na forma de lentes e concreções. Um recuo do nível do mar na região modificou o regime de sedimentação, com sedimentos com influência marinha na sua base e de influência continental em clima tendendo a seco no topo do pacote sedimentar, constituindo a Formação Rio do Rasto. As rochas formadas foram siltitos, folhelhos e arenitos.

Um clima árido (desértico) passou a dominar na região há cerca de 200 milhões de anos, o que fez com que os sedimentos fossem depositados basicamente pelo vento e em menor proporção por rios temporários, criando arenitos com grãos grosseiros e com laminações que indicam diferentes direções do vento. Este arenito constitui a Formação Botucatu.

Há cerca de 135 milhões de anos, quando ainda dominava um clima árido, a região foi afetada por intenso vulcanismo que gerou um derrame de lavas basálticas sobre as dunas do deserto. As lavas saíram por grandes fissuras no terreno e recobriram uma grande área em diferentes episódios de erupção, formando uma sucessão de derrames basálticos. A lava também preencheu fraturas nas rochas sedimentares formadas anteriormente, formando intrusões na forma de diques (magma cortando as camadas sedimentares) e sills (magma inserido entre as camadas sedimentares). Este episódio de vulcanismo originou a Formação Serra Geral.

Mais recentemente, há cerca de 65 milhões de anos, os terrenos da região foram soerguidos, e o processo de sedimentação deu lugar ao de intemperismo e erosão. No Período Quaternário, que engloba de um milhão e oitocentos mil anos atrás até os dias atuais, ocorreu e ainda ocorre o intemperismo e a erosão das rochas sedimentares soerguidas e a produção de novos sedimentos que se depositam nas áreas baixas do relevo. Estes sedimentos são produto do intemperismo das rochas e remoção e transporte por ação dos rios e das chuvas, dos deslizamentos nas encostas, e, junto ao litoral, da ação do mar e do vento, formando materiais não coesos, com vários tamanhos de grãos, como areias, lamas, colúvios (mistura de areias, argilas, siltes e outros) depositados em planícies fluviais, base de encostas, dunas, praias.

Trein (2008) analisou e hierarquizou as diferentes unidades geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Urussanga quanto à sua maior ou menor capacidade de armazenamento de água e concluiu que no domínio das rochas sedimentares (formações Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Rio do Rasto e Botucatu), bem como dos sedimentos quaternários

(aluvionares, coluvionares, lagunares, turfáceos, marinhos e eólicos), o armazenamento é controlado pelo maior ou menor grau de permeabilidade das rochas e sedimentos. Desta forma, quanto mais arenosa (mais permeável) for a rocha, maiores as condições de armazenamento de água. No domínio de rochas cristalinas (graníticas, diabásicas e basálticas), o armazenamento é feito, principalmente, por meio de sistemas de fraturas abertas que atravessam essas rochas.

3. Caracterização dos aquíferos

3.1 Aquíferos: conceitos e classificação

Um **aquífero** é uma formação rochosa que apresenta a capacidade de armazenar e transmitir água no seu interior. Para que a rocha possa armazenar água ela precisa ter poros (espaços vazios) e esta propriedade é denominada **porosidade** . Para que a rocha possa transmitir água ela precisa ter poros grandes e interconectados e esta propriedade é denominada **permeabilidade** ou condutividade hidráulica.

Além disso, a rocha porosa e permeável precisa de uma camada de rocha impermeável logo abaixo dela e de uma fonte de abastecimento de água (área de recarga) para ser considerada um aquífero.

Exemplos de tipos de rochas que podem ser consideradas bons aquíferos são: arenitos e conglomerados (rochas sedimentares), basaltos, diabásios e granitos (rochas ígneas ou cristalinas) bastante fraturadas (quebradas). Contudo estas rochas devem estar sobrepostas a rochas menos permeáveis, como folhelhos argilosos e siltitos (rochas sedimentares), ou granitos pouco fraturados (rochas ígneas ou cristalinas), entre outros.

Sant'ana (2008) destaca que nem todas as rochas possuem a mesma facilidade para transmitir e proporcionar água em quantidades economicamente viáveis. De modo geral, os aquíferos mais freqüentes são formados por depósitos inconsolidados de origens distintas (fluvial, eólica), devido às suas boas condições de recarga (porosidade e permeabilidade) e pouca profundidade piezométrica.

Os aquíferos podem ser **classificados em relação à porosidade** . Conforme Sant'ana (2008), as rochas sedimentares clásticas constituem **aquíferos de meio poroso** (também denominados de granular ou intergranular), como por exemplo os arenitos, que são bons armazenadores e transmissores de água. Já as rochas ígneas e metamórficas constituem **aquíferos de meio fraturado ou fissurado** , sendo difícil avaliar se tais formações rochosas constituem bons aquíferos (SANT'ANA, 2008:65).

De acordo com o mesmo autor os aquíferos também podem ser **classificados com relação à pressão hidrostática** . Desta forma tem-se **aquíferos confinados, semi-confinados e livres** . Para Sant'ana (2008:66) os aquíferos confinados são aqueles em que "a água se encontra sob pressão e sobreposta por uma camada confinante, onde sua saturação é máxima. A pressão no topo do aquífero é maior que a pressão atmosférica".

Conforme Krebs (2004, *apud* Sant'ana 2008) os aquíferos confinados compreendem dois tipos: **aquífero confinado não-drenante** , cujas camadas confinantes, superior e inferior, são impermeáveis; e **aquífero confinado drenante** , que possui uma das camadas limítrofes semi-permeável, o que favorece a entrada ou saída de fluxos pelo topo ou pela base.

Por fim, os aquíferos livres, também chamados de freático ou não-confinado, são aqueles cujo limite superior é uma superfície freática e que está em contato direto com o ar, sob a mesma pressão atmosférica (KREBS 2004, *apud* SANT'ANA 2008). Nesses, geralmente, a água é livre para subir ou descer.

3.2 Sistemas aquíferos ocorrentes na bacia do rio Urussanga

Na área compreendida pela bacia hidrográfica do rio Urussanga existem dois tipos de aquíferos. Nas áreas de embasamento cristalino e da Formação Serra Geral ocorrem os aquíferos do tipo fraturado. Estes aquíferos também predominam nas litologias sedimentares correspondentes às Formações Palermo, Irati e em fácies mais argilosas da Formação Rio do Sul (TREIN, 2008; SANT'ANA, 2008).

Já nas áreas de ocorrência das formações Rio Bonito, Estrada Nova (Serra Alta), Rio do Rasto e Botucatu (não aflorante), as características sedimentares de permeabilidade e porosidade permitem a ocorrência de aquíferos do tipo granular (poroso), apesar de o fraturado continuar exercendo importante papel na transmissividade da água. Trein (2008) destaca que o aquífero do tipo granular é encontrado nos depósitos de leques aluviais, depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico e depósitos flúvio-lagunares que constituem os sedimentos terciários e quaternários.

