

**Centro Universitário Feevale
Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica
Mestrado em Qualidade Ambiental**

Carlos Augusto do Nascimento

**Arroio Pampa: Condição Atual e Sua Contribuição
Para as Águas do Rio dos Sinos**

Novo Hamburgo, 2007

Centro Universitário Feevale
Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica
Mestrado em Qualidade Ambiental

Carlos Augusto do Nascimento

**Arroio Pampa: Condição Atual e Sua Contribuição
Para as Águas do Rio dos Sinos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Gestão Tecnológica: Qualidade Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Miriam de Freitas Soares
Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues

Novo Hamburgo, 2007

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Nascimento, Carlos Augusto do

Arroio Pampa : condição atual e sua contribuição para as águas do Rio dos Sinos / Carlos Augusto do Nascimento. – 2007.

107 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica: Mestrado em Qualidade Ambiental, Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.

Inclui bibliografia.

“Orientador: Prof. Dr. Miriam de Freitas Soares ; Co-orientador: Prof. Dr Marco Antônio Siqueira Rodrigues”.

1. Água – Consumo. 2. Água – Poluição. 3. Sinos, Rio dos, Bacia do (RS). I. Título

CDU 628.2

Bibliotecária responsável: Rosângela Terezinha Silva – CRB 10/1591

**Centro Universitário Feevale
Programa de Pós-Graduação em Gestão Tecnológica
Mestrado em Qualidade Ambiental**

Carlos Augusto do Nascimento

**Arroio Pampa: Condição Atual e Sua Contribuição
Para as Águas do Rio dos Sinos**

Dissertação de mestrado aprovada pela banca examinadora em 19 de dezembro de 2007, conferindo ao autor o título de mestre em Gestão Tecnológica: Qualidade Ambiental.

Componentes da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Miriam de Freitas Soares (Orientador)

Centro Universitário Feevale

Prof. Dr. Marçal José Rodrigues Pires

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande
do Sul

Prof. Dr. Roberto Harb Naime

Centro Universitário Feevale

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Feevale por disponibilizar condições para a realização das determinações físico-químicas e microbiológicas.

A Scheila, a Naira e ao Filipe pela realização da maior parte dos ensaios.

A Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) pela medição da vazão nos pontos de monitoramento no arroio Pampa.

Ao biólogo Matheus pela disposição e pelo transporte durante as coletas.

A COMUSA e a SEMAM pelo apoio logístico nas coletas realizadas.

A Tati, ao Felipe e o Caliel por apoiarem incondicionalmente esta proposta de estudo e principalmente pela compreensão do meu afastamento de suas vidas por este breve período.

RESUMO

Arroios que passam por centros urbanos, via de regra, carregam em suas águas esgoto doméstico e efluentes industriais. Embora a legislação ambiental brasileira determine o monitoramento, e a classificação destes corpos hídricos, com posterior publicação dos resultados obtidos, na maioria dos casos isto efetivamente não ocorre. O arroio Pampa com a maior parte do seu território no município de Novo Hamburgo – RS – Brasil, passa por bairros densamente habitados, tem todo o esgoto doméstico destes bairros escoado por suas águas, é corpo receptor de efluentes industriais, e apesar de ter sua foz a aproximadamente 1,5 km do ponto de captação de água para o consumo de mais de 250.000 pessoas, é exemplo típico desta situação. Este trabalho monitorou por período de um ano as águas do arroio Pampa, e as águas do rio dos Sinos a montante da foz do arroio, com coletas espaçadas por aproximadamente 45 dias, buscado a classificação segundo a Resolução CONAMA 357 e a influência das águas do arroio no ponto do Rio dos Sinos onde se localiza a captação de água para consumo do município de Novo Hamburgo. A determinações dos parâmetros nos pontos de amostragem do arroio Pampa e do ponto localizado no rio dos Sinos a montante da foz do arroio, foram realizadas pela Central Analítica do Centro Universitário FEEVALE. Para a comprovação da influência das águas do arroio nas águas do Rio dos Sinos no ponto de captação da Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA), usou-se dados desta companhia e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM), entidades que monitoram este ponto de retirada de água. As águas do arroio Pampa apresentaram para alguns parâmetros características semelhantes a de esgoto doméstico, e em algumas coletas altos teores de cromo e níquel. O impacto causado as águas do Rio dos Sinos pelas águas do arroio Pampa é relativo a esgoto doméstico. porém a constatação de níveis significativos de cromo e níquel, requer cuidados preventivos quanto a influência dos efluentes industriais nas águas do arroio. A solução para as atuais péssimas condições químicas e microbiológicas das águas do arroio Pampa passa necessariamente pela construção e operação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico, além de um efetivo monitoramento dos efluentes industriais.

Palavras-Chave: Qualidade da água; Monitoramento; Arroio Pampa; Poluição.

ABSTRACT

Streams which pass by urban centers, as a rule, carry domestic sewage and industrial effluents in their waters. Although the Brazilian environmental legislation determines their control and the classifications of these hydric bodies with posterior publication of the obtained results, this fact does not effectively occurs. The Pampa stream, with the major part of its territory in the municipal district of Novo Hamburgo - RS - Brasil, passes by densely inhabited districts. All of the domestic sewage from these districts is flowed off by its waters as a receptor body of industrial effluents. And, in despite of having its mouth about 1,5 km far from the point of water caption for the consume of more than 250,000 people, it is a typical example of this situation. This work monitored the waters of the Pampa stream for a period of one year and the waters of the Sinos river at the upstream of the stream mouth, with sampling seat at intervals of 45 days, searching for the classification according to the CONAMA 357 resolution and the influence of the stream waters in the point of the Sinos river where the caption of water for consume of the municipal district of Novo Hamburgo is located. The determinations of parameters in the sampling points of the Pampa stream and of the located point in the Sinos river at the upstream of the streamlet mouth, were accomplished by the Central Analítica do Centro Universitário FEEVALE. Data from Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA) were used to prove the influence of the stream waters in the waters of Sinos river in the point of caption of the company named above, as well as, data from the Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS (FEPAM), entities which monitor that point of withdrawal of water. The Pampa stream waters presented characteristics similar to domestic sewage to some parameters, and, in some sampling, high tenors of chrome and nickel. The impact caused to the waters of Sinos river by the waters of Pampa stream is related to the domestic sewage. However, the confirmation of meaningful levels of chrome and nickel demands preventive care on the influence of the industrial effluents in the stream waters. The solution for the currently awful chemical and microbiological conditions of the Pampa waters, necessarily, passes by the construction and operation of waste water treatment systems, added to an effective control of industrial effluents.

Key Words: Water quality; Monitoring; Stream Pampa; Pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água no mundo por características e sua localização no espaço.	5
Figura 2 – Representação do ciclo hidrológico.	6
Figura 3 – Disponibilidade hídrica no Brasil m ³ /habitante/ano.	8
Figura 4 – Consumo média de água por tipo de usuário no mundo e nos continentes.....	9
Figura 5 - Mortandade de peixes no rio dos Sinos em outubro de 2006.	12
Figura 6 – Escoamento urbano contribuinte do Arroio Pampa.....	19
Figura 7 – Localização geográfica da micro-bacia do Pampa.....	28
Figura 8 – Trecho médio do arroio Pampa, localizado no bairro de Canudos.....	29
Figura 9 – Foz do arroio Pampa.....	29
Figura 10 - Projeto apresentado em 1982, propondo o desvio do arroio Pampa.....	30
Figura 11 - Projeto de desvio do arroio iniciado em 1988.	31
Figura 12 – Abertura do canal para desvio do arroio Pampa.....	32
Figura 13 –Localização geográfica dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e PQ.....	40
Figura 14 - Valores de pH verificados durante o monitoramento das águas do arroio Pampa e do Rio dos Sinos.	42
Figura 15 - Valores de máximo, mínimo e média do parâmetro pH, nos pontos P1, P2 e P3.	43
Figura 16 - Resultados para a temperatura da água obtidos no monitoramento dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5.....	44
Figura 17 – Resultados para OD obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2, P3 (arroio Pampa) e os pontos P4 e P5 (Rio dos Sinos).	44

Figura 18 – Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro OD nos pontos monitorados do arroio Pampa.....	45
Figura 19 – Ponto de amostragem P2 (arroio Pampa).	46
Figura 20 – Valores de mínimo, média e máximo para teor de OD nos pontos monitorados no arroio Pampa.....	47
Figura 21 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro OD no ponto de monitoramento P4.....	47
Figura 22 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro OD no ponto de monitorado da captação de água bruta da COMUSA (P5).....	48
Figura 23 - Resultados para DBO ₅ obtidos para os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 durante o período monitorado.....	49
Figura 24 – Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro DBO ₅ nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3.....	50
Figura 25 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro DBO ₅ nos pontos de monitoramento P4 e o ponto P5.....	51
Figura 26 - Resultados para coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3.	52
Figura 27 – Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) nos pontos monitorados no arroio Pampa.	53
Figura 28 - Resultados para o parâmetro coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) obtidos durante o monitoramento para os pontos P4 e P5.	53
Figura 29 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) no ponto P4.....	54
Figura 30 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) no ponto de monitorado de captação de água bruta da COMUSA (P5).....	54
Figura 31 - Porcentagem de ocorrência de classes para os parâmetros OD, DBO ₅ , coliformes fecais (<i>Escherichia Coli</i>) e pH nos pontos de monitorado P4 (Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa) e no ponto P5 (local da captação de água bruta da COMUSA, a jusante da foz do arroio Pampa).....	55
Figura 32 - Resultados para o parâmetro fósforo total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2 , P3 e P4.	56

Figura 33 - Porcentagem por ocorrência de classes para o parâmetro fósforo total no ponto de monitoramento P4.....	58
Figura 34 - Porcentagem de ocorrência por classes para fósforo total nos ponto de coleta P1, P2 e P3.....	57
Figura 35 - Resultados para nitrogênio total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e do ponto P4.....	59
Figura 36 - Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro fósforo total, para os pontos de amostragem P1, P2 e P3.....	59
Figura 37 - Resultados de níquel total obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3 no arroio Pampa. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de $0,0058 \text{ mg L}^{-1}$	60
Figura 38 - Resultados de níquel obtidos durante o monitoramento para o ponto P2, com apresentação do valor máximo permitido pela Resolução (VMP) CONAMA 357/2005 para a classe 3.....	61
Figura 39 - Porcentagem por ocorrência de classes, nos pontos de monitoramento P1 P2 e P3.	61
Figura 40 - Resultados para o parâmetro níquel total obtidos durante o monitoramento para o ponto de amostragem P4. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de $0,0058 \text{ mg L}^{-1}$	62
Figura 41 – Resultados do monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 3. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo – RS.....	63
Figura 42 - Resultados para o parâmetro cromo total obtidos durante o período monitorado nos pontos P1, P2 e P3.	64
Figura 43 - Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto P1 no arroio Pampa, com apresentação do valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA 357/2005 para a classe 1.	65
Figura 44 - Porcentagem de ocorrência de classes conforme a Resolução CONAMA/357.	65
Figura 45 - Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto de amostragem P4. Limite de detecção $0,005 \text{ mg L}^{-1}$	66

- Figura 46 - Resultados para chumbo total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e P4. Limite de detecção $0,014 \text{ mg L}^{-1}$ 67
- Figura 47 – Resultados de monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 1. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação (P5) de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo – RS..... 68
- Figura 48 – Hidrograma típico de vazão do afluente de Estação de Tratamento de Esgoto doméstico..... 69
- Figura 49 – Porcentagem de ocorrência para os parâmetros nitrogênio total, fósforo total, coliformes fecais (*Escherichia Coli*) e OD no ponto de monitoramento P2. 70
- Figura 50 – Vazão apurada durante o monitoramento no arroio Pampa nos pontos identificados como P1, P2 e P3. 71
- Figura 51 - Vazão dos pontos de amostragem P1 e P2 durante o período de monitoramento..... 71
- Figura 52 - Vazão do Rio dos Sinos no ponto de amostragem do CPRM no município de campo Bom (PQ)..... 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de poluentes de origem antrópica e suas principais fontes.....	10
Tabela 2 – Teores máximos de DBO ₅ e DQO para descarte de efluentes industriais em corpo receptor, no Estado do Rio Grande do Sul.	14
Tabela 3 – Tipo de Indústria instalada na micro-bacia do Pampa, identificação da atividade, corpo receptor de efluente e vazão máxima diária licenciada.....	15
Tabela 4 – Limite para poluentes causadores de inibição de microorganismos no processo de tratamento de esgotos em sistema de lodos ativados.....	17
Tabela 5 – Tipo de Indústrias instaladas na micro-bacia do Pampa que possuem cromo como constituinte de seus efluentes.	18
Tabela 6 – Valor máximo permitido em lançamentos de efluentes industriais para os parâmetros de cromo total, chumbo e níquel.....	19
Tabela 7 – Classes e seus usos preponderantes segundo Resolução CONAMA 357/2005.	23
Tabela 8 – Municípios integrantes da bacia hidrográfica do Sinos, participação territorial na bacia e sua população.	26
Tabela 9 - Valores de referência para a classificação das amostras pesquisadas.	36
Tabela 10 – Estação do ano, data e período das coletas de amostras.....	37
Tabela 11- Parâmetros determinados e a metodologia utilizada nos ensaios laboratoriais.	38
Tabela 12 – Localização geográfica dos pontos de coleta de amostras.	39
Tabela 13 - Vazão do Rio Dos Sinos durante o período de monitoramento na estação Campo Bom.....	72
Tabela 14 – Construção de possível cenário com relação à vazão e à concentração de cromo na amostra coletada em 05/10/2006.	75

Tabela 15 – Apresentação segundo a metodologia proposta para a classificação dos pontos amostrados no monitoramento com identificação da classe por uma cor característica.....	77
Tabela 16 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto no Rio dos Sinos (P4) durante o período monitorado. Classe 1: ■ Classe 2: ■ Classe 3: ■ Classe:4 ■ Fora de Classe ■ Esgoto doméstico: ■.....	78
Tabela 17 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de amostragem P1 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1: ■ Classe 2: ■ Classe 3: ■ Classe:4 ■ Fora de Classe ■ Esgoto doméstico: ■.....	79
Tabela 18 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de monitoramento P2 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1: ■ Classe 2: ■ Classe 3: ■ Classe:4 ■ Fora de Classe ■ Esgoto doméstico: ■.....	80
Tabela 19 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de monitoramento P3 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1: ■ Classe 2: ■ Classe 3: ■ Classe:4 ■ Fora de Classe ■ Esgoto doméstico: ■.....	81
Tabela 20 – Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com os parâmetros determinados no Ponto P1.....	82
Tabela 21 - Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com os parâmetros determinados no Ponto P2.....	83
Tabela 22 - Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com os parâmetros determinados no Ponto P3.....	84

LISTA DE SIGLAS

- ANA** – Agência Nacional de Águas.
- COMITESINOS** – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
- COMUSA** – Companhia Municipal de Saneamento.
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- CONSEMA** – Conselho Estadual do Meio Ambiente.
- CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- CRH** – Conselho de Recursos Hídricos.
- CORSAN** – Companhia Riograndense de Saneamento.
- DMA** - Departamento de Meio Ambiente
- DMAE** – Departamento Municipal de Água e Esgoto.
- DNOS** – Departamento Nacional de Obras e Saneamento.
- EBA** – Estação de Bombeamento de Água.
- ETA** – Estação de Tratamento de Água.
- ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto.
- FENAC** – Feira Nacional do Calçado.
- FEPAM** – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler.
- FIERGS** – Federação das Indústrias de Estado do Rio Grande do Sul.
- GPS** - *Global Positioning Satellite*.
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística.
- METROPLAN** – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional.
- MONALISA** – Monitoramento de Alterações Ambientais em Arroios.
- NMP** – Número Mais Provável.
- PVC** – Poli cloreto de vinila.
- RIMA** – Relatório de Impacto Ambiental.
- SEMA** – Secretária estadual de Meio Ambiente.
- SIGA** – Sistema Integrado de Gerenciamento Ambiental.
- SSMA** – Secretaria da saúde e Meio Ambiente.
- UNISINOS** – Universidade do Vale do Sinos.
- UNT** – Unidade de Turbidez.
- VMP** – Valor Máximo Permitido.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 ÁGUA: DISTRIBUIÇÃO E USOS.....	5
3.2 POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	9
3.2.1 <i>Poluição Orgânica</i>	13
3.2.2 <i>Poluição Química</i>	16
3.3 ASPECTOS LEGAIS PARA OS RECURSOS HÍDRICOS	20
4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS	25
4.1. MICRO-BACIA DO ARROIO PAMPA.....	28
5. MATERIAIS E MÉTODOS	36
5.1 ÁREA DE ESTUDO	39
5.2 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS.....	40
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1 PH	42
6.2 TEMPERATURA DA ÁGUA.....	43
6.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	44
6.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO ₅)	49
6.5 COLIFORMES FECAIS (<i>ESCHERICHIA COLI</i>).....	51
6.6 FÓSFORO TOTAL.....	56
6.7 NITROGÊNIO TOTAL	58
6.8 NÍQUEL TOTAL.....	60
6.9 CROMO TOTAL	64
6.10 CHUMBO TOTAL	67
6.11 VAZÃO.....	69
6.12 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA	77
6.12.1 <i>Classificação das Águas do Rio dos Sinos</i>	78
6.13.2 <i>Classificação das águas do Arroio Pampa</i>	78
6.13 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	81
7. CONCLUSÕES	86
8. RECOMENDAÇÕES	87
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural considerada renovável, mas necessita de uso responsável e otimizado, que garanta a continuidade do ciclo hidrológico. A escassez dos recursos hídricos projetado frente ao aumento da população e a crescente poluição doméstica ou industrial determinam a necessidade de monitoramento da qualidade das águas, com a finalidade de propor medidas que auxiliem na melhoria dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos.

Embora determinado pela legislação vigente, o monitoramento das águas superficiais não é prioridade, excluindo-se os rios principais das bacias hidrográficas, são poucos os arroios da região metropolitana de Porto Alegre que recebem ou receberam algum tipo de monitoramento físico-químico e microbiológico.

As poucas iniciativas com este propósito partiram quase que exclusivamente do meio acadêmico, como em 2002, a micro-bacia do arroio Kruze no município de São Leopoldo – RS, teve seu tronco principal monitorado, foco de dissertação de mestrado, e apresentou resultados de classificação, como por exemplo, para cromo total como classe 1, porém como classe 3 e 4 para nitrogênio e fósforo, respectivamente, (DINIZ, 2002) indicando poluição com característica doméstica como a maior fonte poluidora deste curso de água.

O Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre (DMAE) no ano de 2002 dispensou atenção ao arroio Dilúvio, realizando monitoramento em oito estações de coletas, distribuídas nos 17 km de extensão do arroio.

Este monitoramento teve como proposta avaliar ações de saneamento ambiental para melhoria na qualidade das águas do arroio Dilúvio após realização de obras de saneamento na sua micro-bacia, e concluiu que mesmo após a ampliação do sistema de esgotamento sanitário não foi possível reverter o quadro de poluição destas águas (FARIA e MORANDI, 2002).

No ano de 2004 o arroio Portão teve alguns parâmetros físico-químicos de suas águas monitoradas, entre os meses de março e julho, e como resultado apresentou grande presença de carga orgânica, e altas concentrações de coliformes fecais, evidenciando como maior problema os efluentes domésticos lançados sem tratamento no arroio, apesar de suas águas serem também usadas como corpo receptor de efluentes industriais (NAIME e FAGUNDES, 2005).

Um trabalho envolvendo o estudo de compostos orgânicos voláteis no Arroio Luiz Rau no município de Novo Hamburgo, realizado por Soares e colaboradores (SOARES, *et al.* 2006), revelou a presença de alguns hidrocarbonetos aromáticos neste arroio.

No município de Novo Hamburgo a qualidade das águas do arroio Pampa é alvo de discussão há mais de duas décadas, porém sem em nenhum momento terem seus parâmetros químico-físicos monitorados, ou se o tiveram, estes resultados não foram publicados.

Situado no município de Novo Hamburgo o arroio Pampa é o tronco principal da micro-bacia homônima, com aproximadamente 9 km de extensão. Corta bairros densamente habitados da cidade, e serve como corpo receptor de efluentes industriais e de esgoto doméstico, este último lançado em suas águas sem tratamento, sua foz no Rio dos Sinos está a aproximadamente 1,5 km a montante do ponto da captação de água para consumo humano do município.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as condições do arroio Pampa através do monitoramento das condições químicas, físicas e microbiológicas das suas águas, no período de maio de 2006 a maio de 2007, realizando coletas em três pontos do arroio Pampa espaçadas por 45 dias entre uma e outra.

Especificamente buscou-se monitorar os parâmetros de qualidade de água: pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), oxigênio dissolvido (OD), fósforo total, nitrogênio total, nitratos, cromo total, níquel total, chumbo total e coliformes fecais (*Escherichia Coli*), em três pontos do arroio Pampa e em um ponto do rio dos Sinos à montante da foz do arroio.