A caracterização e hierarquização dos aquíferos da bacia do rio Urussanga foi desenvolvida por Trein (2008). Neste trabalho, o autor procurou analisar e hierarquizar as unidades geológicas cartografadas quanto à sua maior ou menor capacidade de armazenamento e transmissividade de água. No entanto, o autor destaca que ao longo dos trabalhos de cadastramento dos poços tubulares constatou-se 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. Trein (2008) verificou que 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.

Conforme Trein (2008), a definição dos sistemas aquíferos da bacia do rio Urussanga 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. Segundo Trein (2008), Krebs (2004), desenvolveu estudos na bacia do rio Araranguá que permitiram a identificação de 9 sistemas aquíferos, sendo 4 relacionados às rochas sedimentares gondiônicas, 4 aos sedimentos quaternários, e um às rochas ígneas.

Na bacia do rio Urussanga os sistemas aquíferos individualizados incluem mais dois, perfazendo 11 sistemas, descritos a seguir e destacados na figura 1 (mapa de localização dos sistemas aquíferos da bacia do rio Urussanga).

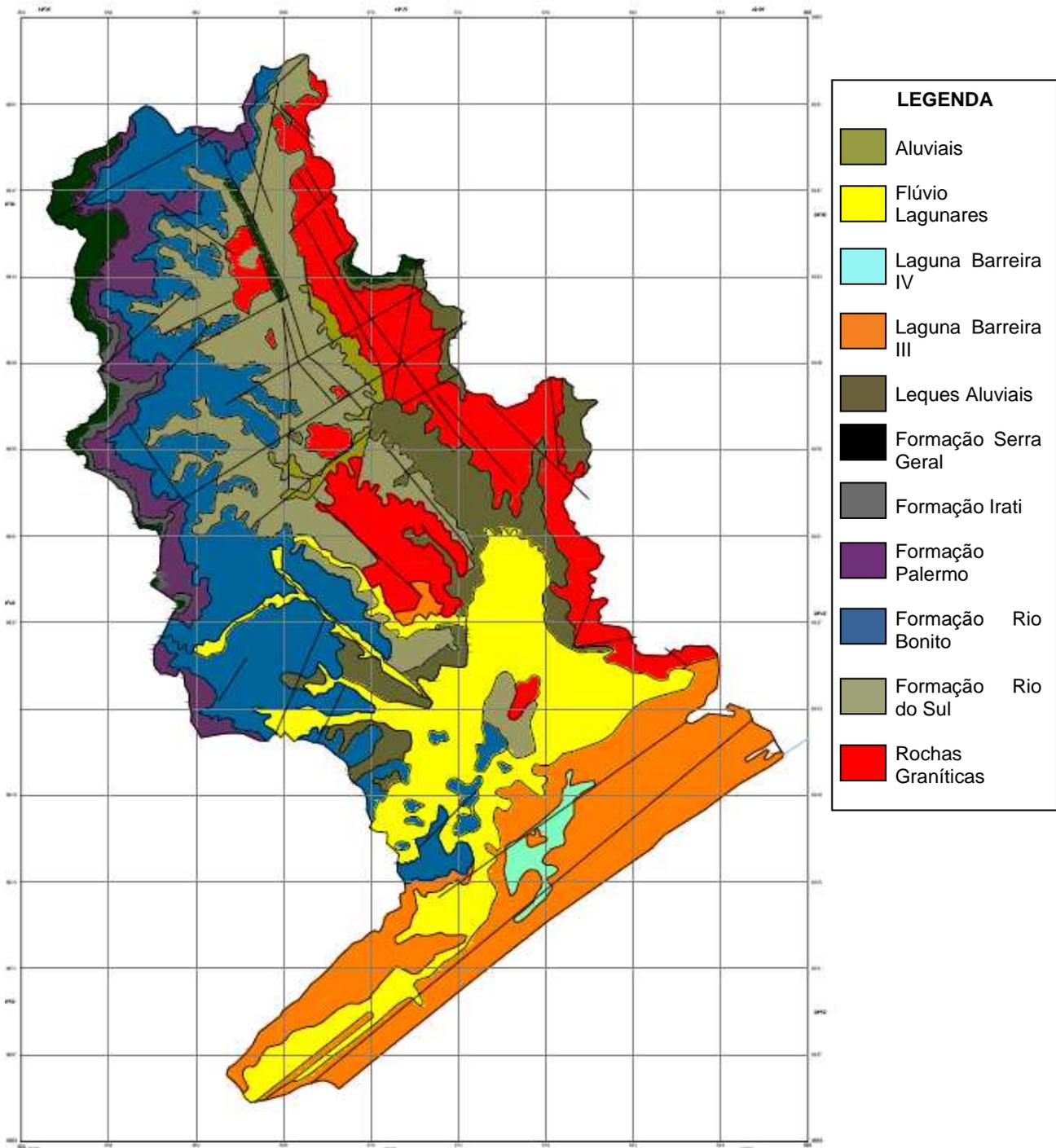


Figura 01: Mapa de localização dos sistemas aquíferos da bacia do rio Urussanga
Fonte: TREIN (2008)

3.2.1 Sistema aquífero relacionado às rochas graníticas do embasamento cristalino

O sistema aquífero composto pelas rochas graníticas do embasamento cristalino, quando recoberto pelas rochas gondwânicas, apresenta baixo grau de vulnerabilidade, que aumenta para alto nas áreas onde as rochas graníticas afloram e não possuem manto de intemperismo espesso. Paralelamente, na bacia do rio Urussanga desenvolve-se a atividade mineira de extração de areia para uso na construção civil ou como material de empréstimo para pavimentação de estradas. Esta atividade deixa o granito exposto às águas superficiais poluídas, aumentando seu grau de vulnerabilidade (TREIN, 2008:72).

De acordo com Trein (2008), este sistema aquífero possui baixa potencialidade aquífera. Porém, em zonas mais fraturadas /falhadas pode se obter boas vazões e água de boa qualidade. Isso foi observado por Trein (2008) em seus trabalhos de campo na Mina de Fluorita da Companhia Nitroquímica. Nesta mina, em níveis inferiores a 200 metros de profundidade, as zonas fraturadas mostram percolação de água ascendente, o que indica água confinada. O autor também observou água descendente de níveis superiores, o que sugere aquífero livre. Conforme o autor, em aproximadamente 3000 metros de galerias, as bombas que retiram a água trabalham diuturnamente com uma vazão média ao redor de 100 m³/h.

3.2.2 Aquíferos porosos relacionados às formações sedimentares da bacia sedimentar do Paraná

3.2.2.1 Sistema aquífero relacionado à Formação Rio do Sul

Trein (2008) destaca que este aquífero apresenta 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.

Este sistema é recarregado de duas formas diferentes: por infiltração direta, a partir das precipitações pluviométricas, ou por infiltração indireta, a partir de falhas abertas (com ou sem diques de diabásio encaixados) (TREIN, 2008). O mesmo autor destaca que a presença de camadas argilosas características desta formação conferem a este sistema aquífero vulnerabilidade natural baixa na porção central da bacia, onde o este aquífero é capeado por uma espessa seqüência de rochas predominantemente pelíticas, pouco permeáveis. Já na borda da bacia, a vulnerabilidade aumenta.

Quanto à potencialidade aquífera, SILVA (1984, *apud* Trein 2008), ao estudar a porção correspondente à área urbana do município de Içara, traz considerações a respeito de um poço que atravessou litologias pertencente à Formação Rio do Sul, sendo concluído com 102,50m. Este poço apresentou vazão de 30m³/h, com nível estático a 6,00m e nível dinâmico a 37,00m.

Trein (2008) destaca que observações retiradas da análise de perfis de sondagens realizadas para carvão permitem concluir que é no terço médio a inferior da Formação Rio do Sul, no encontram-se as litologias predominantemente arenosas ou areno-conglomeráticas que devem se encontrar os intervalos aquíferos com maior potencialidade.

3.2.2.2 Sistema aquífero relacionado à Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito aflora em grande área na bacia do rio Urussanga, onde ocupa uma faixa comprida que se estende de sudeste a noroeste. Por suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, conclui-se que este aquífero possui porosidade intergranular e é extenso (TREIN, 2008).

Quanto ao regime de fluxo deste aquífero, Trein (2008:73) destaca que:

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.

Este aquífero apresenta, no topo da Formação (Membro Siderópolis), alta vulnerabilidade natural, pois suas litologias são predominantemente arenosas. Aliado a isso, o fato de ocorrerem pilhas de rejeito piritoso sobre estas rochas arenosas confere aos aquíferos um alto risco de contaminação. Trein (2008) destaca que em todas as áreas onde houve atividades de mineração de carvão a céu aberto e em subsuperfície, bem como disposição de rejeito piritoso, constatou-se o comprometimento das águas deste aquífero.

Já os intervalos aquíferos relacionados à Seqüência Inferior (Seqüência Bonito) e aqueles relacionados à base da Formação Rio Bonito (Membro Triunfo), que são capeados por uma seqüência de rochas 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 (TREIN, 2008).

Quanto à potencialidade deste sistema aquífero, esta é muito variada. SILVA (1984, *apud* Trein 2008) calculou os parâmetros hidrodinâmicos de um poço construído na área urbana de Içara, no qual o referido autor apresenta valores de transmissividade e permeabilidade em m²/dia e m/dia. Os valores obtidos foram: transmissividade 439,20 m²/dia, permeabilidade 1.008 m/dia e coeficiente de armazenamento $7,4 \times 10^{-3}$.

3.2.2.3 Sistema aquífero relacionado à Formação Palermo

Este sistema aquífero, composto por litologias essencialmente pelíticas, apresenta baixa potencialidade aquífera. Porém, há uma exceção, que corresponde a um intervalo estratigráfico posicionado na base da Formação Palermo, com espessura inferior a 3 metros e constituído por intercalações de arenitos finos laminados com siltitos arenosos, ambos muito bioturbados (TREIN, 2008:74).

Quanto à porosidade e regime de fluxo deste aquífero, Trein (2008:74) destaca que:

devido as suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, conclui-se 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.

Por fim, o mesmo autor destaca que devido à natureza predominantemente pelítica de suas litologias a vulnerabilidade natural varia de baixa à moderada.

3.2.2.4 Sistema aquífero relacionado à Formação Irati

Este sistema aquífero apresenta litologia essencialmente pelítica. Desta forma, constitui-se em um aquífero de baixa potencialidade. Na sua base é constituído 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. Há freqüentes intrusões de diabásio (TREIN, 2008).

Conforme Trein (2008), este sistema apresenta vulnerabilidade natural baixa, águas de qualidade geralmente ruim, principalmente quando o pacote de folhelhos pirobetuminosos é mais extenso e espesso.

3.2.3 Sistema aquíferos fraturados relacionados às rochas basálticas da Formação Serra Geral

Este sistema aquífero constitui-se de rochas vulcânicas. Estas rochas são 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 dentro deste aquífero são controlados por meio de fraturas e juntas (TREIN, 2008).

Conforme Trein (2008) quando há ocorrência de um sistema de fraturamento mais superficial bastante denso, interligado ao manto ímperico, este 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 relaciona-se ao grande número de fontes que abastecem praticamente toda a população rural que reside na área da bacia do rio Urussanga.

Devido ao elevado grau de fraturamento da Formação Serra Geral, estes aquíferos apresentam alta vulnerabilidade e alto risco de contaminação a qualquer tipo de fonte de poluição que se instale sobre estas rochas. Conforme Trein (2008) tal poluição tem sido contida porque as áreas correspondentes aos topos dos morros têm sido poupadas de fontes de poluição, por 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. No entanto, há grande preocupação com relação à possibilidade de poluição destas águas pela prática da agricultura, pois os solos originados a partir da alteração das rochas basálticas geralmente são férteis, atraindo a atividade agrícola para grande parte das encostas e topo destes morros-testemunhos (TREIN, 2008:75).

3.2.4 Sistemas aquíferos relacionados aos depósitos Terciários/Quaternários

3.2.4.1 Sistema aquífero relacionado aos depósitos de leques aluviais

A área de ocorrência deste sistema aquífero concentra-se na porção central da bacia do rio Urussanga. Tais 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 (TREIN, 2008:75).

O intervalo inferior constitui-se predominantemente por material grosseiro (rudáceo), composto por depósitos de grânulos, seixos, cascalhos e blocos de rochas basálticas e graníticas. Estes depósitos possuem pequena cobertura de material argilo-arenoso. Neste intervalo há boas perspectivas para a exploração de água através de poços escavados, ponteiras ou poços tubulares (TREIN, 2008). A geometria das camadas é lenticular, podendo apresentar forma tabular nas áreas de afloramento.

De acordo com Trein (2008) este sistema aquífero possui vulnerabilidade natural que varia de moderada à extrema. 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 potencialidade aquífera, mas bastante susceptível à contaminação por agrotóxicos. Na bacia do rio Urussanga, a utilização de água contaminada por Drenagem Ácida de Mina para o cultivo de arroz irrigado, espalha este contaminante de maneira significativa.