Relacionar os resultados obtidos com os valores de referência da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), para verificação da Classe atual, nos pontos de amostragem do arroio Pampa e do rio dos Sinos, além de determinando a contribuição da carga poluente presente no arroio Pampa para o ponto de captação de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo no Rio dos Sinos, usando para isso dados da Companhia Municipal Saneamento (COMUSA) e da FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – RS (FEPAM).

Dentro deste contexto, este trabalho pretende obter informações a respeito da qualidade das águas do tronco principal da micro-bacia pesquisada, utilizando critérios técnico-científicos, através de dados analíticos primários e secundários, obtidos em coletas de amostra realizadas nestes locais e assim contribuir para a gestão sistêmica desta micro-bacia hidrográfica.

2. JUSTIFICATIVA

A procura por soluções para melhoria ambiental em um determinado curso de água passa necessariamente pelo conhecimento de suas características físicas, químicas e microbiológicas.

O conhecimento destas características só é possível através do monitoramento seqüencial, planejado e sistêmico, sendo esta ferramenta essencial para a tomada de decisões que possam amenizar impactos ambientais causados pela ocupação do solo e pela industrialização (NAIME e FAGUNDES, 2005).

O crescimento populacional e a contaminação das águas por substâncias químicas aumentam o custo de tratamento da água potável, sendo que a melhoria da qualidade destas águas só é assegurada através de programas de monitoramento ambiental (FILIZOLA *et al.* 2002).

Centros urbanos densamente povoados, geralmente identificados com a ocupação desordenada, impulsionada pela migração populacional da zona rural, geram conflitos com a gestão hídrica, que resulta em interesse cada vez maior pela abordagem sistêmica do gerenciamento da qualidade da água (CUNHA, *et al.* 2005).

Uma melhoria ambiental através da reversão do quadro atual, em locais específicos de centros urbanos, pode ser obtida através de programas de monitoramento ambiental, possibilitando a prevenção da degradação da qualidade da água (YABE e OLIVEIRA, 1998).

As características químicas e microbiológicas das águas do arroio Pampa são de importância, não só pelo aspecto paisagístico, mas também do ponto de vista da saúde humana, visto que este arroio tem sua foz no Rio dos Sinos, que por sua vez é o manancial de captação de água para o consumo humano no município de Novo Hamburgo (COMUSA, 2006).

O grande número de habitantes da micro-bacia hidrográfica do arroio Pampa, 29% da população do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO, 2006), é fator relevante, pois todo o esgoto doméstico gerado nesta micro-bacia é lançado neste arroio sem prévio tratamento, ou escoado pelo solo.

O pouco conhecimento das atuais condições físico-químicas dos arroios que compõem a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e a carência de pesquisa que aponte as reais condições de pequenos cursos de água nesta bacia hidrográfica são fatores incentivadores para a realização da presente pesquisa.

Após o conhecimento destas condições, este trabalho pode contribuir para o planejamento da gestão ambiental, com estabelecimento de metas e elaboração de plano de ação para que os possíveis procedimentos que induzam melhorias ambientais sejam implantados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA: DISTRIBUIÇÃO E USOS

A água cobre mais de 2/3 da superfície terrestre, enquanto oceanos representam 97,5% deste total, e suas águas classificadas como salinas, portanto imprópria para consumo humano, insumo industrial ou uso agrícola *in natura*. A dessalinização é operação de alto custo financeiro, tornando momentaneamente inviável sua utilização em grande escala, embora alguns países do oriente médio a façam (BARLOW e CLARKE 2003; NORONHA, *et al.* 2006; TUCCI, *et al.* 1997).

A quantidade de água superficial e de fácil acesso é de 0,27%, e está distribuída entre rios, charcos, pântano e arroios. A água doce é ainda encontrada nas geleiras e lençóis polares, assim como na atmosfera (NORONHA, *et al.* 2006; TUCCI, *et al.* 1997; BRAGA, *et al.* 2006).

Apesar de ser pequena a parcela de ocorrência de água doce superficial, é nela que vive 41% de todas as espécies de peixes (BARLOW e CLARKE, 2003), o que demonstra a importância da preservação da qualidade da água superficial, não só pela preservação da espécie humana, mas para a sobrevivência de muitas formas de vida.

A distribuição da água no planeta, conforme suas características e o espaço onde está armazenada é apresentada na Figura 1.

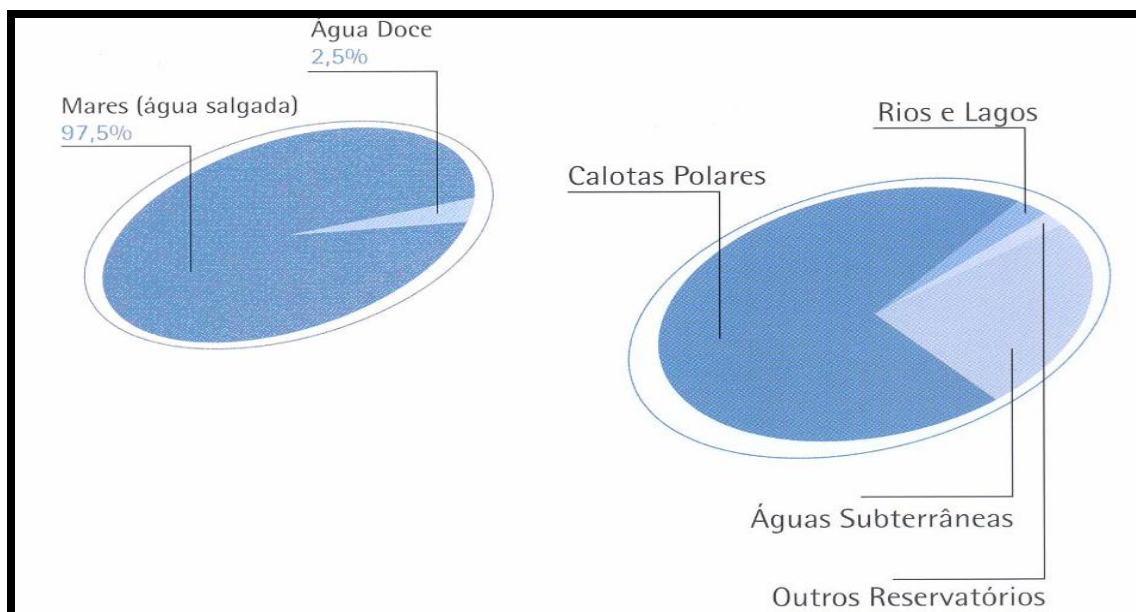


Figura 1 – Distribuição da água no mundo por características e sua localização no espaço.

Fonte – NORONHA, *et al.* 2006.

Os elementos químicos encontrados no meio ambiente sofrem constantes modificações envolvendo atividades biológicas, químicas e fenômenos geológicos, denominados ciclos biogeoquímicos, entre eles está a água e seu ciclo (BRANCO e MURGEL, 1997).

O ciclo hidrológico representado na Figura 2 é o fenômeno da mudança de estado físico da água entre a superfície terrestre e a atmosfera em ciclo fechado a nível global, tendo o sol como fonte de energia, associado à gravidade e a rotação terrestre (TUCCI, *et al.* 1997).

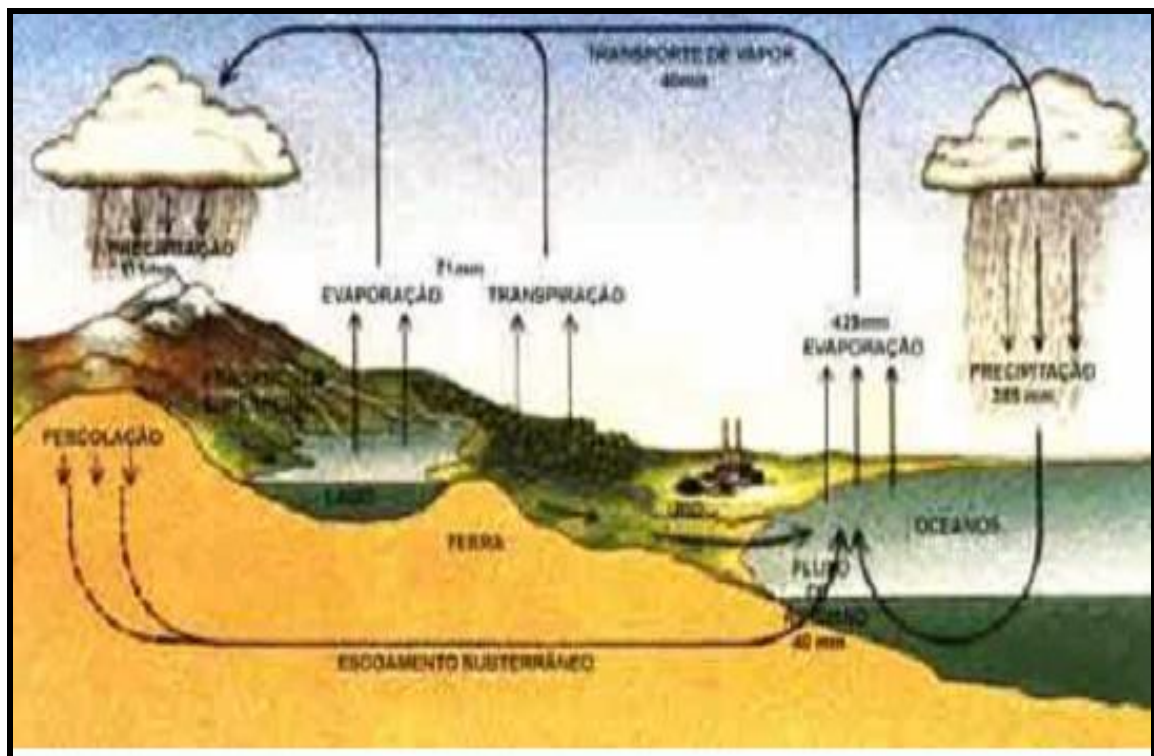


Figura 2 – Representação do ciclo hidrológico.

Fonte – <http://www.uniagua.org.br>.

A água na forma gasosa, quando em grande quantidade na atmosfera, ao sofrer resfriamento condensa-se, formando nuvens e conseqüentemente a precipitação na forma de chuvas. Este sistema propicia grande mobilidade, fazendo com que uma nuvem formada em determinada região, em função dos ventos, pode precipitar na forma de chuva em local distante a muitos quilômetros dali.

Estas propriedades não garantem disponibilidade de água em todas as regiões do planeta, pois sua ocorrência é irregular temporal e espacialmente, sofrendo muita influência de ciclos climáticos.

A circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, ocorre em dois sentidos, no sentido superfície atmosfera, fundamentalmente na forma de vapor, e no sentido atmosfera superfície, fundamentalmente na forma de chuva e neve (TUCCI, *et al.* 1997).

Os oceanos por constituírem a maior porção de água, propiciam a maior parte da evaporação da água para a atmosfera. Rios, lagos e solos também contribuem para este processo, assim como os vegetais, que através da transpiração de suas folhas, que com área muito superior a do solo, desempenha importante papel neste ciclo. A soma destes fenômenos denomina-se evapotranspiração (PINTO, *et al.* 2003).

Ao voltar na forma líquida para o solo, parte desta água infiltra-se no mesmo, recarregando aquíferos subterrâneos, escoando para partes mais baixas do relevo, contribuindo para a formação de rios, arroios e lagos, porém a maior parte das chuvas cai diretamente nos oceanos.

Como o ciclo só é fechado a nível global, garante a permanente circulação e renovação dos recursos hídricos nos continentes.

A distribuição da água, sua localização no tempo e no espaço apresenta-se de forma desigual, sendo abundante em algumas regiões e escassa em outras (TUCCI, *et al.* 1997; BRAGA, *et al.* 2006).

O Banco Mundial (*apud* NORONHA, *et al.* 2006), quantifica a disponibilidade *per capita* e gera indicador que classifica esta disponibilidade em:

- Disponibilidade inferior a 500 m³, risco a sobrevivência.
- Disponibilidade entre 500 m³ e 1000 m³, ameaça à saúde e risco à prosperidade humana.
- Disponibilidade entre 1000 m³ e 1500 m³, tendência à escassez.
- Disponibilidade entre 1500 m³ e 2000 m³, situação de alerta.
- Disponibilidades superiores a 2000 m³, não preocupante.

Segundo BARLOW e CLARKE (2003), na península Árabe a retirada de água do subsolo é quase três vezes maior que o reabastecimento. Na China, um declínio abrupto inesperado no suprimento de água para a agricultura, pode levar à escassez de grãos, porque a água que antes era usada na produção de alimentos está sendo transferida do uso agrícola para suprir as necessidades de abastecimento dos centros urbanos e das indústrias. Isto ocorre porque com a mesma quantidade de água usada para a produção de grãos a indústria gera 60 vezes mais recursos financeiros do que a atividade primária.

O Brasil, país privilegiado em recursos hídricos, apresenta o maior fluxo interno de recursos hídricos do mundo com $177.900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e possui 12% da água doce disponível no planeta (NORONHA, *et al.* 2006).

A disponibilidade média no Brasil segundo estudo do Banco Mundial, é superior a $20.000 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{ano}$, mas a distribuição destas águas não é homogênea. Na região nordeste do Brasil a disponibilidade é inferior a $500 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{ano}$, já nas regiões sul e sudoeste é abundante, porém com forte poluição (NORONHA, *et al.* 2006). Na Figura 3, é apresentada a disponibilidade hídrica por habitante no território brasileiro.

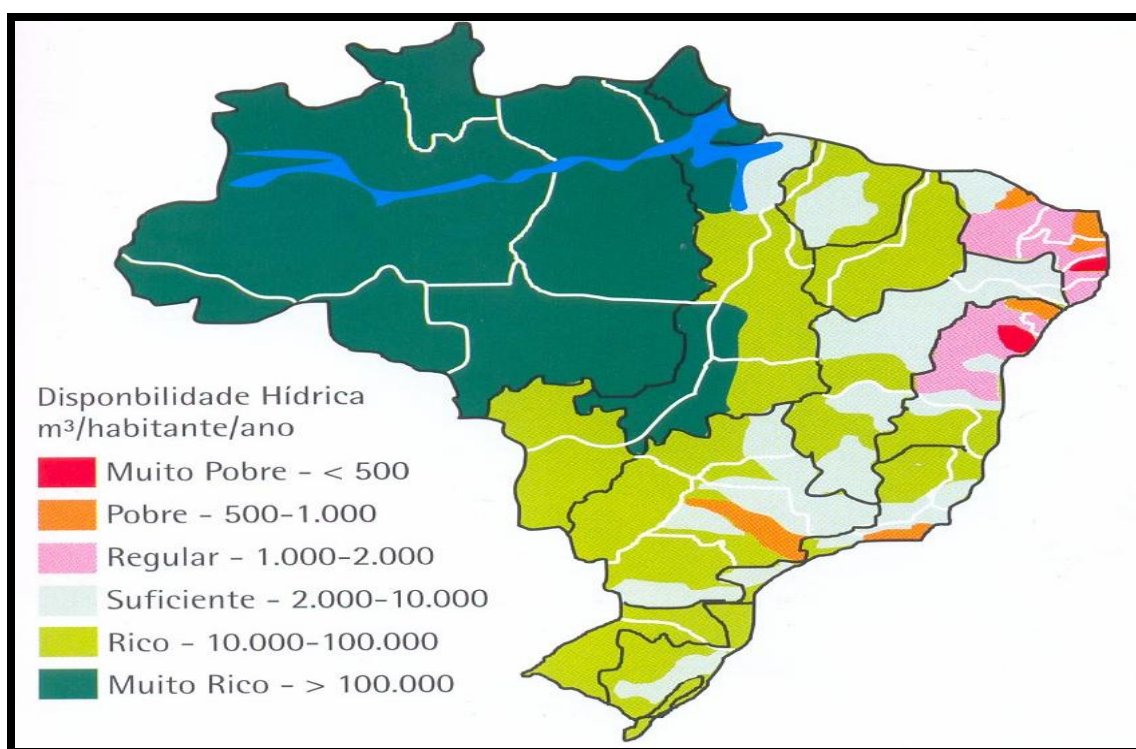


Figura 3 – Disponibilidade hídrica no Brasil m³/habitante/ano.

Fonte – NORONHA, *et al.* 2006.

Para que se possa quantificar o uso, de acordo com tendência mundial, dividi-se os usuários da água por grupos ou setores, que fundamentalmente são três:

- Agrícola;
- Indústria;
- Doméstico.

O consumo médio nos continentes por setor está representado na Figura 4.

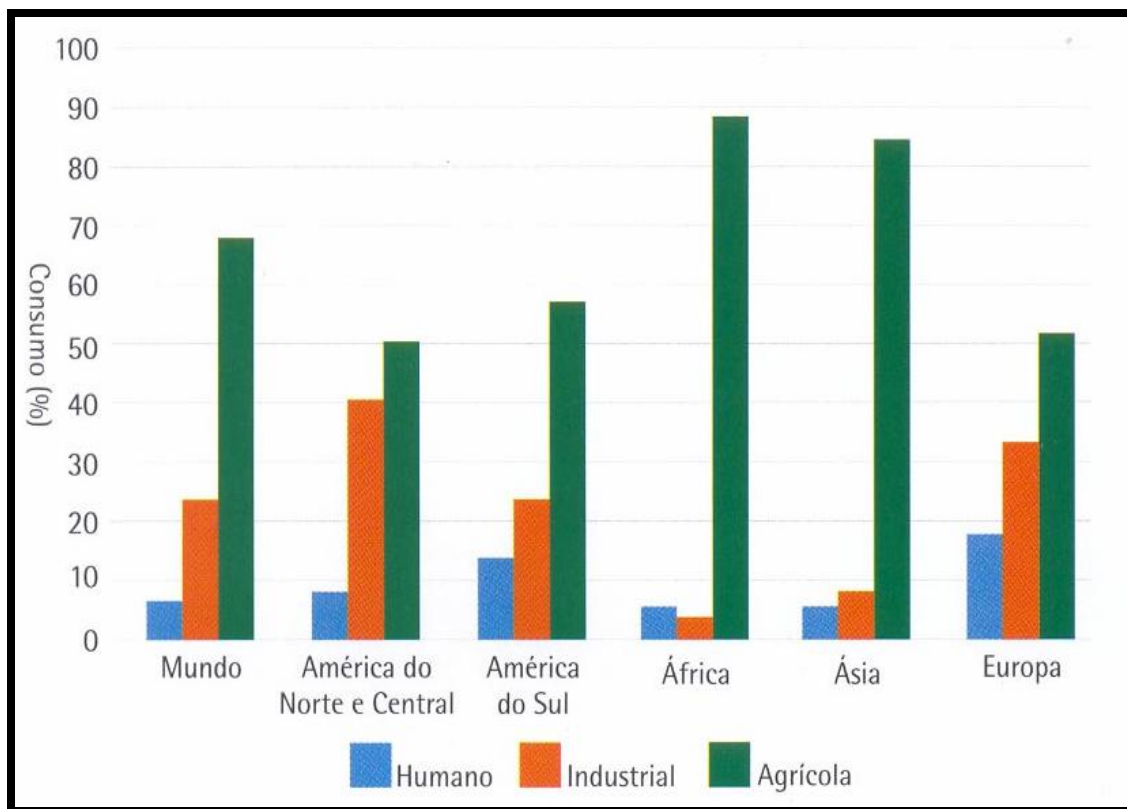


Figura 4 – Consumo média de água por tipo de usuário no mundo e nos continentes.

Fonte – NORONHA, *et al.* 2006.

De acordo com esta representação, os números variam de continente para continente em função de avanços tecnológicos dos setores envolvidos.

3.2 POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O conceito de poluição hídrica antrópica é abrangente, e segundo LIMA (*apud* BÁRBARA, 2006) é a mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica da água, causada diretamente pelo homem ou por suas atividades, e que pode ser prejudicial ao uso presente, futuro ou potencial deste recurso natural.

As fontes de poluição dos recursos hídricos, causadas por atividades desenvolvidas pelo homem são as mais variadas possíveis, elas vão de lançamentos de esgoto doméstico a complexos resíduos industriais. A Tabela 1 apresenta as principais fontes de poluição hídrica antrópica.

Tabela 1 – Tipos de poluentes de origem antrópica e suas principais fontes.

TIPO DE POLUENTE	FONTES PONTUAIS		FONTES DIFUSAS	
	Esgoto Doméstico	Esgoto Industrial	Escoamento Agrícola	Escoamento Urbano
Material Orgânico	X	X	X	X
Nutrientes	X	X	X	X
Organismos Patogênicos	X	X	X	X
Sólidos Suspensos	X	X	X	X
Sais		X	X	X
Metais Tóxicos		X		X
Materiais Orgânicos Tóxicos		X	X	
Temperatura		X		

Fonte – Bárbara, *apud* Lima, 2006.

O crescimento industrial desordenado gera a liberação de compostos indesejáveis ao meio ambiente, causando danos à flora e a fauna (COTTA, *et al.* 2006). Na América do Norte animais que têm a água como seu *habitat* têm cinco vezes mais probabilidade de serem extintos, do que animais que vivem na Terra (BARLOW e CLARKE, 2003).