3.2.4.2 Sistema aquífero Laguna Barreira III

Este sistema aquífero, que ocorre ao longo da costa intercalado com depósitos lagunares, está relacionado aos depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico. Estes depósitos apresentam boas condições para captação de água através de poços tubulares ou ponteiras, algo já bastante praticado na região. 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 (TREIN, 2008:76).

3.2.4.3 Sistema aquífero Laguna Barreira IV

Litologicamente este sistema aquífero apresenta intercalações de areias imaturas do ponto de vista textural e mineralógico, com lamas cinza-escuro, amareladas e, às vezes, pretas com muita matéria orgânica. Trein (2008) destaca que a área de ocorrência destes aquíferos é plana e mal drenada, com nível estático subafiorante durante a maior parte do ano. Apesar disso, a natureza predominantemente argilosa dos sedimentos e o alto teor de matéria orgânica são fatores que conferem um mau comportamento aquífero para esta unidade. De modo geral, esta unidade atua como aquífero de porosidade intergranular pouco extenso, semi-confinado e de baixa produtividade devido a predominância de sedimentos finos. Por fim, todas estas características conferem a este sistema aquífero riscos significativos de contaminação.

3.2.4.4 Sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares

O sistema aquífero relacionado aos depósitos flúvio-lagunares engloba um conjunto complexo de fácies fluviais e lagunares e de maneira subordinada fácies eólica. É formado por intercalações de siltes, argilas e areias. Este sistema aquífero apresenta vulnerabilidade natural que varia de moderada à alta e potencialidade aquífera que varia de pequena a média. Por fim, ao longo da planície do rio Urussanga, este aquífero apresenta alto risco de contaminação devido a prática do cultivo de arroz irrigado com uso de defensivos agrícolas. Nas demais porções, o risco de contaminação varia de moderado a alto (TREIN, 2008:77).

3.2.4.5 Sistema aquífero relacionado aos depósitos aluvionares

A área do sistema aquífero relacionado aos depósitos aluvionares está associada às calhas dos rios Cocal e Urussanga, na porção central da bacia. Constitui-se de conglomerados arenosos quando na calha de drenagem e por sedimentos mais finos na área da planície de inundação. A vulnerabilidade é considerada alta, com alto potencial hídrico nos sedimentos grosseiros (TREIN, 2008:77).

4. Cadastramento dos poços

Trein (2008) cadastrou em seu trabalho um total de 240 pontos de água na bacia do rio Urussanga. Deste total, 64 são poços tubulares profundos (aquíferos confinados), 33 poços ponteiros, 98 poços escavados e 45 pontos com fontes naturais. O sistema de amostragem para os poços tubulares foi do tipo varredura, enquanto que para os demais poços e fontes de amostragem foi realizado o cadastramento de 01 ponto a cada 2km² em média.

Já Sant'ana (2008) procedeu a análise hidroquímica das amostras de águas subterrâneas coletadas em 30 pontos de água da bacia do rio Urussanga. Tais pontos estão entre os 240 anteriormente cadastrados por Trein (2008).

Trein (2008) chama a atenção para a grande quantidade (60% do total) de poços tubulares profundos cadastrados que apresentam falhas construtivas, principalmente no que tange aos itens relacionados a proteção contra infiltração de águas superficiais (perímetros de proteção, laje sanitária, cimentação do espaço anelar e tamponamento). O mesmo autor destaca que a situação dos poços tipo ponteiros é crítica, pois a grande maioria não possui a proteção sanitária prevista nas diretrizes de construção de poços.

Os problemas acima relatados estendem-se aos poços escavados. Segundo mesmo autor, apesar de vários poços cadastrados apresentarem proteção superficial, esta não ocorre nos primeiros metros abaixo do nível do terreno onde o poço foi escavado, nem possuem perímetro de proteção e tamponamento adequado. Quanto às fontes naturais, Trein (2008) destaca que muitas fontes são utilizadas para consumo humano sem tratamento químico bactericida. Excetuam-se as águas coletadas em fontes pela CASAN que alimentam as Estações de Tratamento de Águas (ETA) e, portanto, recebem o tratamento adequado.

5. Principais atividades responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas

De acordo com Sant'ana (2008) as águas superficiais ou subterrâneas, em estado natural, nunca são totalmente puras, pois contêm substâncias variadas em sua composição, tais como sais dissolvidos em proporções variadas, colóides em suspensão, etc. Devido a isso, toda água necessita de um prévio tratamento antes de ser destinada a um uso específico.

A poluição e contaminação das águas subterrâneas costuma ser causada por diferentes atividades. De modo geral, tais águas são contaminadas por sistemas de saneamento sem coleta e tratamento, atividades agrícolas, infiltração de águas contaminadas provenientes de rios e a várias atividades industriais com disposição de efluentes líquidos (FOSTER *et al.* 1987 *apud* SANT'ANA 2008) e (TREIN, 2008). Paralelamente, a poluição das águas subterrâneas pode ocorrer também por intrusão de água do mar em água doce dos aquíferos, tanques de armazenamento e confinamento de animais (SANT'ANA, 2008).

Trein (2008) destaca que a piora da qualidade das águas subterrâneas vem ocorrendo à medida que o homem ocupa o solo. Este processo, especialmente em grandes áreas urbanas, gera grande quantidade de efluentes e/ou resíduos domésticos e industriais, que são dispostos no meio ambiente sem tratamento ou de forma inadequada. Aliado a isso, o autor destaca a impossibilidade de recuperação de aquíferos muito contaminados, principalmente quando os contaminantes são extremamente tóxicos, como os compostos organo-sintéticos.

De acordo com Sant'ana (2008) as fontes de poluição podem ser pontuais ou difusas. Quando a fonte de poluição concentra-se numa pequena superfície, tem-se a fonte pontual. Já quando a fonte de poluição se estende sobre uma grande superfície tem-se a fonte difusa.

A perda qualitativa das águas subterrâneas ocorre quando as mesmas entram em contato com as águas superficiais. De modo geral, os pontos de maior poluição das águas subterrâneas localizam-se em áreas altamente industrializadas e povoadas, onde pode ocorrer poluição por derivados de petróleo, derivados industriais, como os metais pesados, contaminantes radioativos e detergentes. Paralelamente há os resíduos das atividades agrícolas e agroindustriais que também podem ser diagnosticados como substâncias artificiais componentes das águas subterrâneas. Tais resíduos podem alterar a constituição química natural das águas subterrâneas (SANT'ANA, 2008:81).