O mal de Minamata na década de 50 provocou a morte de um grande número de pessoas por envenenamento severo causado por resíduos de mercúrio associados ao efluente de uma indústria produtora de Acetaldeído e PVC (Poli cloreto de vinila), e que lançava seus efluentes na Baía de Minamata no Japão (BRAGA, *et al.* 2006. BIDONE *et al.* 2000).

No ano de 1988, um derramamento de 380 mil litros de fezes de porcos liquidificadas em um rio de Minnesota nos Estados Unidos da América, matou aproximadamente 700 mil peixes (BARLOW e CLARKE, 2003).

No estado de Minas Gerais no mês de março de 2006, um vazamento de 400 milhões de litros de resíduos de tratamento de bauxita atingiram o rio Muriaé, provocando a suspensão do abastecimento de água no município de Lage do Muriaé. Em 10 de janeiro de 2007 a mesma barragem rompeu novamente, um dia após este acidente, a turbidez da água do

rio Muriaé teve 71.000 Unidade de Turbidez (UNT), sendo que o padrão máximo do CONAMA para rios como o Muriaé é de 100 UNT.

Somente cinco dias após o acidente, quando a turbidez estava em 779 UNT o tratamento da água para consumo humano e o abastecimento público de água pode ser normalizado (JORNAL FOLHA DE SÃO PAULO, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, um incêndio ocorrido no dia 13 de junho de 2006 na empresa distribuidora de Produtos Químicos MBN, no município de Cachoeirinha resultou na queima de 60 mil litros de produtos químicos dentre eles ácido fórmico e xilol, além de alguns tipos de plastificantes. Estes resíduos chegaram ao arroio Passinhos e por este ao rio Gravataí, causando mortandade de peixes, contaminação do solo e do subsolo na área da MBN, poluição atmosférica pelos gases tóxicos gerados na queima de produtos estocados e volatilização dos produtos vazados, levando a evacuação de moradores vizinhos à empresa (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2007).

A constatação de que o produto químico que havia vazado estava próximo a Estação de Bombeamento de Água (EBA) da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) no rio Gravataí, levou a suspensão do bombeamento de água bruta. O município de Gravataí passou então a ser abastecido, parcialmente, através da Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Cachoeirinha, que capta água bruta a montante do local do acidente e da ETA localizado no município de Canoas, com água bruta proveniente do Arroio das Garças. Apesar do sistema ser integrado, possibilitando esta manobra, não tem capacidade para suprir toda a demanda por água destes municípios (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2007).

Acidentes como estes, expõem não só a vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento público, que sem plano de segurança da água, não têm opção, se não a de suspenderem o abastecimento das cidades, mas a fragilidade do sistema de gerenciamento hídrico como um todo.

Na bacia hidrográfica dos Sinos, a poluição das águas do rio homônimo e a multiplicidade de usos da água gera conflitos entre seus usuários.

Na questão quantidade, a discussão fica concentrada entre o usuário agrícola e companhias de abastecimento de água para consumo humano, o que fica evidente com edição da resolução 030/06 de 19 de outubro de 2006 pelo Conselho de Recursos Hídricos do Estado (CRH - RS) (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2006). Esta resolução prevê a suspensão da captação de água para irrigação de

lavouras de arroz, quando o nível do rio dos Sinos estiver com 50 centímetros acima do crivo da bomba de captação de água para consumo humano na cidade de São Leopoldo.

Quanto à qualidade, o lançamento de esgoto doméstico sem prévio tratamento, diretamente no Rio dos Sinos ou em seus afluentes, fez com que a FEPAM, editasse a portaria de número 087/06 em 11 de outubro de 2006, estipulando prazo de 180 dias para que todos os municípios inseridos nesta bacia hidrográfica apresentem proposta de plano de redução de lançamentos de esgoto doméstico sem tratamento.

Estes atos são reflexos diretos da morte de aproximadamente 85 toneladas de peixes ocorrida entre os dias 6 e 8 de outubro de 2006 no rio dos Sinos (Figura 5), formalmente admitidos na redação tanto da portaria da FEPAM, quanto na Resolução do CRH.



Figura 5 - Mortandade de peixes no rio dos Sinos em outubro de 2006.

Fonte – JORNALJA, 2006.

Estas medidas não evitaram nova mortandade de peixes no Rio dos Sinos, já que no dia 16 de dezembro do mesmo ano (15 toneladas) e no dia 04 de janeiro de 2007 (1 tonelada), novos episódios, porém em menor escala, voltaram a ocorrer.

Acontecimentos como este no Rio dos Sinos não são acidentes como os relatados anteriormente, mas sim uma situação gerada por anos de descaso com o gerenciamento do

sistema hídrico local, que recebe praticamente todo o esgoto doméstico gerado nas cidades que compõem sua bacia hidrográfica, sem tratamento prévio.

Na sub-bacia do arroio Pampa o uso principal do curso de água é a diluição e o transporte de efluentes, tanto domésticos, quanto industriais. Embora o uso da água do arroio Pampa seja restrito, existe uma parte da população da micro-bacia que capta água para consumo em poços ou cacimbas (*apud* FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL (METROPLAN), 2002).

3.2.1 Poluição Orgânica

A matéria orgânica existe naturalmente nos cursos de água e tem como origem, por exemplo, a decomposição de massa vegetal. O meio em busca do equilíbrio se em condições aeróbicas a oxida, sendo este fenômeno chamado de autodepuração. No entanto existe uma limitação para a quantidade possível de ser degradada, quantidade esta que é determinada pelas características do corpo hídrico (BRAGA, *et al.* 2006).

Um forte componente no aumento da poluição orgânica em cursos de água localizados em grandes centros urbanos é a contaminação de suas águas por esgoto doméstico (CUNHA, *et al.* 2005). A matéria orgânica presente em águas que passam por regiões densamente habitadas é fundamentalmente de origem antrópica, fazendo deste tipo de esgoto doméstico a principal fonte de poluição com esta característica.

O lançamento de esgoto doméstico sem tratamento ou com tratamento ineficiente promove não só a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido presente na água, mas principalmente produz efeitos danosos à saúde (JORDÃO, *et al.* 2005).

Soma-se à matéria orgânica de origem doméstica, a gerada pela indústria, que diferente da proveniente do esgoto doméstico tem atenção especial dos órgãos governamentais quando do início da geração e do descarte final. Para tanto existem mecanismos de controle e fiscalização gerenciados pelo Estado. Toda indústria que produza efluentes sejam estes classificados pela legislação como de origem orgânica ou química, deve obrigatoriamente ser licenciada para operação, bem como seguir a legislação em vigor.

Enquanto praticamente toda a destinação final do esgoto doméstico é o descarte em cursos de água sem nenhum tratamento, transformando arroios em tubulações de esgotamento sanitário, a indústria é obrigada antes do descarte de seus efluentes a tratá-los adequadamente.

A Portaria 05/89 – SSMA, que aprova a norma técnica número 01/89 de 16 de novembro de 1989 (SECRETARIA DA SAÚDE E MEIO AMBIENTE, 1989), modificada pela Resolução CONSEMA 128/2006, é a fonte legal onde está determinado o teor máximo

de matéria orgânica para lançamentos dos efluentes industriais conforme o enquadramento nas respectivas faixas de vazão de lançamento. Estas informações estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores máximos de DBO₅ e DQO para descarte de efluentes industriais em corpo receptor, no Estado do Rio Grande do Sul.

Vazão (m ³ /dia)			DBO ₅ (20 °C) (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)
	Q <	20	≤ 180	≤ 400
20	≤ Q <	100	≤ 150	≤ 360
100	≤ Q <	500	≤ 110	≤ 330
500	≤ Q <	1.000	≤ 80	≤ 300
1.000	≤ Q <	3.000	≤ 70	≤ 260
3.000	≤ Q <	7.000	≤ 60	≤ 200
7.000	≤ Q <	10.000	≤ 50	≤ 180
10.000	≤ Q		≤ 40	≤ 150

Fonte – Resolução CONSEMA 128/2006.

O Estado do Rio Grande do Sul, segundo pesquisa nacional de saneamento básico, está entre os cinco estados brasileiros com as menores taxas de volume de esgoto tratado, tendo aproximadamente 22% do esgoto doméstico tratado de forma adequada (FIERGS, 2006).

A contribuição de matéria orgânica nos esgotos, de acordo com a NBR 12.209 de 1992 é de 54 gramas/dia habitante. Como a população da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos é de 2.005.649 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007), e tendo como base o índice de coleta e tratamento de esgoto do Estado, que é de 22%, para toda a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, temos: 2.005.649 habitantes x 78% esgoto não tratado x 54 g/dia habitante.

Como resultado tem-se aproximadamente 84.478 kg/dia de matéria orgânica de origem doméstica lançada no Rio dos Sinos ou escoado pelo solo da bacia.

As empresas devidamente licenciadas pela FEPAM ao lançarem seus efluentes em corpos receptores que pertencem à bacia hidrográfica do Sinos despejam diariamente 4.381 kg de matéria orgânica (FIERGS, 2006). Isto representa aproximadamente 5% de toda a matéria orgânica lançada diariamente em corpos de água pertencentes a esta bacia hidrográfica. Os 95% restantes são aqueles oriundos do esgoto doméstico.

Usando o mesmo critério, porém agora para a micro-bacia do arroio Pampa, mas desprezando o índice de 22% de esgoto tratado, pela inexistência de sistemas de tratamento de

esgoto nesta micro-bacia, e sabendo-se que a população estimada para a micro-bacia do arroio Pampa é de 74.246 habitantes, temos: 74.246 habitantes x 54 g/dia habitante.

Gerando então aproximadamente 4.009 kg/dia de matéria orgânica. Isto representa aproximadamente 4,7% de toda a matéria orgânica gerada por esgoto doméstico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, o que é por este critério um percentual consideravelmente maior do que o gerado individualmente por 81% dos municípios pertencentes a esta bacia hidrográfica.

Em Novo Hamburgo existiam 506 empresas com potencial poluidor hídrico, 2130 com potencial poluidor de resíduos sólidos e 252 com potencial poluidor atmosférico (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - FEPAM, 1997).

Com base no relatório gerado pela pesquisa realizada pelo COMITESINOS no projeto Monitoramento de Alterações Ambientais em Arroios (MONALISA) (COMITESINOS, 2006), com dados fornecidos pela FEPAM, atestam que na micro-bacia do Pampa estão instaladas algumas destas indústrias, cujas atividades são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Tipo de Indústria instalada na micro-bacia do Pampa, identificação da atividade, corpo receptor de efluente e vazão máxima diária licenciada.

Tipo de indústria	Bairro de Localização	Corpo Receptor	Vazão máxima dia (m ³)
Coureira	São José	Arroio Pampa	220
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	499
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	120
Plástico	Canudos	Rede Pública	8

Fonte – COMITESINOS. Relatório projeto MONALISA, 2006.

Considerando os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, a carga orgânica lançada pela indústria neste arroio é de aproximadamente 100 kg dia de matéria orgânica, o que significa aproximadamente 2,8 % de toda a carga orgânica lançada no arroio Pampa.

Para que se possa saber quais os poluentes a serem monitorados em trabalhos de gerenciamento da bacia, bem como para implementação de sistemas de instrumentos de cobrança pelo uso da água, um dos desafios é a alocação dos custos de despoluição (SILVA e RIBEIRO, 2006). Para tanto o conhecimento da atividade que gerou a poluição é de fundamental importância.

3.2.2 Poluição Química

No Brasil são geradas anualmente 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos, destas apenas 850 mil são tratados adequadamente, sendo o restante depositada indevidamente em lixões ou descartadas em cursos de água sem qualquer tipo de tratamento (JIMENEZ, *et al.* 2004).

Os metais pesados são um problema sério por causa dos riscos associados com sua acumulação no meio ambiente, podendo ser transferido para a cadeia trófica, são bioacumulativos e sua distribuição é progressivamente alternada pela atividade econômica que os libera em concentrações pontuais (BIDONE *et al.* 2000).

A contaminação da água por resíduos químicos pode causar sérios danos a saúde dos usuários destas águas, não somente através do consumo de alimentos produzidos com elas, mas também pelo uso destas na higiene pessoal (MIRLIAN, *et al.* 2005).

Mesmo após tratamento a água para consumo humano pode conter metais pesados, visto que uma estação de tratamento de água convencional, não elimina estes metais, se presentes na água bruta (MACHADO, *et al.* 2005).

A região pesquisada é forte produtora de bens para exportação, e como nas atuais leis de mercado o capital externo fixa normas de qualidade do produto mais do que a própria legislação ambiental, com a exigência das normas ISO (*International Organization Standardization*) (MOSCA, 2003), o esperado para esta região é de adequação a legislação e conseqüentemente baixo impacto ambiental resultantes da produção.

Os resultados apresentados no ano de 2002, por pesquisa realizada nos sedimentos do arroio Pampa, caracterizaram esta drenagem como uma das mais impactadas na região com metais pesados, com valores elevados de zinco, cobre, chumbo e principalmente por cromo (ROBAINA, *et al.* 2002), indicando possíveis falhas nos mecanismos de controle e tratamento de efluentes.

Outro inconveniente causado por algumas substâncias químicas se presentes no esgoto doméstico, é a inibição ao tratamento biológico, visto que os microorganismos responsáveis pelo processamento da matéria orgânica destes esgotos são sensíveis a estas substâncias (NUVOLARI, *et al.* 2003).

Neste caso, o uso de separador absoluto, evita estes inconvenientes, tornando compreensível sua utilização. A Tabela 4 apresenta valores máximos tolerados de alguns poluentes no processo de lodos ativados.

Tabela 4 – Limite para poluentes causadores de inibição de microorganismos no processo de tratamento de esgotos em sistema de lodos ativados.

POLUENTES	Concentração Limite em mg L ⁻¹	
	Na remoção carbonácea	No processo de nitrificação
Cádmio	10 – 100	---
Cromo trivalente	50	---
Cromo hexavalente	1 – 10	0,25
Mercúrio	0,1 – 5,0	---
Níquel	1,0 – 2,5	0,25

Fonte NUVOLARI *et al.*, 2003.

Neste trabalho os metais selecionados para análise, foram os que são largamente empregados nas indústrias da região, sendo eles cromo, níquel e chumbo. O cromo, como é de amplo conhecimento público, está presente na indústria curtumeira, como principal curtente mineral.

O cromo é metal encontrado na natureza em diversas formas, porém nunca em estado livre, e segundo FARIA e CONCEIÇÃO (2002) existe no meio aquático em dois estados de oxidação, trivalente com baixa toxicidade e hexavalente altamente tóxico.

O cromo exerce efeito prejudicial sobre processos biológicos, atuando sobre enzimas catalisadoras da síntese de proteínas. Microorganismos podem suportar concentrações de apenas alguns miligramas por litro (NAIME e FAGUNDES, 2005).

Segundo CLAAS e MAIA (1994) o cromo é largamente usado na indústria do couro, e as características de efluentes para este tipo de indústria, vão de 15 mg L⁻¹ de cromo em indústrias com sistema de reciclagem a 94 mg L⁻¹ em indústrias sem este sistema. O mesmo autor não detecta a presença de chumbo e níquel em efluente destas indústrias, mas na caracterização do lodo gerado após tratamento, estes metais estão presentes, com concentrações médias de 120 mg L⁻¹ de chumbo e 15 mg L⁻¹ de níquel em seu lodo, em empresas que usam cromo no processo produtivo.

O níquel é metal característico da indústria metalúrgica, onde em razão das suas características físicas e de qualidade, está presente na manufatura de aço inoxidável e em outras ligas metálicas com metais não ferrosos. O níquel é também usado em recobrimentos metálicos em galvanoplastia. Também é metal constituinte de pilhas e baterias, além de ser usado como catalisador na indústria química, farmacêutica e de alimentos (FARIA e CONCEIÇÃO 2002; CORBI, *et al.* 2006).

O chumbo está presente em insumos usados na indústria gráfica, e assim como cromo e o níquel, é metal bioacumulativo. A presença de chumbo no meio aquático está ligado a poluição antrópica (COTTA, *et al.*, 2006).

Águas com valores de pH próximo a 6,5 e com alcalinidade superior a 30 mg CaCO₃ podem conter concentrações de chumbo que vão de 0,04 à 0,10 mg L⁻¹, sendo a vida aquática perturbada a partir de 0,10 mg L⁻¹ e efeitos tóxicos em peixes aparecem a partir de 1,00 mg L⁻¹, podendo variar dependendo da espécie (FARIA e LERSCH, 2002).

A presença de metais pesados em cursos de água, oriundos de poluição antrópica não são raros. Segundo CORBI, *et al.* (2006) o córrego Cafundó, o ribeirão Anhumas e a represa Billings, todos no estado de São Paulo, tem a presença de cádmio e cromo em seus sedimentos.

O arroio Portão no município homônimo no estado do Rio Grande do Sul apresentou concentrações em destaque para o metal cromo em suas águas em monitoramento realizado no ano de 2004 (NAIME e FAGUNDES, 2005).

Em reportagem veiculada no Jornal NH em 2 de agosto de 1988 (JORNAL NH, 1988), o Arroio Pampa na época era considerado o mais poluído da cidade, quando por suas águas escoavam, efluentes industriais de sete curtumes, além de indústrias gráficas, de galvanoplastia entre outras.

Tendo como base informações da FEPAM (COMITESINOS, 2006), (Tabela 5) e considerando a Norma Técnica - SSMA nº 01/89, modificada pela Resolução CONSEMA 128/2006, que determina padrão máximo de lançamentos para efluentes industriais apresentados na Tabela 6, podemos calcular o valor em kg dos metais presentes no efluente final das indústrias instaladas na micro-bacia do Pampa quando lançados no arroio Pampa.

Tabela 5 – Tipo de Indústrias instaladas na micro-bacia do Pampa que possuem cromo como constituinte de seus efluentes.

Tipo de indústria	Bairro de Localização	Corpo Receptor	Vazão máxima dia (m ³)
Coureira	São José	Arroio Pampa	220
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	499
Coureira	Canudos	Arroio Pampa	120

Fonte – Relatório projeto MONALISA 2006.

Tabela 6 – Valor máximo permitido em lançamentos de efluentes industriais para os parâmetros de cromo total, chumbo e níquel.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (mg L ⁻¹)
Cromo Total	0,5
Chumbo	0,2
Níquel Total	1,0

Fonte – Resolução CONSEMA 128/2006.

Considerando estes dados, as empresas do setor coureiro presentes na micro-bacia do arroio Pampa, podem lançar uma carga máxima diária de 839 m³ de efluentes no arroio Pampa. Como o teor máximo de cromo permitido pela Norma Técnica SSMA nº 01/89 é de 0,5 mg L⁻¹, isto representa teoricamente uma carga máxima de aproximadamente 0,42 kg de cromo total por dia.

As indústrias de processamento de couros licenciadas para operar plantas industriais na micro-bacia do arroio Pampa têm o cromo como metal constituinte principal de seus efluentes, que dependendo do grau de medidas alternativas aos processos convencionais de curtimento e da capacidade e eficiência de suas instalações de tratamento, gera quantidades diferentes de cromo em seus efluentes.(CLAAS e MAIA, 1994).

A contaminação das águas do arroio Pampa por cromo, também pode ter como contribuinte o resíduo sólido oriundo da indústria calçadista muitas vezes lançado em suas margens como pode ser visto na Figura 6.



Figura 6 – Escoamento urbano contribuinte do Arroio Pampa.

Fonte – COMUSA, 2006.

Na micro-bacia do arroio Pampa, existem apenas indústrias coureiras e de plásticos instaladas, que têm o arroio Pampa como corpo receptor de seus efluentes (COMITESINOS, 2006). Porém em determinações realizadas em sedimento do arroio Pampa foi encontrado além de cromo a presença de zinco, chumbo e cobre (ROBAINA, *et al.* 2002), metais característicos de indústrias de outras atividades não licenciadas pela FEPAM na bacia do Pampa, o que pode indicar descarte destes metais, por atividade industrial sem licenciamento, se não atual, mas que já tenha ocorrido.

Além das mudanças causadas pelas modificações provenientes de características químicas e orgânicas temos ainda aspectos físicos intimamente ligados a estas mudanças, sendo a temperatura aspecto de grande importância.

O aquecimento da água esta relacionado com às transferências de calor pelo ar, fricção, entre outros fatores. A temperatura afeta as características físico-químicas da água, bem como a flotação e a locomoção dos microorganismos (NAIME e FAGUNDES, 2005), a temperatura está também intimamente ligada a saturação de oxigênio no meio líquido.

A temperatura é de grande importância para a sobrevivência das espécies aquáticas, e está relacionada com a toxicidade das substâncias, que aumentam com o aumento da temperatura da água, o que pode ocasionar significativa mortalidade de peixes no verão, que não ocorreriam nos meses de inverno (CIACCIO apud NAIME e FAGUNDES, 2004).

Importante também é o volume de água presente no corpo hídrico por causa do fator diluição, então espera-se que quanto maior for a vazão maior será este efeito sobre as substâncias presentes na água.

3.3 ASPECTOS LEGAIS PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

As águas superficiais são fontes vitais de água potável, por isso a qualidade destas águas tem recebido proteção através de legislação ambiental (RISSATO, *et al.* 2000).

A Constituição da República Federativa do Brasil, (BRASIL, 1988) em seu capítulo 6, artigo 225 apregoa que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e que para que se possa assegurar este direito incumbe ao poder público a preservação e a restauração dos processos ecológicos essenciais.

A água parte integrante deste meio tem papel vital na economia, sendo sua disponibilidade em qualidade e quantidade fundamentais para o progresso econômico e à manutenção da vida.

Por sua importância a água tem seus usos e classificação de acordo com sua qualidade sensu regulamentada por lei e definida como bem da União no segundo capítulo do artigo 20

da Constituição Federal. Porém no capítulo 26, a Constituição Federativa do Brasil, (BRASIL, 1988) inclui como bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União. Tornando assim, dois os níveis jurisdicionais aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e que segundo MARTINS (2002), a divisão municipal no território dos Estados, faz com que um terceiro nível jurisdicional seja criado, porém a constituição Federal delimitou em dois níveis mais amplos, Federal e Estadual, a atuação no sistema nacional de recursos hídricos.

O modelo francês, segundo MARTINS (2002) foi o grande inspirador do sistema legal para os recursos hídricos no Brasil, com limitação devido ao sistema de governo francês ser uma república central, diferentemente do Brasil que é uma república federativa, exigindo adaptação complexa, principalmente para introduzir articulações necessárias entre os dois âmbitos jurisdicionais a União e o Estado.

A Política Nacional de Recursos Hídricos constituída pela lei federal número 9.433, de 8 de janeiro de 1997, (BRASIL, 1997) cria o sistema nacional de gerenciamento hídrico no país, fundamentada na determinação que a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico. Em situações de escassez, seu uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais. E ainda, que a sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo das águas, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Esta lei estabelece ainda que a gestão dos recursos hídricos deve ser compartilhada entre seus usuários, o poder público e as comunidades onde estão inseridos, e em seu capítulo IV, artigo 5º, define os instrumentos da política nacional de recursos hídricos, que estão listados abaixo:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os planos de recursos hídricos estão regulamentados no artigo 7º da Política Nacional de Recursos Hídricos, este artigo deixa claro que devem ser elaborados planos de longo prazo, com planejamento compatível com seu período de implantação, e que programas e projetos deverão ter no mínimo o seguinte conteúdo:

I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;

II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;

III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;

IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;

V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas.

As regulamentações relacionadas com a qualidade da água vêm se tornando cada vez mais restritivas, em função da constatação da vulnerabilidade deste recurso natural (TIBURTIUS, *et al.* 2004) sendo dinâmicas as mudanças na legislação.

A Resolução CONAMA de número 357 (BRASIL, 2005) em substituição ao CONAMA 20 (BRASIL, 1986), regulamenta o artigo 10º da lei federal 9.433 (BRASIL, 1997), classificando as águas superficiais, buscando com este ato o estabelecimento dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, conforme determina a lei.

O parâmetro microbiológico tem como referência a resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) que estabelece parâmetros de uso das águas para fins de recreação e contato primário.

As classes de classificação das águas representam o conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) define como cinco as classes possíveis para águas doces superficiais, tendo como critério para esta classificação parâmetros máximos permitidos para cada classe. Na Tabela 7 está apresentada a classificação e usos possíveis.

Tabela 7 – Classes e seus usos preponderantes segundo Resolução CONAMA 357/2005.

Classificação	Usos
I - classe especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.
II - classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 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; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 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; aquicultura e à atividade de pesca.
IV - classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais.
V - classe 4	Navegação; harmonia paisagística.

Fonte – Resolução CONAMA 357/2005.

No estado do Rio Grande do Sul, a Constituição Estadual em seu artigo 171, (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1989) instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, promovendo a integração deste ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

A lei estadual 10.350 de 30 de novembro de 1994 (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1994) regulamenta o artigo 171 da Constituição Estadual, instituindo a Política Estadual de Recursos Hídricos, esta lei segundo o governo do Estado, teve sua concepção estruturada em diferentes modelos institucionais de vários países e na experiência concreta dos comitês de bacias dos rios dos Sinos e Gravataí.

Esta mesma lei instituiu o CRH - RS (Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul) e regulamenta sua competência, que entre elas, está de decidir em última instância sobre conflitos no uso da água, bem como aprovar o regimento dos comitês de bacia hidrográfica, assim como sua composição por grupos de usuários.

O artigo 38 da mesma lei divide o estado do Rio Grande do Sul, para fins de gestão dos recursos hídricos, em três regiões hidrográficas:

- Bacia do Guaíba,
- Bacia do Rio Uruguai,
- Bacias Litorâneas.

Cabe ainda salientar que a lei 10.350 (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1994) institui as Agências de região hidrográfica, cabendo a estas agências a atribuição de arrecadar e aplicar os valores correspondentes à cobrança pelo uso da água de acordo com o plano de cada bacia hidrográfica, porém, até hoje, tais agências não foram implantadas.

As Agências das regiões hidrográficas são a instância adequada para gerenciar recursos aplicáveis na preservação da qualidade de mananciais utilizados como fonte para captação de água para consumo (NIETO, *et al.* 2005).

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada na porção nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 29° 20' e 30° 10' ao sul e entre os meridianos 50° 15' e 51° 20' a leste e pertence a região hidrográfica do Guaíba (COMITESINOS, 1999).

A bacia está delimitada ao norte e a oeste pela bacia do rio Caí, ao sul pela bacia do rio Gravataí e pelas encostas da Serra Geral, à leste a delimitação é definida pelas encostas da Serra Geral, que servem de divisor de águas para as bacias da planície costeira. As nascentes do tronco principal do Rio dos Sinos situam-se no município de Caraá, a 900 m de altitude e após percorrer 190 km, tem sua foz no delta do Jacuí, a 10 m de altitude, em meio a áreas alagadiças e depósitos fluviais. Apresenta uma constituição bastante unilateral, pois todos os afluentes maiores atingem o rio dos Sinos pela margem direita (norte), sendo originários dos bordos do Planalto (COMITESINOS, 1999).

Os principais afluentes do rio dos Sinos são:

- Rio Rolante;
- Rio da Ilha;
- Rio Paranhana;
- Arroio Pampa;
- Arroio Luiz Rau;
- Arroio João Correa.

O rio Paranhana recebe desde o ano de 1956, águas derivadas da bacia do rio Caí, com vazão em torno de 9 m³/s, provenientes das barragens do Salto e da Divisa, para movimentação das turbinas das usinas hidrelétricas de Bugres e Canastra, no município de Canela, (Magna *apud* METROPLAN, 2002).

A área de abrangência da bacia compreende uma superfície de 3.798,14km² (COMITESINOS, 1999), sendo 32 os municípios integrantes desta bacia, apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Municípios integrantes da bacia hidrográfica do Sinos, participação territorial na bacia e sua população.

Município	Participação na Bacia	População (mil habitantes)
Araricá	Total	4.594
Cachoeirinha	Parcial	97.911
Campo Bom	Total	57.087
Canela	Parcial	35.522
Canoas	Parcial	*333.322
Capela Santana	**Pequena porção	10.950
Caraá	Total	7.072
Dois Irmãos	Parcial	24.002
Estância Velha	Total	40.660
Esteio	Total	57.579
Glorinha	**Pequena porção	6.908
Gramado	Parcial	29.313
Gravataí	Parcial	*270.763
Igrejinha	Parcial	30.233
Ivoti	**Pequena porção	18.402
Nova Hartz	Total	15.731
Nova Santa Rita	Parcial	20.223
Novo Hamburgo	Total	*258.754
Osório	**Pequena porção	37.755
Parobé	Total	46.880
Portão	Parcial	28.547
Riozinho	Total	4.389
Rolante	Total	18.996
Santa Maria do Herval	**Pequena porção	5.933
Santo Antonio da Patrulha	Parcial	36.809
São Francisco de Paula	Parcial	20.161
São Leopoldo	Total	*212.498
São Sebastião do Caí	**Pequena porção	20.437
Sapiranga	Parcial	69.847
Sapucaia	Total	110.573
Taquara	Parcial	51.042
Três Coroas	Parcial	22.756

Fonte – Participação na bacia: Adaptada do relatório Projeto MONALISA 2006

Fonte – População: IBGE, 2007. * IBGE, 2002.

** Pequena porção (menos de 10% da área do município).

O município de Novo Hamburgo, distante 45 km da capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, é onde está localizada a maior parte da micro-bacia do arroio Pampa, este município tem sua economia baseada no setor coureiro calçadista (PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO, 2006).

A produção local de calçados até o ano de 1969 era destinada ao mercado interno, a partir do ano de 1969 a economia do município impulsionada pela criação da Feira Nacional do Calçado (FENAC) passa a figurar como grande produtor e exportador de calçados do Brasil, que a partir do início da década de 90 entra em declínio em função da política econômica e cambial adotada pelo governo brasileiro (THIELE, 2004).

No ano de 1951 o município de Novo Hamburgo passou a ser abastecido com água tratada pela Hidráulica situada no bairro Rondônia, que com sua estação de bombeamento retirava 50 L s^{-1} de água do rio dos Sinos, e usava no processo de potabilização o método clássico de tratamento, alcalinização, clarificação e desinfecção, usando para isso respectivamente hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e Cloro (Cl_2), produzindo uma média de 2.800 m^3 de água tratada por dia, para abastecer um total de 3.653 economias ligadas ao sistema (PETRY, 1952).

Desde o ano de 1967 a estação de bombeamento de água bruta para o abastecimento público do município de Novo Hamburgo está localizada na margem direita do Rio dos Sinos na estrada de Lomba Grande nas coordenadas geográficas $29^\circ 43' 50'' \text{ S}$ e $51^\circ 05' 00'' \text{ W}$, local que é situada a jusante da foz do arroio Pampa, e que nos dias atuais tem capacidade de bombeamento de até 720 L s^{-1} de água bruta, com perspectiva de abastecer 69.757 economias, e que atende a demanda de 244.149 pessoas (COMUSA, 2007).

O processo de tratamento empregado hoje é o mesmo que o usado quando do início da operação do sistema na década de 50, Coagulação/Floculação, Decantação/Sedimentação e filtração. Diferenças significativas do início da operação para os dias atuais são no floculante empregado e no sistema de desinfecção, que deste o ano de 1999 são derivado de tanino e dióxido de cloro respectivamente (COMUSA, 2006).

O uso de floculante orgânico no processo de coagulação/floculação se explica pela mudança significativa na qualidade do lodo gerado na fase de decantação/sedimentação do processo de purificação da água (CRUZ, *et al.* 2005), principalmente por não existir sistema para o tratamento do lodo gerado na ETA, sendo todo o lodo descartado diretamente no corpo receptor.

O processo de desinfecção com dióxido de cloro é considerado melhor do que o aplicado anteriormente, em razão de que o uso de Cloro em águas sujeitas a contaminação por

substâncias orgânicas está ligado a processo de formação de trihalometanos (THM), que por sua vez estão relacionados com causa de câncer de estomago e intestino grosso em usuários destas águas (MEYER, 1994; MARMO, 2006).

4.1. MICRO-BACIA DO ARROIO PAMPA

A micro-bacia do arroio Pampa tem sua maior parte territorial no município de Novo Hamburgo. A Figura 7 apresenta a localização geográfica da micro-bacia do Arroio Pampa.

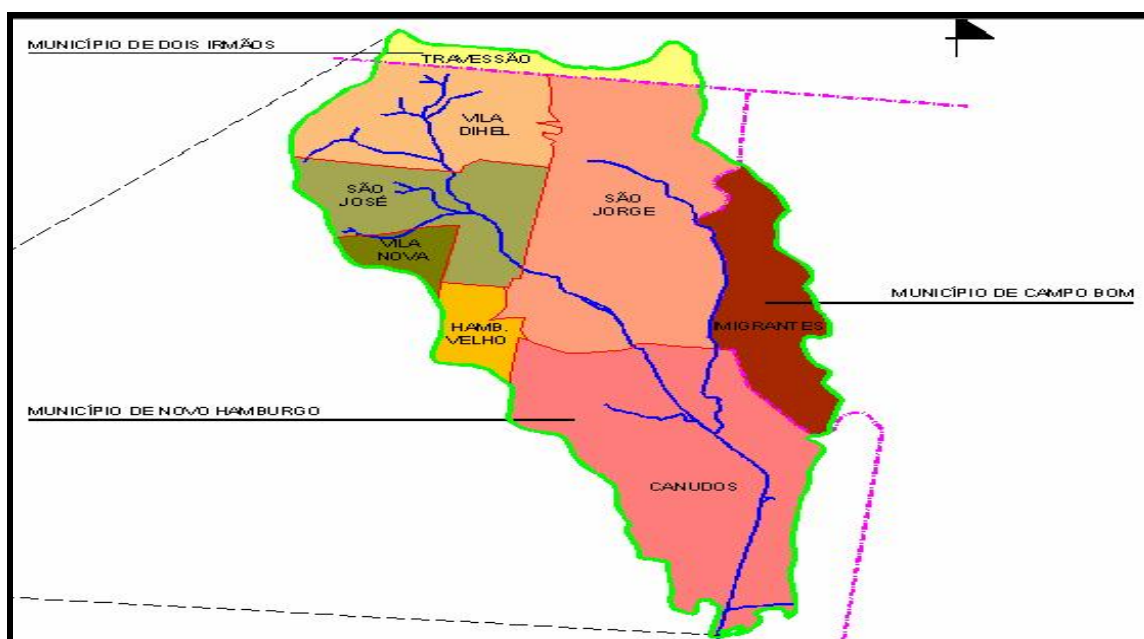


Figura 7 – Localização geográfica da micro-bacia do Pampa.

Fonte – METROPLAM, 2002.

O tronco principal da micro-bacia é o arroio Pampa, denominado pelo plano cartográfico do Ministério do Exército como arroio São José (MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, 1996), com extensão aproximada de 9 km. A área total da micro-bacia é de 18,69 km² e tem como território além do município de Novo Hamburgo os municípios de Dois Irmãos e Campo Bom (METROPLAM, 2002).

O percurso inicial do tronco principal é no sentido norte-sul e após o cruzamento com a rodovia estadual RS 239 no bairro São José, toma o sentido sudoeste até o bairro Canudos, onde novamente segue no sentido norte-sul. A Figura 8 mostra trecho médio do Pampa no bairro Canudos.



Figura 8 – Trecho médio do arroio Pampa, localizado no bairro de Canudos.

Fonte – Carlos Augusto do Nascimento, 2006.

O arroio Pampa chega até o rio dos Sinos por canal construído em 1984. Na Figura 9 o encontro das águas do arroio Pampa com o Rio dos Sinos.



Figura 9 – Foz do arroio Pampa.

Fonte - Carlos Augusto do Nascimento.

Antes da construção do canal a foz do arroio tinha como destino o banhado às margens do rio dos Sinos (JORNAL NH, 2006).

A poluição do arroio Pampa é tema de discussão há duas décadas, e sempre esteve relacionado com a água captada no rio dos Sinos para abastecer o município.

Segundo o jornal NH de 28/6/82 (JORNAL NH, 1982), a diretoria da JFC Engenharia e Construções, propõe um projeto de desvio do Arroio a partir da rua Nobel no bairro Canudos, em um traçado de linha reta em direção à estrada da integração, chegando ao Rio dos Sinos (Figura 10).

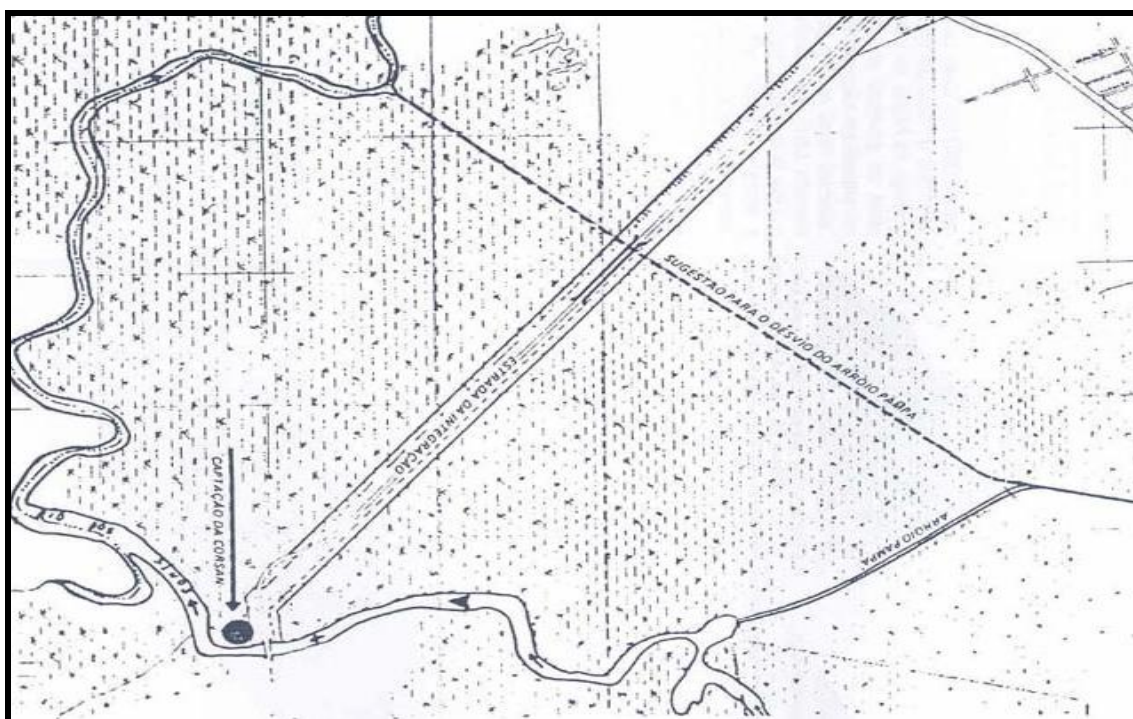


Figura 10 - Projeto apresentado em 1982, propondo o desvio do arroio Pampa.

Fonte - JORNAL NH, 1982.

Uma das vantagens defendidas pelos autores do projeto é a possibilidade de continuação da Av. Alcântara que margeia o arroio, o aproveitamento da área de banhado no bairro Canudos.

Desconsiderando a complexidade dos cursos de água, assim caracterizados em função do uso da terra, geologia, tamanho e formas da bacia, além das condições climáticas (TOLEDO e NICOLELLA, 2002), em 1984, o arroio Pampa teve seu curso modificado, deixando assim de desaguar nos banhados do rio dos Sinos, passando a ter sua foz

diretamente no rio, aliviando os constantes alagamentos na área de banhado no bairro Canudos e agora levando diretamente suas águas para o rio dos Sinos.

Em junho de 1988 começa a ser executado um desvio nos moldes do apresentado em 1982 (Figura 11), porém, tendo agora como principal razão a diminuição da poluição no ponto de captação de água para consumo humano do município, havendo este pedido partido da gerência local da CORSAN, estatal que detinha na época a concessão do município para o tratamento e distribuição de água. Este pedido foi endossado por declaração do prefeito municipal da época (JORNAL NH, 1988).

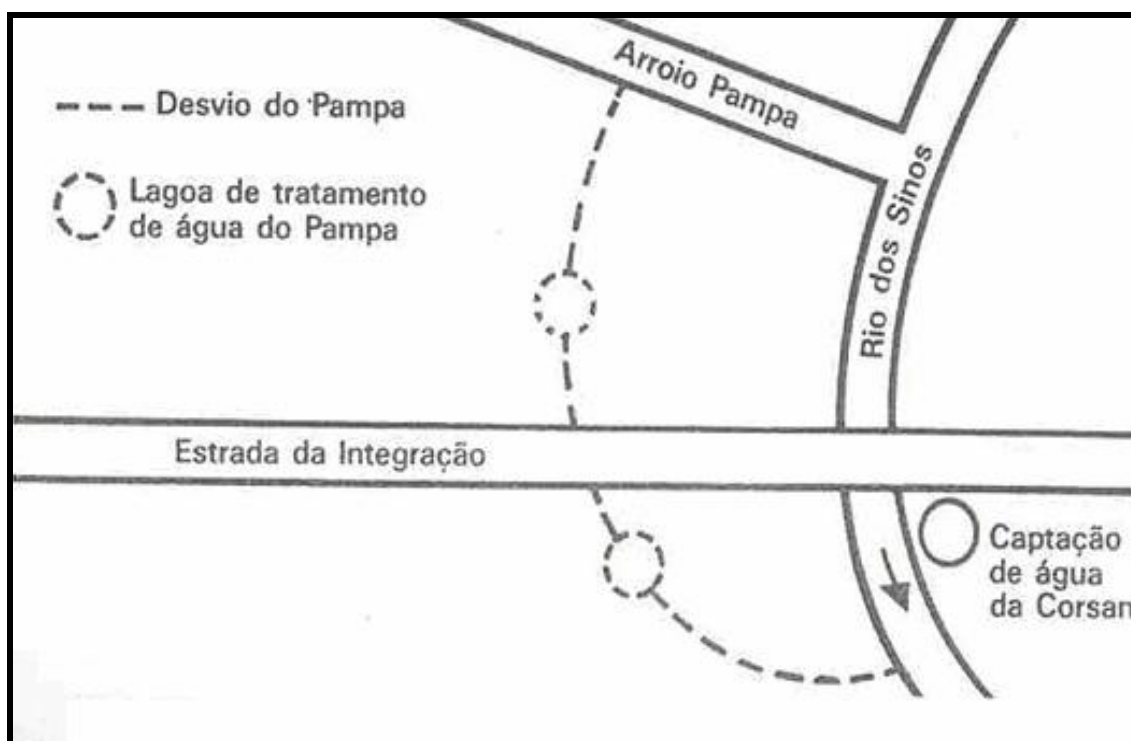


Figura 11 - Projeto de desvio do arroio iniciado em 1988.