A intensidade da poluição de um aquífero depende de uma série de fatores. Conforme Krebs (2004), os aquíferos não-confinados, especialmente aqueles localizados em locais em que o nível freático é raso, são mais suscetíveis à poluição. Já os aquíferos profundos e confinados estão mais protegidos de poluição superficial, a não ser em casos de poluentes muito tóxicos e persistentes, e poluição induzida pelos próprios poços quando mal executados.

Para evitar tal problema, Trein (2008) destaca a necessidade da prevenção da contaminação dos aquíferos. Para que estes sejam preservados deve-se, segundo o autor, estabelecer 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.

5.1- Poluição/contaminação das águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga

O comprometimento da qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Urussanga tem origem em diferentes fontes poluentes. Trein (2008) destaca que a principal atividade econômica desenvolvida na bacia que causa o comprometimento das águas subterrâneas são atividades de lavra e beneficiamento de carvão mineral. Estas atividades comprometem os recursos hídricos subterrâneos por meio drenagem ácida.

Alexandre & Krebs (1995) salientam que a comprometimento das águas das chuvas infiltram-se sobre os rejeitos de carvão mineral e alcançam os corpos hídricos, superficiais e/ou subterrâneos, promovendo a sua degradação. Como resultado deste processo, tais águas adquirem baixos valores de pH, 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.

Esta drenagem ácida também pode contaminar o solo e subsolo em áreas não recobertas por material oriundo da mineração. De acordo com Trein (2008) isso ocorre por meio da inundação de regiões não contaminadas com águas de drenagens ácidas e pelo avanço da pluma de poluição, a partir das áreas já poluídas.

Conforme o mesmo autor, nas proximidades de centros urbanos, onde ocorre uma grande concentração de indústrias com alto potencial poluidor e 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. Exemplo disso ocorre no município de Içara onde foi diagnosticada a contaminação dos aquíferos por manganês e ferro, encontrados em níveis altos, o que inviabiliza o consumo humano daquelas águas (TREIN, 2008:139).

O mesmo autor destaca a ameaça de poluição causada pelo aumento das concentrações de nitratos e de hidrocarbonetos halogenados voláteis. Os nitratos, presentes em excrementos humanos e de animais, podem ser veiculados por alguns sistemas de tratamento de esgoto que apresentem riscos de 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 (TREIN, 2008:30).

Nas áreas agrícolas há o problema da contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos pelo uso intensivo e inadequado de fertilizantes, herbicidas e pesticidas agrícolas. Trein (2008) destaca que 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, substância que move-se com a água subterrânea e pode atingir extensas áreas. Os nitratos podem ser transformar em nitritos no estômago dos lactentes, o que causa um problema de oxigenação do sangue e um risco cancerígeno (por transformação em nitrosamina).

Conforme Trein (2008), a poluição por pesticidas ocorre quando estes são encontrados em doses críticas nas águas subterrâneas, como é o caso da atrazina. No caso dos tóxicos, o autor destaca que 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).

Por fim, há o impacto da agricultura irrigada sobre as águas subterrâneas. 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 (TREIN, 2008). Conforme Sant'ana (2008), na Planície Fluvial do rio Urussanga, a prática do cultivo de arroz irrigado gerou uma demanda por água que está sendo suprida pela adução de águas ácidas do rio Urussanga. Esta prática, somada à utilização de agroquímicos de uso da rizicultura, recarrega o aquífero dessa unidade geomorfológica, comprometendo-o. Paralelamente a isso, o autor destaca que na Unidade Geomorfológica das Rochas Sedimentares, o plantio de fumo e as lagoas de decantação das mineradoras e indústrias químicas devem estar comprometendo o aquífero poroso.

Na área costeira, Trein (2008) destaca que os sistemas aquíferos relacionados aos depósitos arenosos de origem praial e retrabalhamento eólico correm sério risco de contaminação das águas subterrâneas devido à possibilidade de avanço da cunha salina, o que poderá ser ocasionado pela sobre-exploração destes aquíferos. Tais aquíferos vêm sendo muito explorados por indústrias que captam estas águas por meio de sistemas integrados de ponteiros (corresponde a várias ponteiros interligadas, explotadas por uma única bomba) e para abastecimento doméstico em todos os balneários por meio de poços tipo ponteiros.

Apesar de todos os problemas diagnosticados quanto aos recursos hídricos subterrâneos na bacia do rio Urussanga, Trein (2008) destaca que em praticamente toda a bacia a infiltração de água superficial poluída ainda não atingiu as proporções alarmantes nos aquíferos confinados, excetuando-se aquele localizado em Içara. Conforme o autor isso ocorre provavelmente pelo 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.

6. Qualidade das águas subterrâneas

6.1 Caracterização hidroquímica

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga foi desenvolvida por dois autores, Trein (2008) e Sant'ana (2008). De modo geral, os resultados dos estudos efetuados por Trein (2008), demonstram que as águas dos aquíferos fraturados, que ocorrem sobre litologias graníticas e basálticas, apresentam pH neutro a levemente ácido, com valores desde 4,9 (PE-66) até 6,9 (PT-02) e valores de condutividade que variam de 137 μ S/cm (PT-11) a 56 (FT-6). Segundo o autor, as águas destes sistemas são do tipo bicarbonatadas sódicas (28,6%), e sulfatadas ou cloretadas sódicas (71,4%).

Porém, Sant'ana (2008), ao estudar as águas dos poços tubulares profundos, extraídas do aquífero confinado, em grande parte localizado sobre litologias graníticas e basálticas, afirma, por meio das análises dos diagramas de Piper e Stiff, que estas águas são em sua maioria bicarbonatadas sódicas.

Já os aquíferos porosos das Formações Rio do Sul e Rio Bonito, apresentam mistura maior. De 14 pontos analisados por Trein (2008), 14,4% situam-se nas águas bicarbonatadas magnesianas ou cálcicas; 35,7% são do tipo bicarbonatadas sódicas e 50% são classificadas como sulfatadas ou cloretadas sódicas. Já as águas das fontes naturais estudadas pelo mesmo autor, são compostas por 14,3% do tipo bicarbonatadas sódicas e 85,70% do tipo sulfatadas ou cloretadas sódicas.

Da mesma forma, Sant'ana (2008), ao analisar as águas dos aquíferos freáticos (poços escavados, ponteiros e fontes naturais) afirma que estas são em sua maioria cloretadas sódicas, ressaltando a influência direta da água da chuva com influência marinha. Ou seja, tais resultados vão de encontro aos estudos desenvolvidos por Trein (2008).

6.2 Qualidade das águas subterrâneas

A análise da qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio Urussanga foi realizada com base nos dados das fontes de água analisadas no laboratório do IPAT/UNESC e apresentados nos trabalhos de Trein (2008) e Sant'ana (2008). Estes dados são apresentados no quadro 02 a seguir.