Fonte - JORNAL NH, 1988.

A obra que estava sendo realizada em conjunto com o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), e que após a abertura de 800 metros (Figura 12) foi embargada no dia 16 de agosto de 1988 pelo Departamento de Meio Ambiente (DMA) do governo do estado, em razão de seus executores não terem realizado o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). O DMA em sua notificação obriga ainda o imediato fechamento da parte do canal já aberto, bem como a reparação do dano ambiental causado com a obra.

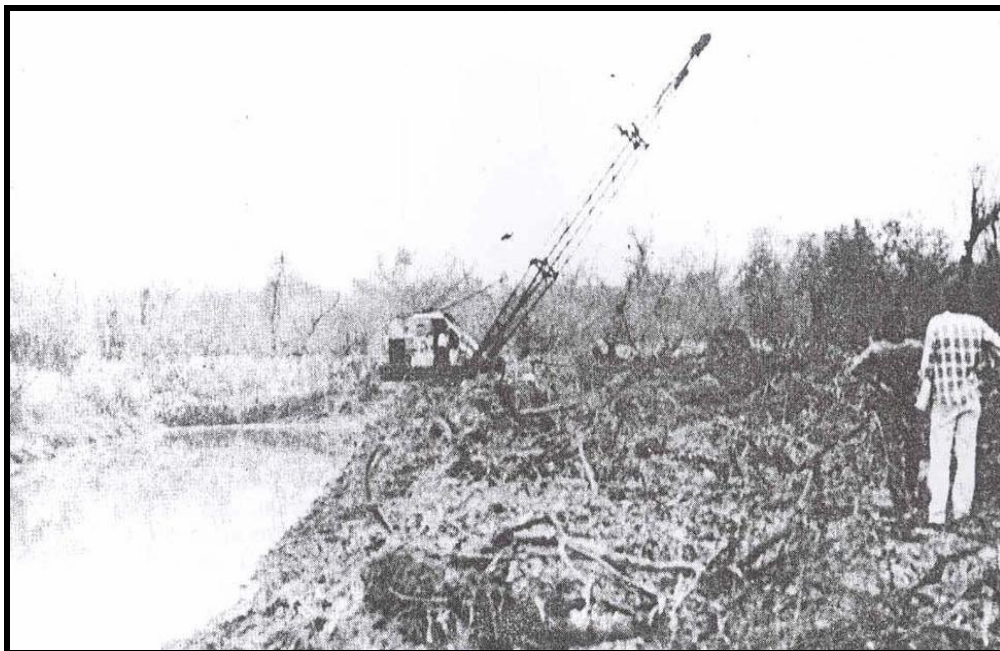


Figura 12 – Abertura do canal para desvio do arroio Pampa.

Fonte – JORNAL NH 1988.

O gerenciamento ambiental na micro-bacia do arroio Pampa, ou as discussões sobre questões relacionadas a ela, ficaram paralisadas até o ano de 2006, quando a COMUSA, lança em parceria com entidades do município, entre elas, o Centro Universitário FEEVALE, Instituto Martim Pescador, Associação dos Moradores da Vila Nova Esperança, o projeto ARROIO PAMPA, que tem como eixo direcional a preservação, a recuperação e o controle para a melhoria da água captada, tratada e distribuída por ela para a população do município de Novo Hamburgo.

Diferente das soluções anteriores, agora as intenções são da construção de interceptores às margens do arroio para retirar o esgoto doméstico lançado *in natura* no arroio e conduzir o esgoto coletado até uma estação de tratamento (JORNAL NH, 2006).

O projeto é abandonado aproximadamente depois de dois meses do lançamento, devido principalmente a troca da presidência da Autarquia Municipal de Águas, mostrando a fragilidade das intenções públicas em projetos que necessitem de períodos mais longos para sua execução. No entanto o grupo de monitoramento, com os parceiros Centro Universitário FEEVALE, Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) e o laboratório de análises de qualidade da água da COMUSA, continuam com a coleta das águas do arroio para determinações físico-químicas e microbiológicas e as medidas de vazões simultâneas a estas coletas.

Impulsionado pela mortandade de peixes ocorrida no Rio dos Sinos no mês de outubro do ano de 2006 o governo do estado através da SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente), lança o programa SIGA (Sistema Integrada de Gerenciamento Ambiental) dividindo o rio dos Sinos em 4 trechos, compostos pelos seguintes municípios:

- Trecho 1: São Leopoldo, Canoas, Sapucaia do Sul, Esteio, Nova Santa Rita e Cachoeirinha;
- Trecho 2: Novo Hamburgo, Campo Bom, Estância Velha, Portão e Ivoti;
- Trecho 3: Sapiranga, Taquara, Parobé, Nova Hartz, Araricá e Gravataí;
- Trecho 4: Igrejinha, Três Coroas, Canela, Gramado e São Francisco de Paula.

Esta divisão foi determinada em 29 de janeiro de 2007, junto com calendário de reuniões com as prefeituras de cada trecho, para buscar medidas para solucionar a questão poluição no rio dos Sinos (JORNAL NH, 2007), e também para contribuir para a elaboração do plano de saneamento exigido pela portaria de número 087/06 de 11 de outubro de 2006 editada pelo CRH-RS.

Como existe um Comitê de Bacia instituído e funcionando nesta região hidrográfica, cria-se através de decisão da SEMA um novo palco para discussão de assuntos relacionados com o gerenciamento hídrico da região da bacia hidrográfica do Sinos, com reflexos no estabelecido na Lei Estadual 10.350 de 1994 (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1994) que torna o Comitê de Bacia o palco destas discussões.

Após varias reuniões, em 04 de abril de 2007 os prefeitos do trecho 2 (JORNAL NH, 2007) solicitam ao representante da SEMA que o separador absoluto deixe de ser obrigatório, permitindo com isso o tratamento de arroios.

A Comissão Especial sobre a Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Gravataí e Sinos da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, em relatório aprovado por unanimidade no dia 06 de setembro de 2007, traz como uma das sugestões, que seja avaliada a mudança na legislação para a adoção provisória de tratamento de esgoto misto, adotando um modelo progressivo para a separação absoluta de esgoto cloacal e pluvial (JORNAL NH, 2007).

Segundo a norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), separador absoluto é “o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, acondicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”, isto torna relativo o conceito de separador absoluto, pois a própria norma define esgoto sanitário como “líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária”.

Considerando separador absoluto um sistema que apenas encaminha esgoto doméstico para uma instalação de tratamento deste, tem-se como principais vantagens segundo NUVOLARI, *et al.* (2003):

- Canalizações de dimensões menores, reduzindo custos;
- Possibilidade dentro de planejamento de executar obras por partes e estendendo-as futuramente;
- Otimização no tratamento do esgoto, evitando-se poluição por metais;
- Diminuição de custos de estações elevatórias;

O conceito de separador absoluto é de grande importância para a construção de sistema de tratamento de esgoto que é investimento de custo elevado e seu planejamento deve levar em consideração aspectos como:

- Custo da área de implantação;
- Facilidade e custo de alimentação da Estação de Tratamento de esgoto (ETE);
- Facilidade de acesso;
- Nível local de inundação;
- Facilidade de extravasar o esgoto afluente.

Considerando o arroio como um canal afluente de estação de tratamento, existe a necessidade de construção de uma estação de grande porte, ou de operação em sistema de *by pass* durante a ocorrência de precipitações.

Outro inconveniente do não uso de separador absoluto e a utilização do arroio como corpo receptor de esgoto industrial é a possibilidade de presença de metais como, chumbo, cromo e níquel, que podem interferir no tratamento biológico e causar a destruição da flora microbológica responsável pelo tratamento, conforme descrito no capítulo poluição química deste trabalho.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A características das águas do arroio Pampa, nos diferentes pontos de amostragem, tem como referência os limites definidos na Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional, segundo seus usos preponderantes.

Nos casos em que a legislação estabelece limites iguais para as diferentes classes de uma mesma característica, classificou-se como a de melhor qualidade. Para a condição de esgoto doméstico foram adotados valores de mínimo e máximo do mesmo período das coletas de amostras realizadas neste trabalho, do afluente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CORSAN do município de Canoas - RS, município este integrante da bacia do rio dos Sinos e o mais próximo da micro-bacia pesquisada com caracterização de esgoto doméstico.

Os valores de referência para a classificação proposta neste trabalho, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores de referência para a classificação das amostras pesquisadas.

Parâmetro	Unidade	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4	* Esgoto	Fora de Classe
DBO ₅	mg O ₂ L ⁻¹	3		5		10		NE	80 – 500	---
Nitrogênio Amoniacal Total.	mg L ⁻¹	N	pH	N	pH	N	pH			
Ambiente Lótico		3,7	≤7,5	3,7	≤7,5	13,3	≤7,5			
		2,0	>7,5≤8,0	2,0	>7,5≤8,0	5,6	>7,5≤8,0	NE	21 a 532	---
		1,0	>8,0≤8,5	1,0	>8,0≤8,5	2,2	>8,0≤8,5			
		0,5	>8,5	0,5	>8,5	1,0	>8,5			
Fósforo Total	mg L ⁻¹	0,1		0,1		0,15		NE	1,20 a 14	---
Chumbo Total	mg L ⁻¹	0,01		0,01		0,033		NE	---	---
Cromo Total	mg L ⁻¹	0,05		0,05		0,05		NE	---	---
Níquel Total	mg L ⁻¹	0,025		0,025		0,025		NE	---	---
pH	Unidades de pH	6 a 9		6 a 9		6 a 9		6 a 9	---	< 6 > 9
Nitratos	mg L ⁻¹	10		10		10		NE	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ L ⁻¹	**6		**5		**4		**2	---	< 2
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	200		1000		2500		NE	> 1,7x10 ⁵	---

Obs.: Os valores apresentados são máximos permitidos para a classe. NE: Não especificado. **Não inferior.

*Valores de mínimo e máximo do afluente da ETE CORSAN do município de Canoas - RS.

Para determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foram escolhidos três pontos para coleta de amostras no arroio Pampa e dois pontos de coleta no rio dos Sinos.

Os pontos monitorados foram escolhidos de forma a representar estrategicamente a investigação dos parâmetros. O primeiro no começo do curso do Arroio Pampa, o segundo na parte média do arroio, o terceiro próximo a sua foz, um ponto no Rio dos Sinos a montante da foz do arroio, além de um ponto a jusante da foz do arroio, todos no território do município de Novo Hamburgo, sendo os pontos denominados respectivamente como, P1, P2, P3, P4 e P5.

A medida de vazão para o arroio Pampa foi realizada em todos os pontos simultaneamente à realização das coletas com medidor portátil de velocidade, marca Flo-Mate™, modelo 2000.

Todas as vazões do Rio dos Sinos são referentes a dados obtidos junto a ANA operadas pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), na estação Fluviométrica de Campo Bom, nas coordenadas geográficas 29° 41' 31" latitude Sul e 51° 02' 42" longitude oeste de Greenwich a montante da foz do arroio Pampa em ponto denominado como ponto PQ, sendo estes valores dados brutos correspondentes à leitura diária do nível do rio às 07:00 horas.

As datas das coletas, e demais informações pertinentes no momento das coletas são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Estação do ano, data e período das coletas de amostras.

Estação do ano	Seqüência de Coleta	Data	Período do Dia
Outono	1	11/05/2006	Manhã
Inverno	2	06/07/2006	Manhã
Inverno	3	24/08/2006	Manhã
Primavera	4	05/10/2006	Manhã
Primavera	5	23/11/2006	Manhã
Verão	6	04/01/2007	Manhã
Verão	7	14/02/2007	Manhã
Outono	8	29/03/2007	Manhã
Outono	9	10/05/2007	Manhã

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados em laboratório para o monitoramento e a metodologia adotada são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11- Parâmetros determinados e a metodologia utilizada nos ensaios laboratoriais.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
DBO ₅	mgO ₂ L ⁻¹	Manometria
Nitrogênio amoniacal Total	mg L ⁻¹	Titulometria
Nitratos	mg L ⁻¹	Espectroscopia UV/VIS
Fósforo Total	mg L ⁻¹	Espectroscopia UV/VIS
Chumbo Total	mg L ⁻¹	Absorção Atômica
Cromo Total	mg L ⁻¹	Absorção Atômica
Níquel Total	mg L ⁻¹	Absorção Atômica
pH	Unidades de pH	Potenciometria
Oxigênio Dissolvido	mg L ⁻¹	Titulometria
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)	NMP / 100mL	Substrato Enzimático

Os metais estudados neste trabalho foram selecionados baseados em seu potencial de toxicidade para o homem e por serem utilizados nas indústrias desta região.

As amostras para as determinações analíticas foram coletadas em frascos de polietileno, com capacidade de cinco litros para os parâmetros de pH e nitrogênio total.

Para as determinações dos parâmetros de fósforo total, cromo total, chumbo total e níquel total, em frasco com capacidade de um litro, previamente preparado para este fim.

As amostras para inoculação bacteriológica foram coletadas de forma direta em embalagem apropriada para este fim, previamente esterilizadas.

As amostras para determinação de OD foram coletadas de forma direta, em frascos adequados, preservadas no momento da coleta com 1 mL de solução de sulfato manganoso e com um 1 mL de solução de iodeto de potássio alcalino.

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipiente térmico preservadas com gelo e transportadas até a Central Analítica do Centro Universitário Feevale em até três horas, para então serem analisadas.

A medida da temperatura das amostras foi realizada no momento da coleta, usando termômetro comum.

As determinações físico-químicas e microbiológicas para os pontos de monitoramento P1, P2 e P3 no arroio Pampa e do ponto de monitoramento P4 no Rio dos Sinos foram realizadas em duplicata pela Central Analítica do Centro Universitário Feevale, tendo como base de referência o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21th Ed, 2005.

As determinações dos parâmetros OD, pH, DBO₅ e Coliformes fecais para o ponto de monitoramento P5 foram realizadas pelo laboratório da COMUSA.

Para os parâmetros cromo, níquel e chumbo, no ponto P5 foram usadas médias de monitoramento realizado pela FEPAM neste ponto de amostragem.

Após obtenção e análise dos resultados, para verificação da existência de relação entre as variáveis, assim como a intensidade e o sentido desses relacionamentos, foi calculado o Coeficiente de Correlação de *Pearson* (r) com o uso do programa SPSS 13.0.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

Os pontos de amostragem denominados como P1, P2, P3, P4 e P5 sua localização e as suas coordenadas geográficas são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Localização geográfica dos pontos de coleta de amostras.

Ponto de Coleta	Local	Coordenadas geográficas
P1	Próximo a nascente	29° 39' 35,7" latitude Sul e 51° 06' 27,9" longitude oeste de Greenwich
P2	Parte média do curso	29° 41' 17,9" latitude Sul e 51° 05' 15,8" longitude oeste de Greenwich
P3	Foz	29° 42' 19,2" latitude Sul e 51° 05' 17,6" longitude oeste de Greenwich
P4	Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa	29° 43' 11,4" latitude Sul e 51° 05' 02,3" longitude oeste de Greenwich
P5	Rios dos Sinos a Jusante da foz do arroio Pampa	29° 43' 50" latitude Sul e 51° 05' 00" longitude oeste de Greenwich

As coordenadas foram verificadas pelo aparelho GPS (*“Global Positioning Satellite”*), marca *Garmin* modelo *e Trex Summit*, que no momento da obtenção destes dados apresentava precisão de 7 m, indicada pelo aparelho em função dos satélites captados.

A Figura 13 apresenta os pontos P1, P2 e P3 localizados no arroio Pampa e os Pontos P4 e P5 localizados no Rio dos Sinos, esta figura apresenta ainda o ponto identificado como PQ que é o local de medida de vazão do CPRM/ANA para o rio dos Sinos.

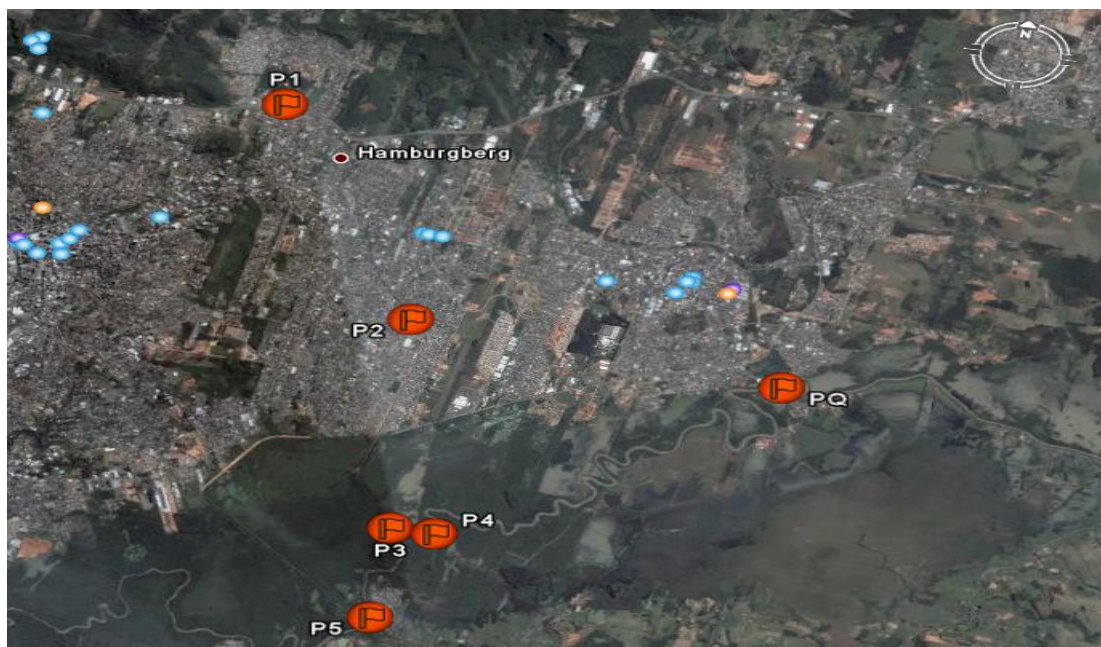


Figura 13 –Localização geográfica dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e PQ.

Fonte – Google, 2007.

5.2 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS

Os parâmetros fósforo total e nitrogênio total foram analisados com o intuito de comparar os resultados encontrados com a característica de esgoto doméstico bruto. O afluente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Canoas – RS é a referência para estes parâmetros, que foram usados como a característica de “esgoto doméstico”.

Os metais cromo total, níquel total e chumbo total, característicos de efluentes industriais constituintes da força produtiva da micro-bacia monitorada, foram comparados com média histórica de monitoramento realizada pela FEPAM no ponto de amostragem identificado por esta como ponto 056 Sinos, que é identificado neste trabalho como P5 e pela COMUSA como PN40 Sinos.

Para a classificação atual do três pontos monitorados no arroio Pampa (P1, P2 e P3) e do localizado no Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa (P4), foram usados os parâmetros pH, DBO₅, OD, fósforo total, nitrogênio total, cromo total, chumbo total, níquel total, coliformes fecais (*Escherichia Coli*) e nitratos.

Nos pontos P1, P2, P3 os resultados para o parâmetro OD dos dias 06/07/2006 (2^a coleta) e 5/10/2006 (4^a coleta), e coliformes fecais (*Escherichia Coli*) para todas as coletas realizadas nestes pontos, são dados obtidos junto ao laboratório da COMUSA, assim como para o Ponto P4 o valor de OD do dia 11/05/2006 (1^a coleta).

No dia 23/03/2007 (8ª coleta), por problema técnico não foi possível realizar a determinação da DBO_5 no ponto P5. Assim como no dia 14/02/2007 (7ª coleta), por impedimento operacional não foi realizada medição de vazão em nenhum dos pontos de monitoramento do arroio pampa (P1, P2 e P3).

Nos dias 23/11/2006 e 14/02/2007, 5ª e 7ª coletas respectivamente, não foram realizadas coletas nos pontos P3 e P4 por impedimento operacional.

Os resultados obtidos para a vazão do arroio Pampa foram analisados estatisticamente para comprovação da influência desta característica nos parâmetros químicos determinados. A possibilidade de quantificação dos poluentes, e para a construção de cenários de contribuição da carga orgânica ou de metais que o arroio transporta por suas águas também foram determinantes para esta quantificação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para os parâmetros pH, temperatura da água, OD, DBO₅, Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*), fósforo total, nitrogênio total, níquel total, cromo total e chumbo total, nos pontos monitorados durante o período deste trabalho, são apresentados e discutidos neste capítulo.

Os resultados para as vazões medidas no arroio Pampa e a construção de possíveis cenários relacionados a massa de água presente neste corpo hídrico e sua relação com o rio principal da bacia são apresentados no sub item 6.11.

O tratamento estatístico relacionando parâmetros determinados com as vazões do arroio Pampa e do rio dos Sinos estão apresentados no sub item 6.12. No sub item 6.13 estão apresentadas a classificação das águas do arroio Pampa e do ponto P4 localizado no rio dos Sinos.

6.1 pH

Os resultados obtidos para o parâmetro pH nas águas do arroio Pampa nos pontos P1, P2 e P3 e no Rio dos Sinos nos pontos identificados como P4 e P5 durante o período monitorado, são apresentados na Figura 14.

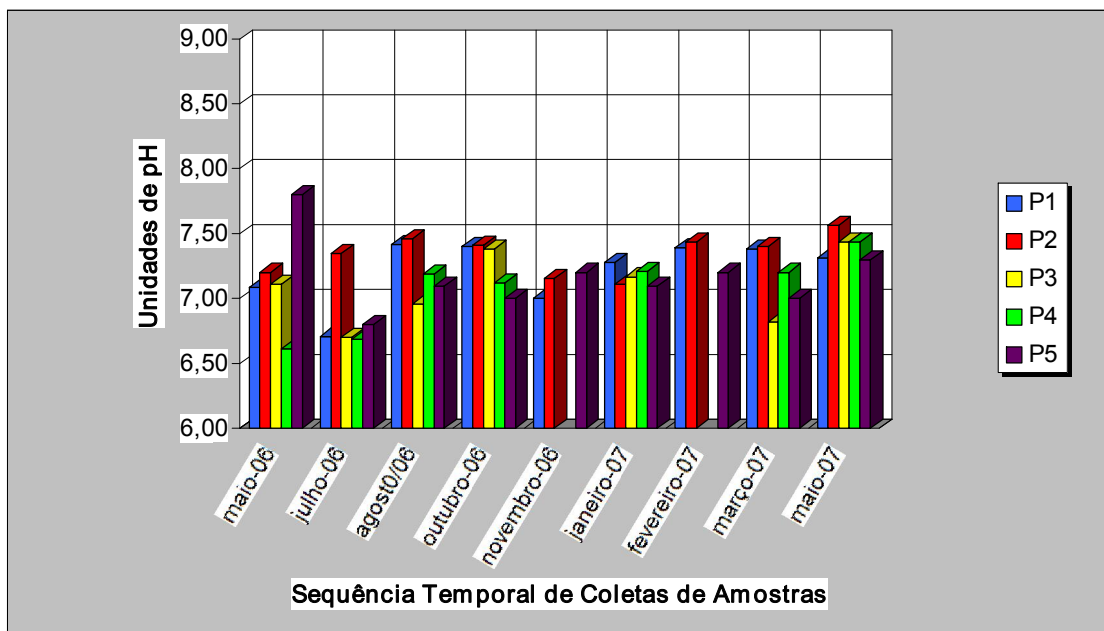


Figura 14 - Valores de pH verificados durante o monitoramento das águas do arroio Pampa e do Rio dos Sinos.

As águas do Rio dos Sinos (P4), apresentaram características de classe 1 para este parâmetro, durante todo o período monitorado, com média de 7,01 e valores de pH máximo e mínimo de 7,44 e 6,50 respectivamente.

Os resultados medidos para o parâmetro pH das águas do arroio Pampa apresentaram resultados similares durante todo o período de monitoramento, com valores médios entre 7,12 e 7,34 e valores de mínimo e máximo de 6,70 (P3) e 7,56 (P2) respectivamente (Figura 15).

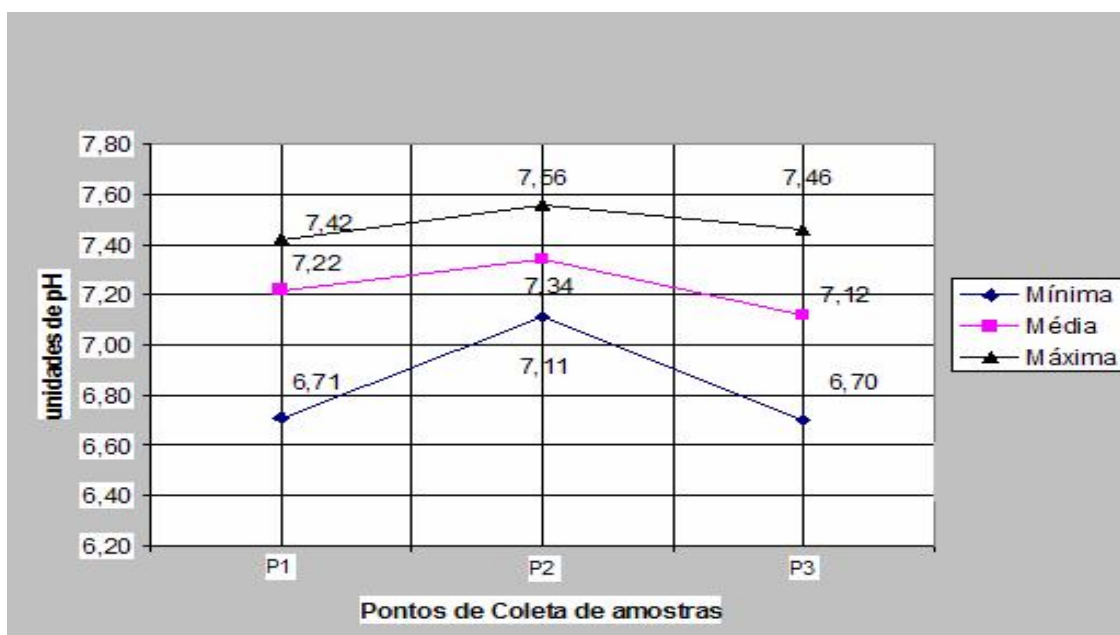


Figura 15 - Valores de máximo, mínimo e média do parâmetro pH, nos pontos P1, P2 e P3.

Houve pequena variação de valores entre datas e locais de coleta, e os resultados encontrados conferem às águas do arroio Pampa em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas realizadas, característica de classe 1, conforme a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

6.2 TEMPERATURA DA ÁGUA

Os resultados obtidos para a temperatura da água no arroio Pampa nos pontos P1, P2 e P3 e no Rio dos Sinos nos pontos P4 e P5 durante o período monitorado, são apresentados na Figura 16.

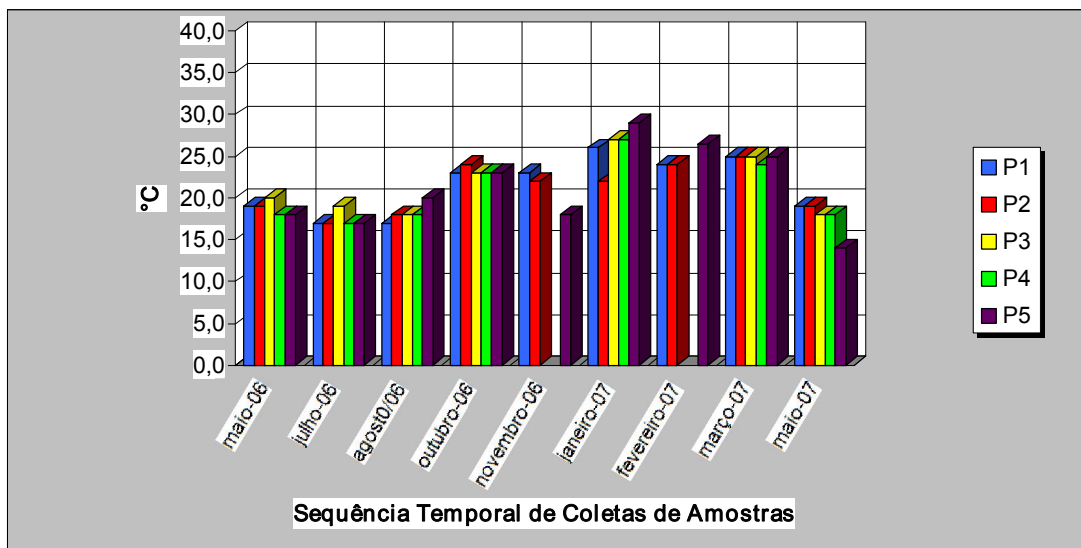


Figura 16 - Resultados para a temperatura da água obtidos no monitoramento dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5.

Como esperado, a temperatura das águas durante o período de monitoramento acompanharam as características das estações do ano.

No arroio Pampa houve no mesmo dia monitorado variação de até 5 °C para maior (6ª coleta) no dia 04/01/2007 entre os pontos P2 e o P3. Esta variação pode estar associada à influência de lançamentos pontuais localizados próximos ao local de coleta.

6.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Os resultados obtidos para o parâmetro OD nos pontos monitorados durante o período deste trabalho, são apresentados na Figura 17.

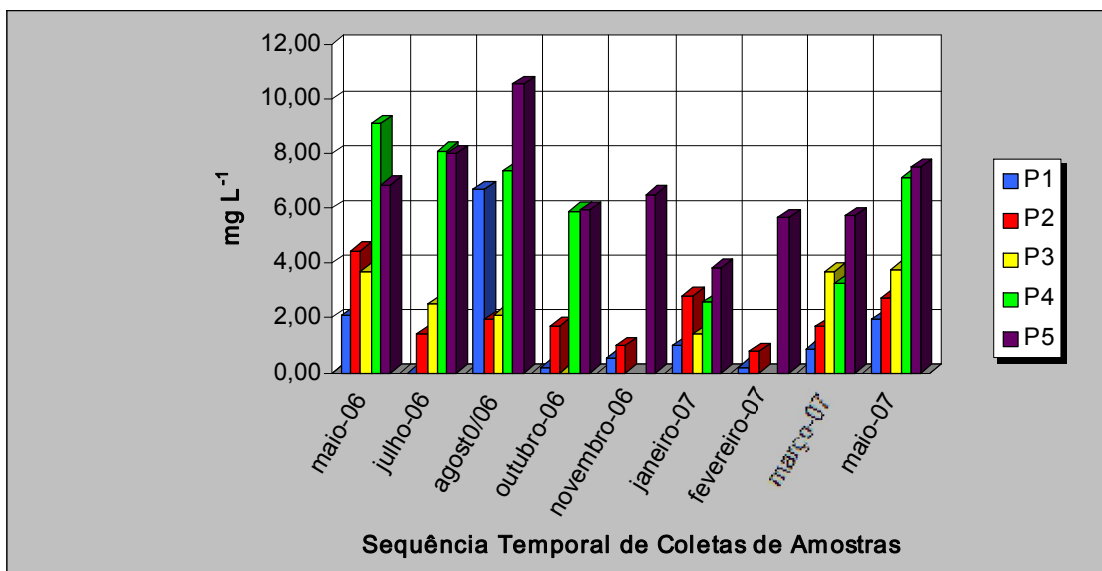


Figura 17 – Resultados para OD obtidos para os pontos P1, P2, P3, P4 e P5.

As águas do arroio Pampa apresentaram resultados para o parâmetro oxigênio dissolvido qualidade compatível com a condição “fora de classe” nos pontos de amostragem P1, P2 e P3, com base na Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), por terem apresentado resultado menor do que 2 mg L^{-1} em pelo menos uma das coletas.

No ponto de amostragem P1 em aproximadamente 78 % das amostras os valores apresentados são compatíveis com a classificação “fora de classe” e nos pontos P2 e P3 em 67 % e 29 %, respectivamente (Figura 18).

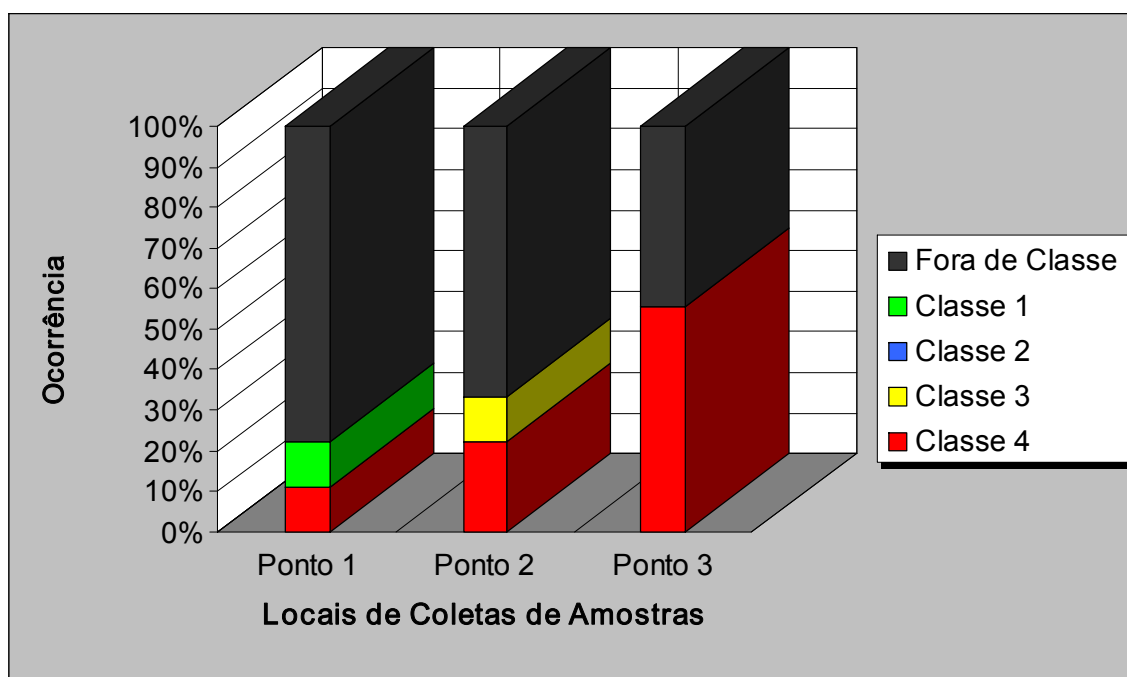


Figura 18 – Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro OD nos pontos monitorados do arroio Pampa.

Com exceção da coleta do dia 24/08/2006 (3ª coleta), onde o valor encontrado para o ponto P1 foi excessivamente alto se comparado a todas as determinações de OD realizadas neste ponto, o monitoramento mostrou um aumento do nível de oxigênio dissolvido significativo entre o ponto P1 e o ponto P2, causado pela aeração natural da águas do arroio (Figura 19).

Este acontecimento mostra que apesar de receber uma grande carga de despejos que necessitam de oxigênio para sua oxidação, o arroio apresenta ainda capacidade de recuperação, embora insuficiente para manter o equilíbrio ambiental.



Figura 19 – Ponto de amostragem P2 (arroio Pampa).

Fonte – Carlos Augusto do Nascimento.

Este aumento de oxigênio nas águas aponta para capacidade de auto depuração existente entre o ponto P1 e o P2. Este fenômeno também ocorre com a mesma frequência entre o ponto P2 e P3, apesar da menor declividade e do alargamento do canal, que diminuem a velocidade do escoamento, diminuindo a incorporação de oxigênio.

Na coleta realizada no dia 06/07/2006 (2ª coleta) no ponto de amostragem P1, a condição encontrada nas águas do arroio, mostram condições de anaerobiose, ou seja, ausência de oxigênio.

A mesma característica (anaerobiose) voltou a ocorrer no dia 05/10/2006 (4ª coleta), no ponto P3, onde o odor séptico característico desta condição era muito forte no momento destas coletas.

Estes acontecimentos, inexistência de oxigênio nas águas, mostram o forte estado de degradação que se encontram as águas do arroio Pampa.

A média de oxigênio dissolvido no ponto P2 apresentou característica de classe 4, assim como no ponto P3 (Figura 20).

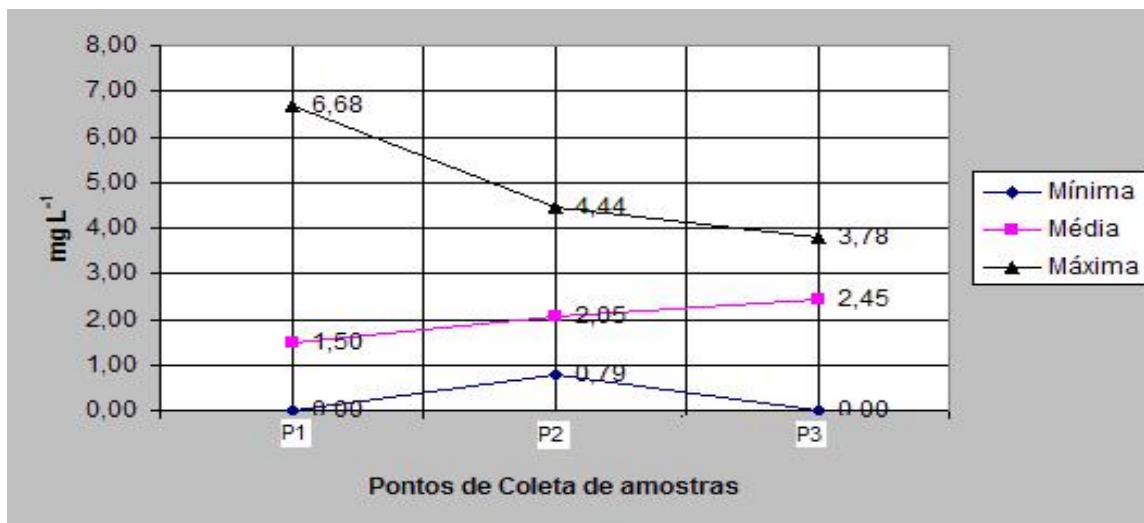


Figura 20 – Valores de mínimo, média e máximo para teor de OD nos pontos P1, P2 e P3.

No ponto P1 apesar de ser o ponto com o maior valor medido durante o monitoramento a média é de característica de “fora de classe”.

Os valores para máximas mostram que em certos momentos o arroio apresenta bons valores de oxigênio dissolvido, com valores correspondentes a classe 1 e 2 da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

O ponto P4 no Rio dos Sinos apresentou variações significativas nos níveis de oxigênio dissolvido presente em suas águas, a Figura 21 apresenta a porcentagem de ocorrência por classes neste ponto de amostragem.

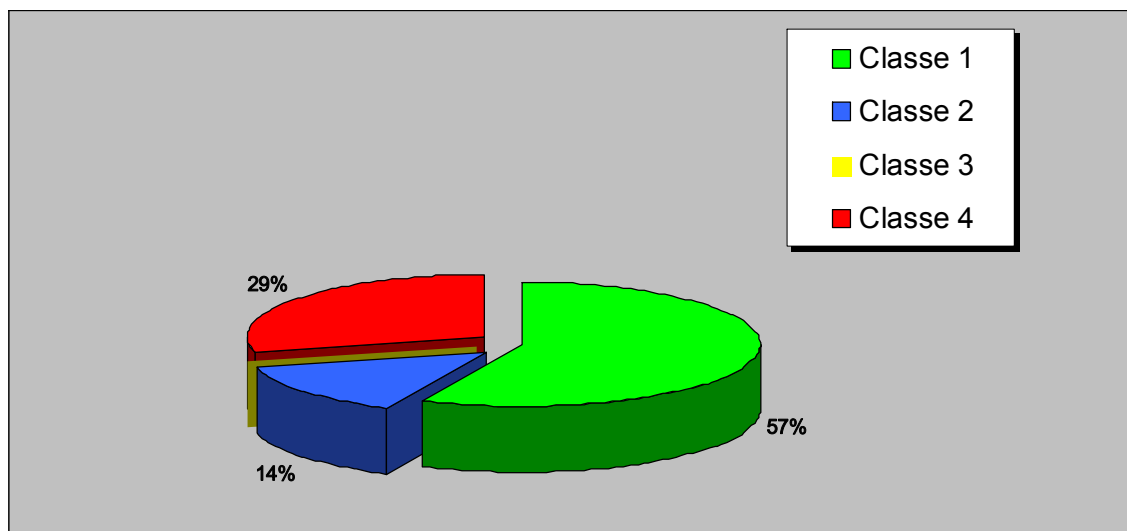


Figura 21 - Porcentagem de ocorrência de classes para o OD no ponto de monitoramento P4.

As estações do ano foram determinantes para os níveis de oxigênio dissolvido encontrados nas águas deste ponto de monitoramento. No outono, inverno e primavera, as coletas realizadas, apresentaram classificação como classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005). Diferente da coleta realizada no verão, onde o nível de oxigênio dissolvido das águas do Rio dos Sinos apresentou valor compatível com classe 4 (2,55 mg L⁻¹), sendo portanto imprópria para o uso como consumo humano, conforme a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

Os resultados por porcentagem de classes no ponto de amostragem P5, apurados pela laboratório da COMUSA estão apresentados na Figura 22.