Em seguida os resultados das amostras de água subterrânea coletadas foram confrontados com os limites estabelecidos para cada parâmetro pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de qualidade exigidos para águas destinadas ao consumo humano. Deste modo, os valores grafados em cor amarela no quadro 02 a seguir referem-se às amostras de água subterrânea fora dos padrões de qualidade exigidos pela legislação consultada.

Quadro 02: Dados brutos das amostras de água subterrânea da bacia do rio Urussanga

Estação	Grupo	pH	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Na (mg/l)
Padrão		6,0 a 9,5	250	250	0,2	0,3	0,1	200
PT-01-PG-ur	PT	6,5	8,8	12,2	1,36	0,26	0,000	15,67
PT-02-TM-ur	PT	6,9	6,6	12,3	0,78	0,00	0,140	13,33
PT-03-MF-ur	PT	6,8	9,6	13,6	1,15	0,71	0,000	18,68
PT-08-UR-ur	PT	6,8	10,1	25,5	1,64	0,15	0,000	15,80
PT-11-UR-ur	PT	5,9	8,5	14,3	1,62	0,04	0,000	7,44
PT-13-UR-ur	PT	5,5	9,7	11,9	0,44	0,00	0,000	6,91
PT-19-UR-ur	PT	7,4	9,5	31,5	1,17	0,48	0,000	42,53
PT-20-UR-ur	PT	7,3	17,6	14,0	1,31	0,53	0,000	31,28
PT-23-LS-ur	PT	7,6	29,1	22,8	2,10	0,05	0,000	58,90
PT-29-MF-ur	PT	5,6	24,9	0	0,91	0,00	0,000	19,99
PT-30-MF-ur	PT	7,7	498,6	82,5	1,06	0,26	0,000	205,75
PT-38-IÇ-ur	PT	7,0	16,5	15,6	0,39	1,68	0,480	17,28
PT-64-IÇ-ur	PT	6,8	24,1	17,5	1,09	2,16	0,310	28,60
PO-04-JG-ur	PO	5,6	14,8	13,3	0,37	0,05	0,000	10,09
PO-08-JG-ur	PO	5,0	22,0	12,0	0,59	0,00	0,000	11,23
PO-19-JG-ur	PO	5,8	19,6	0	0,19	0,26	0,510	13,89
PO-21-IÇ-ur	PO	6,7	11,6	12,1	0,84	0,00	0,000	5,47
PO-23-IÇ-ur	PO	4,9	8,2	0	0,09	0,00	0,000	4,89
PE-16-UR-ur	PE	5,2	10,2	12,6	0,28	0,00	0,000	7,49
PE-21-UR-ur	PE	4,7	6,9	21,5	3,50	0,45	0,000	2,95
PE-41-CR-ur	PE	4,8	17,4	12,8	1,73	0,30	0,000	8,94
PE-66-IÇ-ur	PE	4,9	14,6	12,6	2,07	0,07	0,370	8,87
PE-72-IÇ-ur	PE	5,4	20,1	11,0	1,62	0,18	0,130	13,34
FT-01-UR-ur	FT	5,2	5	0	2,38	0,57	0,000	2,79
FT-04-LS-ur	FT	6,3	6,1	13,6	2,41	0,34	0,000	6,11
FT-06-UR-ur	FT	6,3	7,6	14,8	0,24	0,41	0,000	5,72
FT-09-UR-ur	FT	5,6	6,4	0	1,91	0,06	0,000	6,41
FT-11-UR-ur	FT	6,7	4,2	19,8	2,14	0,19	0,000	4,32
FT-36-TM-ur	FT	6,6	8,7	13,5	1,10	0,56	0,000	7,09
FT-43-IÇ-ur	FT	6,3	15,2	13,0	0,35	0,22	0,000	11,96

Fonte: Adaptado de Sant'ana (2008:118).

Onde:

PT	PT – Poço Tubular
PO	PO – Ponteira
PE	PE – Poço Escavado
FT	FT – Fonte ou Nascente
	Parâmetro fora do padrão de qualidade para águas destinadas ao consumo humano segundo a Portaria 518/2004 do MS.

Após a análise do quadro acima decidiu-se mapear os pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Urussanga para os parâmetros pH, ferro e alumínio. Essa escolha justifica-se por serem estes parâmetros os que representam maiores riscos a qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Urussanga atualmente.

Pela análise do quadro 02 acima percebe-se que o principal problema relacionado a qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Urussanga diz respeito a alta concentração de alumínio nas amostras de água analisadas. Esta contaminação está presente em todas as partes da bacia, conforme pode ser visto no mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea – parâmetro alumínio (figura 02).

Em seguida observa-se grande quantidade de amostras de água subterrânea com valor de pH fora dos padrões de potabilidade para consumo humano, ou seja, águas ácidas. Os pontos com águas subterrâneas com valor de pH abaixo do limite estabelecido pela legislação são os poços tubulares (PT-11 e PT-13) no município de Urussanga e (PT-29) no município de Morro da Fumaça; bem como as ponteiras (PO-04, PO-08 e PO-19) no município de Jaguaruna e (PO-23) no município de Içara. Também apresentaram amostras de água com baixo valor de pH os poços escavados (PE-16 e PE-21) no município de Urussanga, (PE-41) no município de Criciúma, (PE-66 e PE-72) no município de Içara e as fontes (FT-01 e FT-09) no município de Urussanga. Todos os pontos citados podem ser visualizados no mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea – parâmetro pH (figura 03).

Há também elevado número de amostras com concentrações de ferro e manganês acima do permitido pela legislação consultada para águas destinadas ao consumo humano. Os pontos que apresentaram amostras de água subterrânea com concentração de ferro acima do limite permitido pela legislação vigente são os poços tubulares (PT-03) no município de Morro da Fumaça, (PT-19 e PT-20) no município de Urussanga e (PT-38 e PT-64) no município de Içara; bem como o poço escavado (PE-21) no município de Urussanga. Também apresentaram amostras de água com concentração de ferro acima dos limites permitidos as fontes (FT-01 e FT-06) no município de Urussanga, (FT-04) no município de Cocal do Sul e (FT-36) no município de Treze de Maio. Todos os pontos citados podem ser visualizados no mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea – parâmetro Ferro (figura 04).