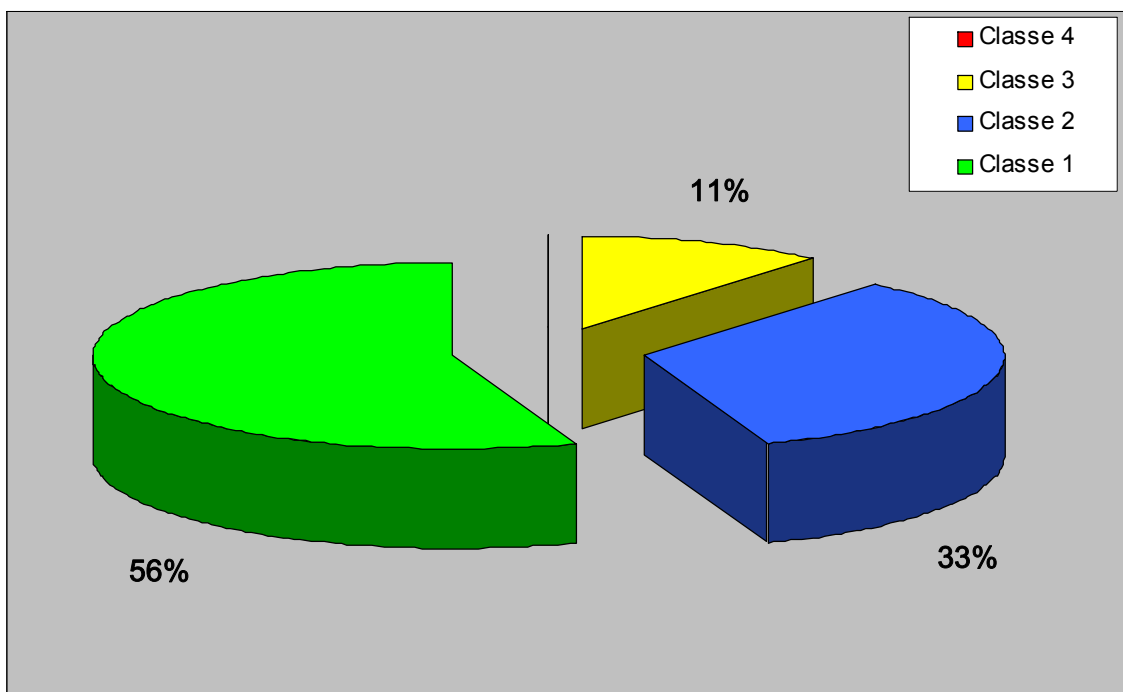


Figura 22 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro OD no ponto de monitorado da captação de água bruta da COMUSA (P5).

Os valores para oxigênio dissolvido apresentaram pequena diferença para menor quantidade, quanto ao número de ocorrência por classes se comparados com os valores obtidos para o ponto de amostragem P4.

No ponto de amostragem P5 a condição para classe 4 não ocorre, estando assim as águas do Rio dos Sinos no ponto de captação de água para consumo humano no município de Novo Hamburgo, durante a totalidade do monitoramento, para este parâmetro dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

6.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)

Os resultados para o parâmetro DBO₅ apurados durante o monitoramento em todos os pontos analisados, são apresentados na Figura 23.

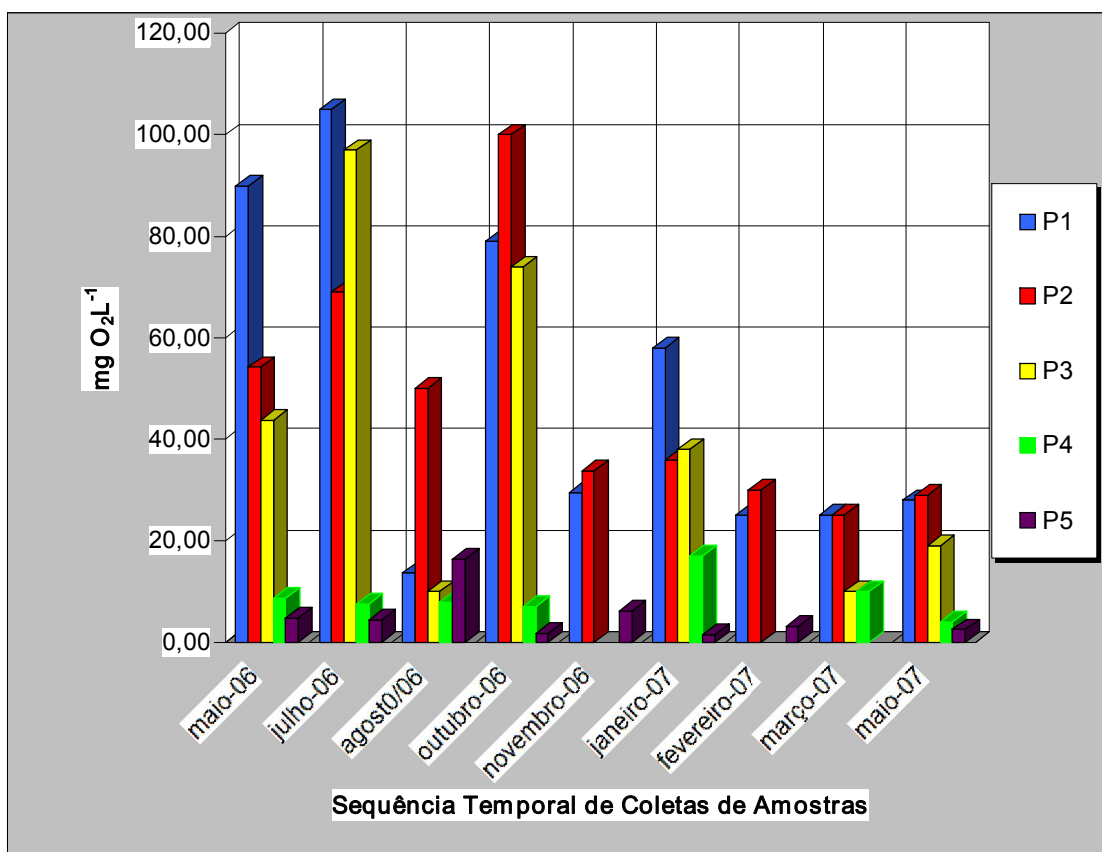


Figura 23 - Resultados para DBO₅ obtidos para os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 durante o período monitorado.

Nos três pontos de monitoramento do arroio Pampa, o valor máximo de DBO₅ encontrado durante o período de monitoramento foi no ponto de amostragem P1, com valor de 105,0 mg O₂ L⁻¹. O valor médio considerando todos os pontos de amostragem foi de 50,3 mg O₂ L⁻¹. Durante o período monitorado houve variação significativa de valores entre os pontos.

A DBO₅ do arroio Pampa manteve-se na maioria dos pontos de coleta com níveis de classe 4, e em alguns momentos valores comparáveis com esgoto doméstico, a Figura 24 apresenta os resultados por ocorrência de classes.

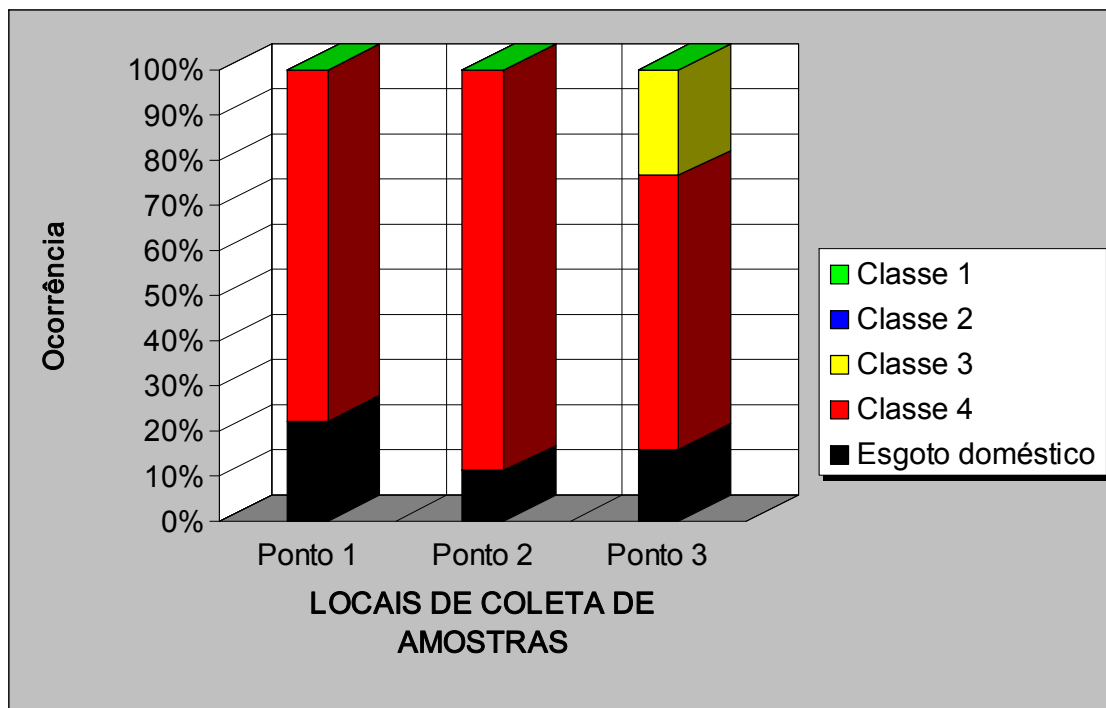


Figura 24 – Porcentagem de ocorrência de classes para DBO₅ nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3.

Os resultados para DBO₅ das águas do arroio Pampa nos pontos monitorados, com exceção do ponto P1, não estão associados com a vazão deste corpo hídrico, afirmação comprovada estatisticamente (capítulo 6.13), ou seja, para uma vazão maior nos pontos P2 e P3 não significa uma DBO₅ menor. O que indica que nestes pontos durante o período monitorado o efeito diluição não ocorre.

No ponto de monitoramento P4 os valores para DBO₅ mostram o rio dos Sinos em 78% das coletas realizadas com característica de classe 3, para o ponto P4 estão representados apenas sete das nove coletas realizadas, visto que para este ponto duas coletas não foram realizadas por problemas operacionais.

Para o ponto de monitoramento P5 os valores analisados contemplam a totalidade das coletas realizadas, ou seja, nove. Os valores encontrados são relativamente satisfatórios, apesar de que em uma das amostras (3^a coleta) determinadas o resultado apresentou característica de classe 4, sendo esta a única amostra com resultado superior ao ponto P4. Estes resultados por porcentagem de ocorrência são apresentados na Figura 25.

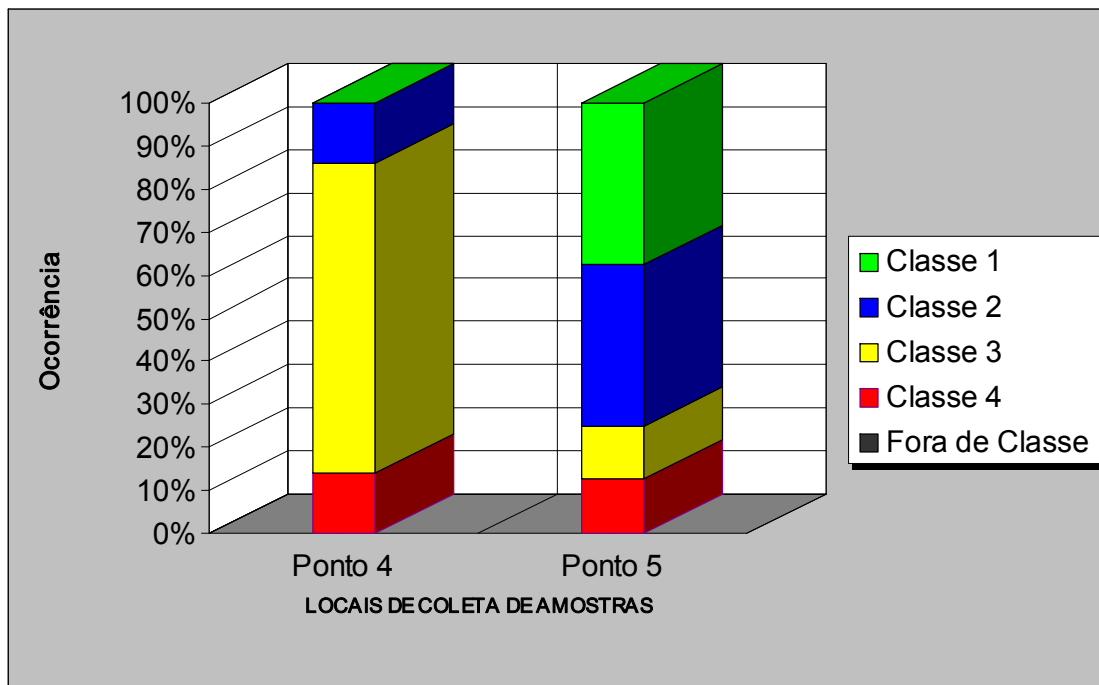


Figura 25 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro DBO₅ nos pontos de monitoramento P4 e o ponto P5.

No monitoramento do ponto de coleta P5 no Rio dos Sinos (a jusante da foz do arroio Pampa), os valores de DBO₅, quando comparados com o ponto de amostragem P4 (a montante do arroio), mostram em média resultados de classificação melhores que este último.

Na 3ª coleta, realizada no dia 24/08/2006, no ponto de captação de água bruta da COMUSA (P5), o resultado encontrado para o parâmetro DBO₅ apresentou característica de classe 4, portanto imprópria para o consumo humano.

6.5 COLIFORMES FECAIS (*ESCHERICHIA COLI*)

Este parâmetro está diretamente ligado a poluição por esgotos domésticos, sendo de grande importante sua análise.

Sua possível relação como nitrogênio, que está relacionado diretamente, com valor médio produzido diariamente por pessoa de aproximadamente 16 g/dia em média.

Os resultados para o parâmetro coliformes fecais (*Escherichia Coli*), obtidos durante o monitoramento deste trabalho para os pontos P1, P2 e P3 no arroio Pampa, são apresentados na Figura 26.

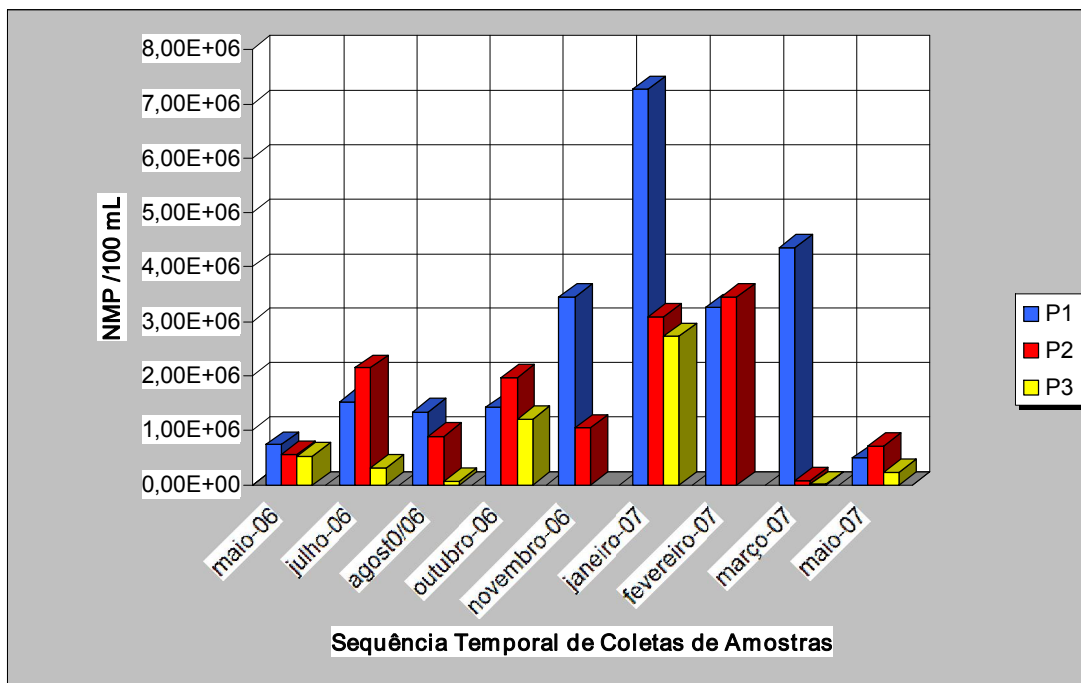


Figura 26 - Resultados para coliformes fecais (*Escherichia Coli*) obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3.

Para o parâmetro coliforme fecais (*Escherichia Coli*) as águas do arroio Pampa apresentaram resultados semelhantes a esgoto doméstico em aproximadamente 45% do período monitorado no ponto P1.

Para o ponto de monitoramento P2 (ponto médio), a ocorrência da característica de esgoto doméstico teve valor igual ao do ponto P1, ou seja, em 45% monitorado esta característica esteve presente.

No ponto P3 este comportamento foi encontrado em aproximadamente 35% do período monitorado.

Estes resultados mostram um corpo hídrico, que com os resultados encontrados passa a ser um canal de afastamento de esgoto doméstico que tem como destino final as águas do Rio dos Sinos.

No restante do período todos os pontos apresentaram característica de classe 4 segundo a metodologia proposta neste trabalho, pois para este parâmetro a Resolução CONAMA não determina um valor máximo para a classe 4.

A Figura 27 apresenta resultados pelo percentual de ocorrência para os pontos de monitoramento no arroio Pampa.

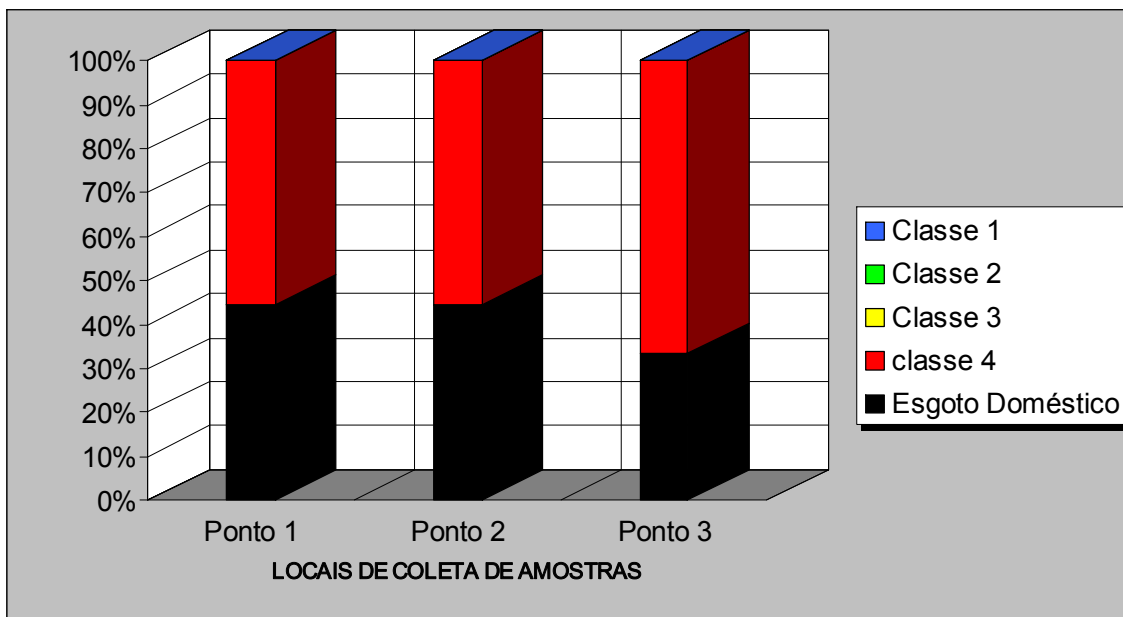


Figura 27 – Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais (*Escherichia Coli*) nos pontos monitorados no arroio Pampa.

As diferenças da quantidade de microorganismos presentes no ponto P3 quando comparados ao ponto P2, pode estar relacionada ao decaimento bacteriano natural, ou a lançamento de esgoto doméstico localizados.

Os resultados para coliformes fecais (*Escherichia Coli*) nos pontos P4 e P5 (Rio dos Sinos) durante o período do monitoramento deste trabalho são apresentados na Figura 28.