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea - Parâmetro Alumínio

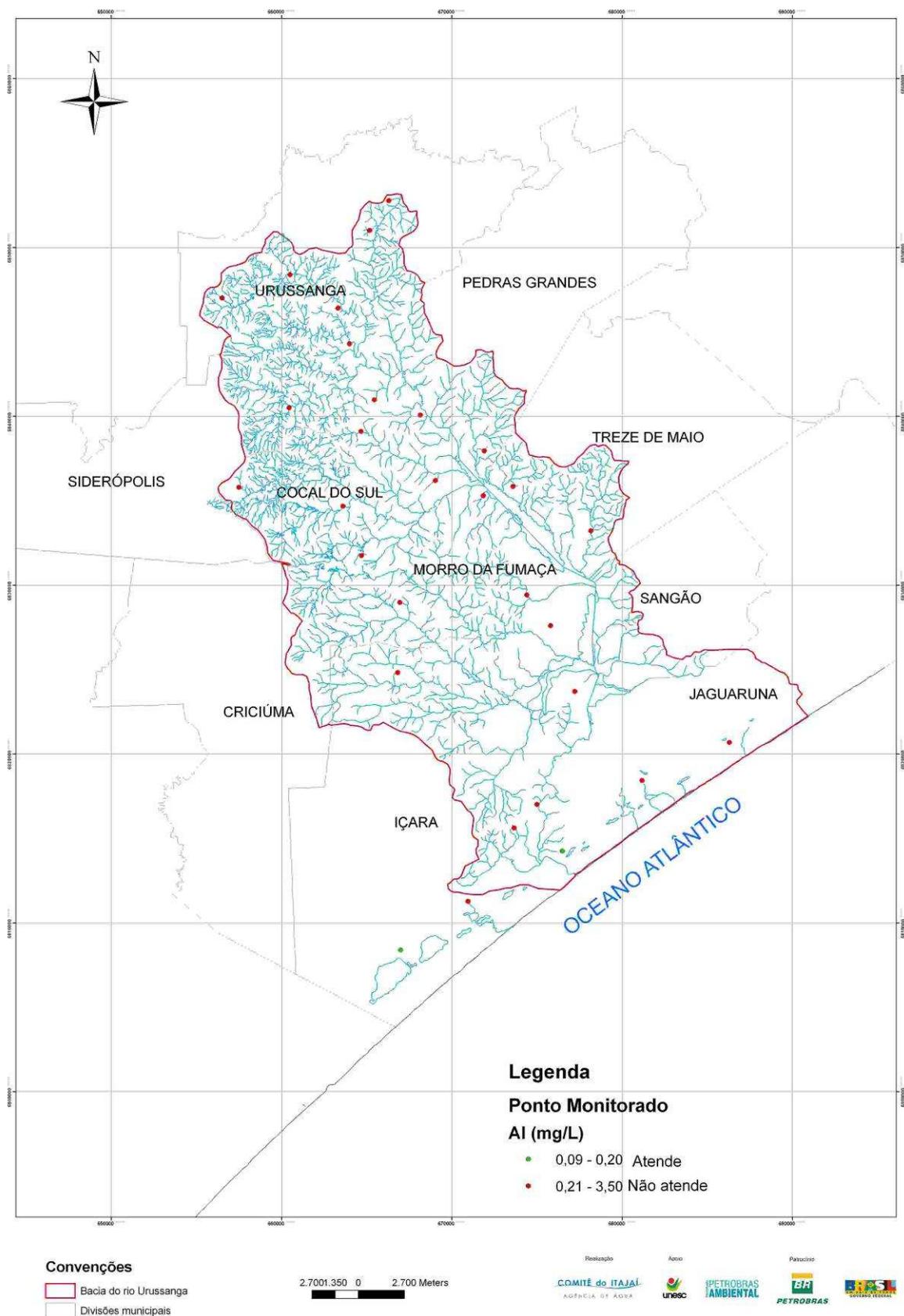


Figura 02: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Urussanga – parâmetro Alumínio.

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea - Parâmetro pH

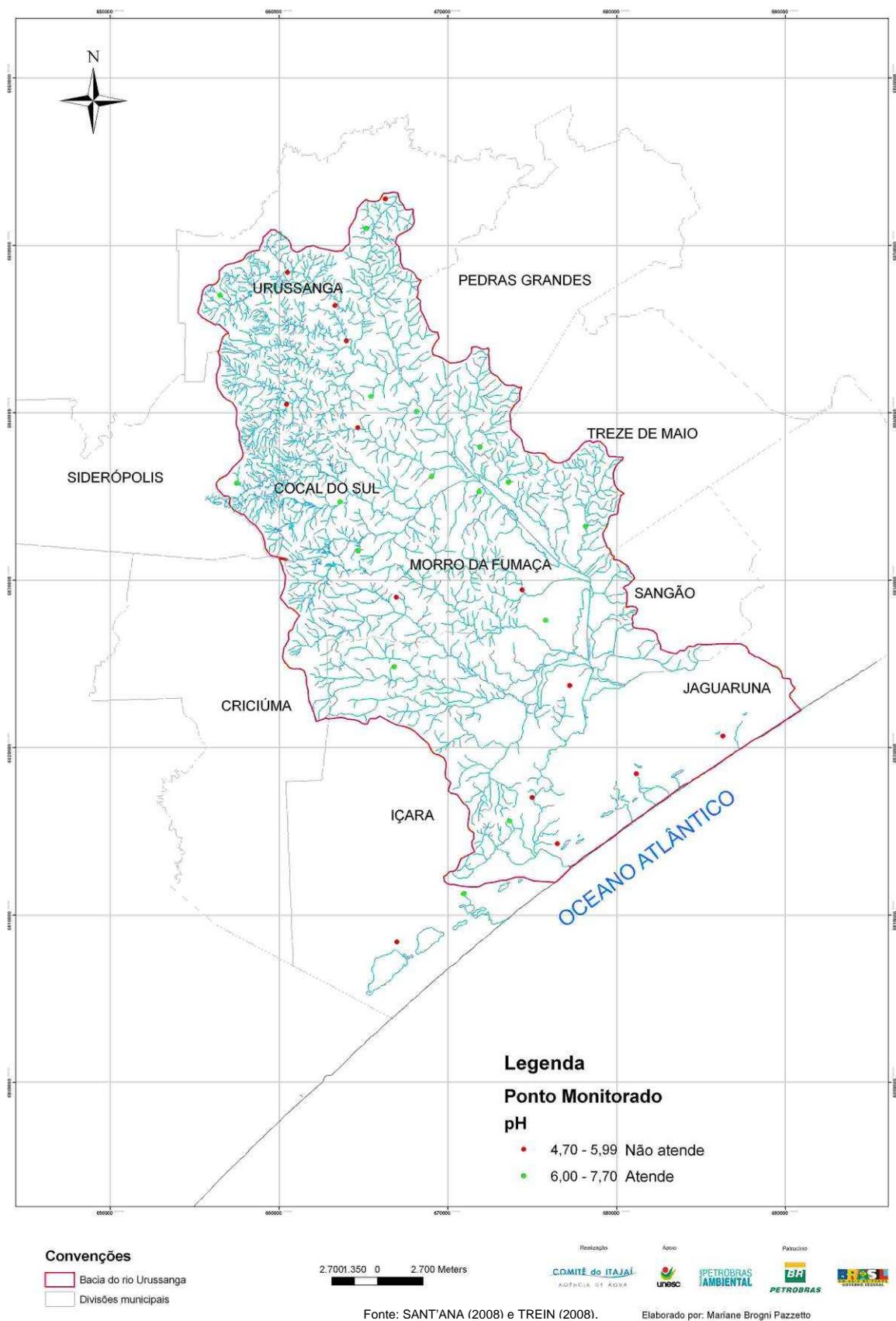


Figura 03: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Urussanga – parâmetro pH.

Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea - Parâmetro Ferro

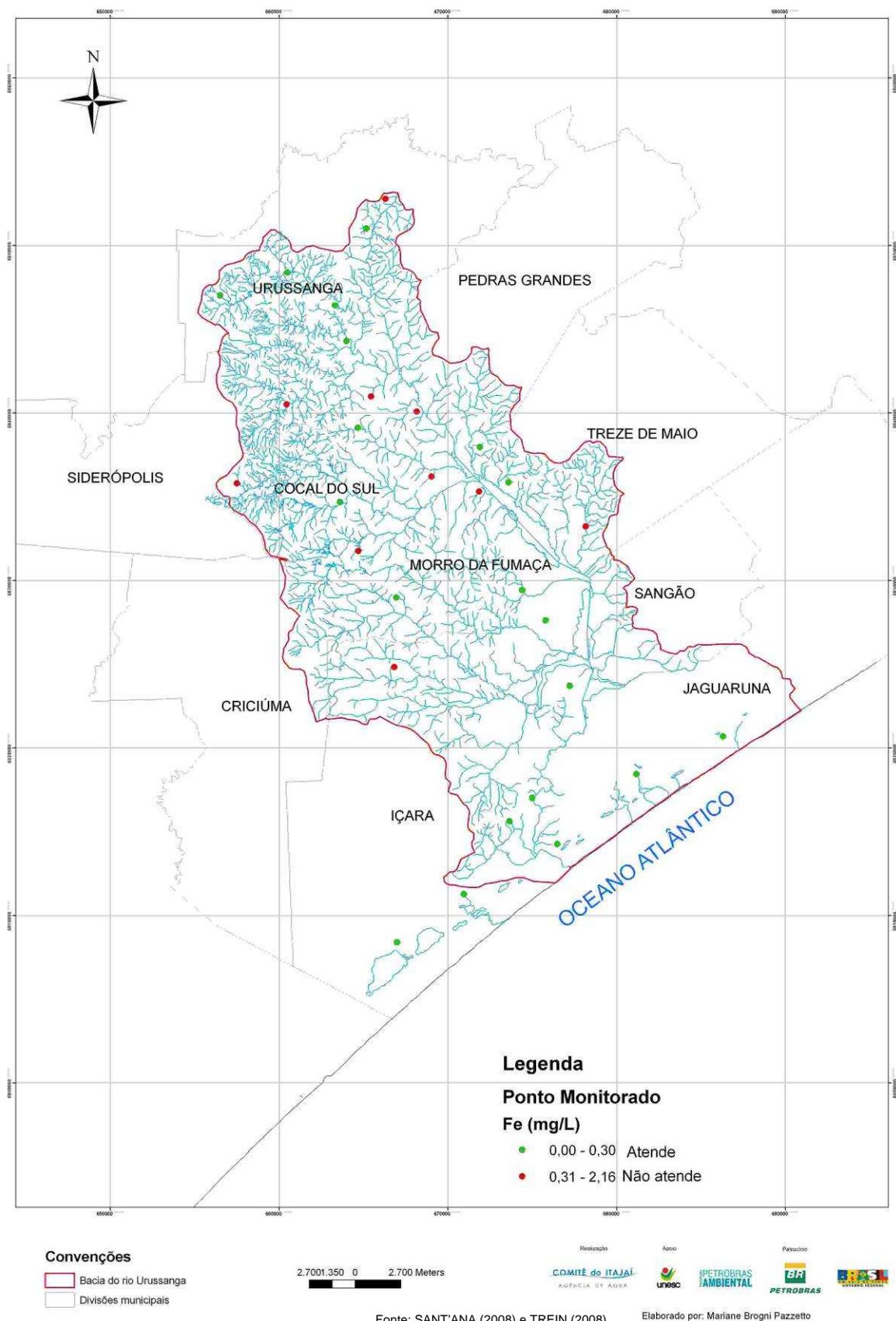


Figura 04: Mapa de localização dos pontos com análise de água subterrânea na bacia do rio Urussanga – parâmetro Ferro.

7. Problemas relacionados aos recursos hídricos subterrâneos na bacia do rio Urussanga

Os trabalhos desenvolvidos por Trein (2008) e Sant'ana (2008) permitiram identificar os seguintes problemas com relação às águas subterrâneas na bacia do rio Urussanga:

- a) Invasão da cunha salina nos aquíferos localizados próximo a faixa litorânea, fato constatado por meio da elaboração dos mapas de condutividade elétrica e potenciométrico, que também permitiu visualizar a direção de migração da cunha salina.
- b) Contaminação dos aquíferos confinados por manganês no município de Içara.
- c) Contaminação dos aquíferos freáticos e confinados por drenagem ácida das minas.
- d) Possibilidade de aumento da poluição por drenagem ácida se ocorrer o desassoreamento do rio Urussanga para prevenir enchentes. Isso pode causar a re-exposição dos rejeitos piritosos para ambientes oxidantes, aumentando a contaminação por drenagem ácida. Atualmente, tais rejeitos estão parcialmente recobertos e misturados com sedimentos finos argilosos que inibem a degradação da pirita.
- e) Mudanças na qualidade da água de aquíferos ocasionada por poços mal construídos em que há colapso de filtro ou vedação inadequada.

Referências

BRASIL. **Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Portaria nº 518 de 2004. Brasília: Ministério da Saúde.

KREBS, A. S. J. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC.** Florianópolis: UFSC, 2004. Tese de Doutorado. 375p.

TREIN, Heinz Alfredo. **A implicação antrópica na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Urussanga – SC.** Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista, 2008. Tese de Doutorado. 149p.

SANT'ANA, Willian de Oliveira. **Qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na bacia do rio Urussanga, SC.** Florianópolis: UFSC, 2008. Dissertação de Mestrado. 194p.