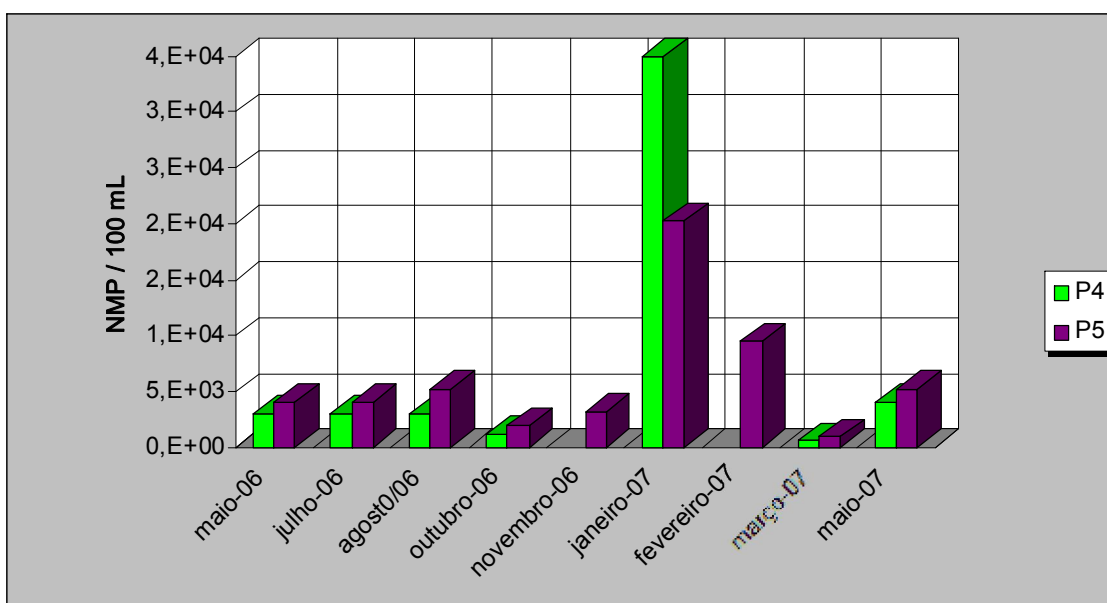


Figura 28 - Resultados para o parâmetro coliformes fecais para os pontos P1, P2 e P3.

Para o ponto P4 no Rio dos Sinos (montante da foz do arroio) os resultados por porcentagem de ocorrência de classe são apresentados na Figura 29.

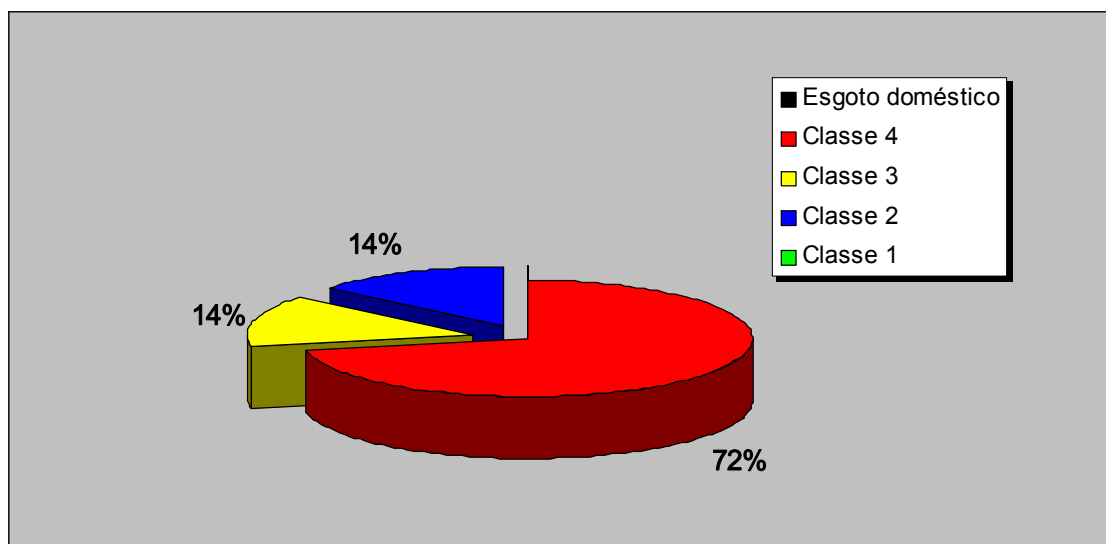


Figura 29 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais no ponto P4.

Estes resultados quando comparados com os do ponto P5, mostram em mais de 80% das coletas realizadas um número maior de microorganismos do que o encontrado para o ponto P4. A Figura 30 apresenta a incidência por classes para o ponto P5.

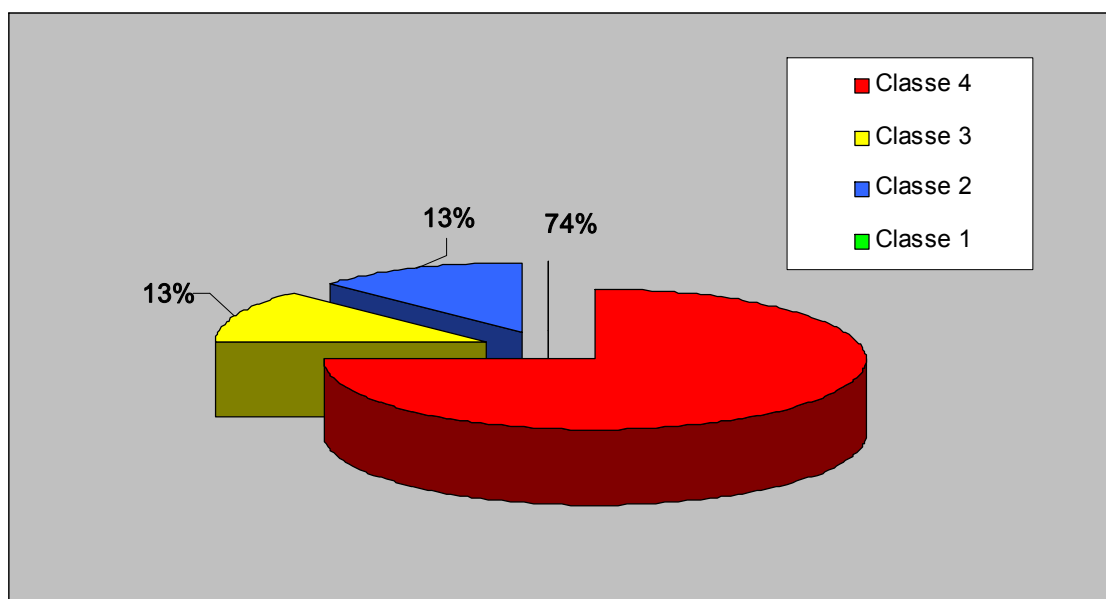


Figura 30 - Porcentagem de ocorrência de classes para o parâmetro coliformes fecais no ponto P5.

Este resultado demonstra que para este parâmetro as águas do arroio Pampa causam forte influência nas águas do rio dos Sinos.

A Figura 31 apresenta os resultados por porcentagem de ocorrência de classes para os parâmetros analisados no rio dos Sinos até aqui como forma de comparação entre os pontos de monitoramento P4 localizado a montante da foz do arroio Pampa e o ponto P5 localizado a jusante da foz do arroio.

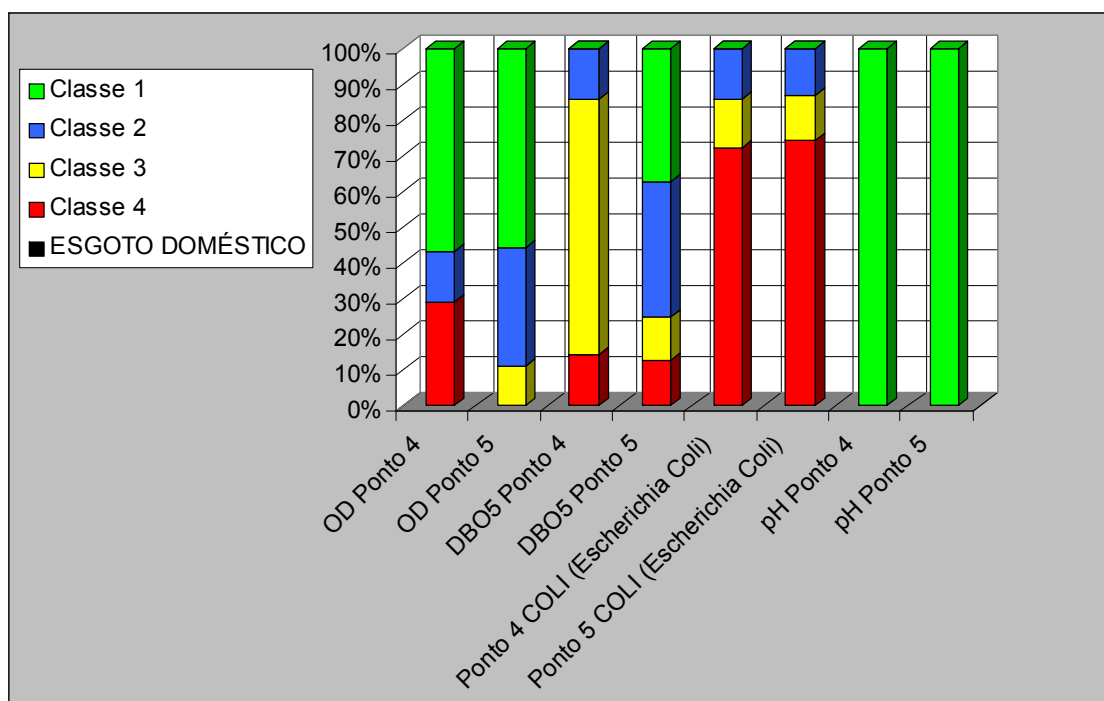


Figura 31 - Porcentagem de ocorrência de classes para os parâmetros OD, DBO₅, coliformes fecais (*Escherichia Coli*) e pH nos pontos de monitorado P4 (Rio dos Sinos a montante da foz do arroio Pampa) e no ponto P5 (local da captação de água bruta da COMUSA, a jusante da foz do arroio Pampa).

Observa-se que deste conjunto de parâmetros o parâmetro coliformes fecais (*Escherichia Coli*) no ponto P5 apresenta incidência de valor superior aos determinados no ponto P4 em aproximadamente 86% das coletas.

O meio encontrado no Rio dos Sinos é propício a este acontecimento, devido aos níveis de oxigênio da presença de fósforo total e nitrogênio total.

Para o parâmetro DBO₅ na 3ª coleta o resultado para o Ponto P5 é superior ao do ponto P4. Para o parâmetro OD nos dias 11/05/2006 e 06/07/2006 (1ª e 2ª coletas) é igualmente de resultado inferior, o ponto P5 com valor menor ao ponto P4, isto representa aproximadamente 28,5% de ocorrência para o OD e 14% para DBO₅. A influência nas

características das águas do rio dos Sinos no ponto (P5), causadas pelas águas do arroio Pampa é representativa do ponto de vista microbiológico, corroborando para a afirmativa que a poluição por efluentes domésticos é relevante.

A perda da qualidade da água em termos microbiológicos é explicada devida ao processo de urbanização que sem planejamento, conduz para o arroio Pampa o esgoto doméstico gerado nesta micro-bacia.

Cabe salientar que a matéria orgânica causa a destruição de espécies aeróbias em razão do consumo de oxigênio. Sendo assim o impacto de despejos de esgoto doméstico em corpos hídricos ocorre em função da diminuição do oxigênio dissolvido disponível na água e não pela presença de substâncias tóxicas (BRAGA, *et al.* 2006).

6.6 FÓSFORO TOTAL

Os resultados para fósforo total nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3 no arroio Pampa e no ponto P4 no Rio dos Sinos, durante o período de monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 32.

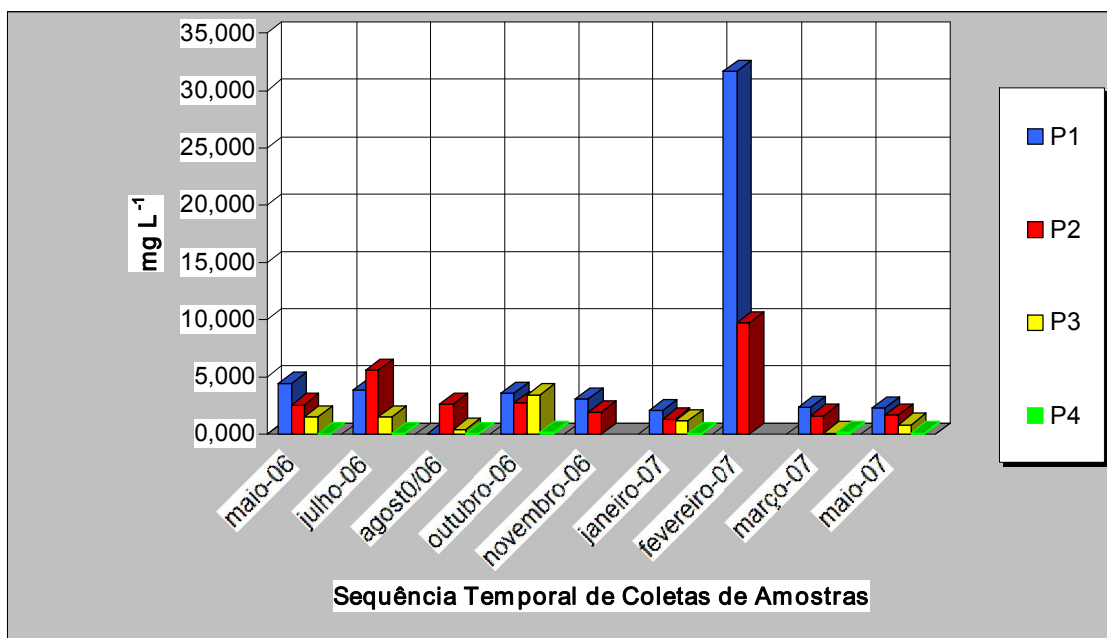


Figura 32 - Resultados para o parâmetro fósforo total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e P4.

Para os pontos de monitoramento no arroio Pampa o valor médio de fósforo total foi de 3,4 mg L⁻¹, com valor máximo de 31,714 mg L⁻¹ e de mínimo de 0,038 mg L⁻¹, ambos no ponto de amostragem P1, apresentando acentuada variação de valores em todos os pontos monitorados no arroio Pampa.

Para fósforo total os valores encontrados nos pontos monitorados no arroio Pampa, em sua maioria, 80% considerando todos os pontos, são semelhantes ao do esgoto doméstico (Figura 33), quando comparados com os valores do afluente da estação de tratamento de esgotos da CORSAN de Canoas – RS, conforme a metodologia proposta neste trabalho.

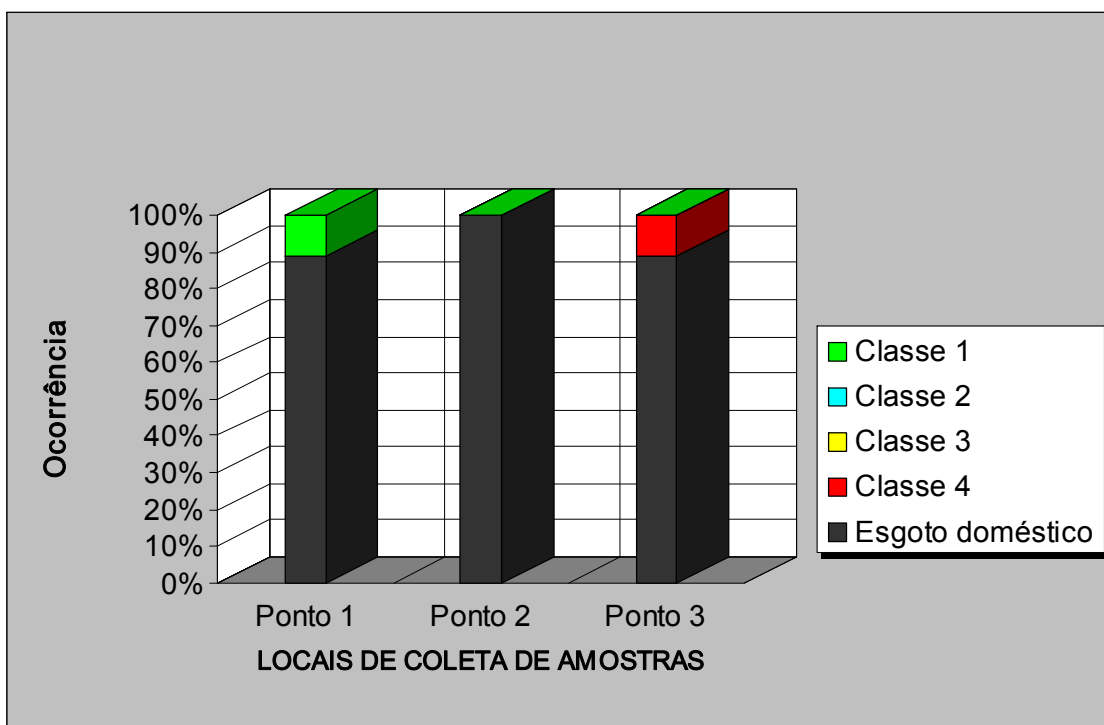


Figura 33 - Porcentagem de ocorrência por classes para fósforo total nos pontos de coleta P1, P2 e P3.

Na 7ª coleta nos dois pontos monitorados no arroio Pampa os valores determinados foram, os mais elevados do período monitorado, o ponto P1 apresentou mais de 31,714 mg L⁻¹, este valor é 2 vezes superior ao valor máximo para o afluente da ETE Canoas.

O parâmetro fósforo total está relacionado a poluição antrópica. Fica evidente pelos resultados encontrados para este parâmetro o forte impacto da ocupação humana na área da micro-bacia do arroio Pampa.

O Rio dos Sinos apresentou valores médios de fósforo total de $0,09 \text{ mg L}^{-1}$, com valor máximo de $0,134 \text{ mg L}^{-1}$, em duas coletas (4ª e 8ª) respectivamente 05/10/2006 e 29/03/2007 a classificação conforme a Resolução CONAMA 357, foi de classe 3, nas demais os valores são compatíveis com classe 1.

A Figura 34 apresenta a porcentagem por ocorrência de classes deste nutriente no ponto monitorado no Rio dos Sinos (P4).

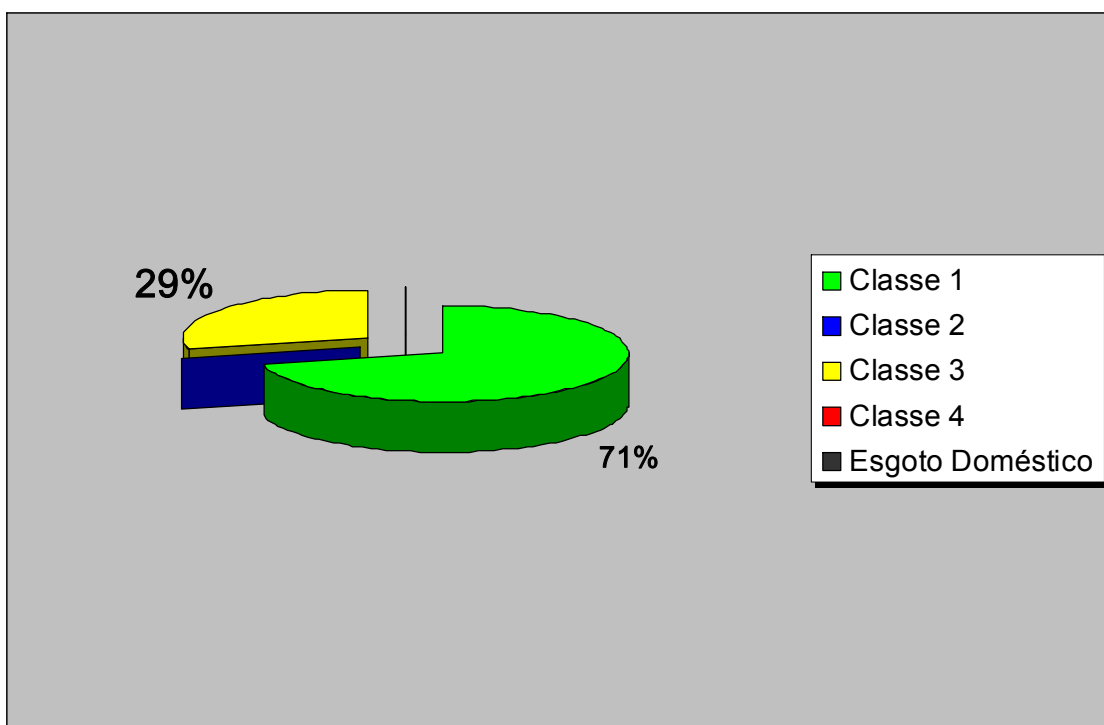


Figura 34 - Porcentagem por ocorrência de classes para o parâmetro fósforo total no ponto de monitoramento P4.

6.7 NITROGÊNIO TOTAL

O valor médio para o nitrogênio total manteve-se entre $16,7$ no ponto P3 e $30,85 \text{ mg L}^{-1}$ no ponto P1, e o valor máximo encontrado no monitoramento foi na 1ª coleta (11/05/2006), foi de $43,7 \text{ mg L}^{-1}$, justificado pela menor vazão deste curso de água e, portanto, local de menor diluição.

Os resultados para o parâmetro nitrogênio total nos pontos identificados como P1, P2 e P3 localizados no arroio Pampa e do ponto P4 no Rio dos Sinos, durante o período do monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 35.

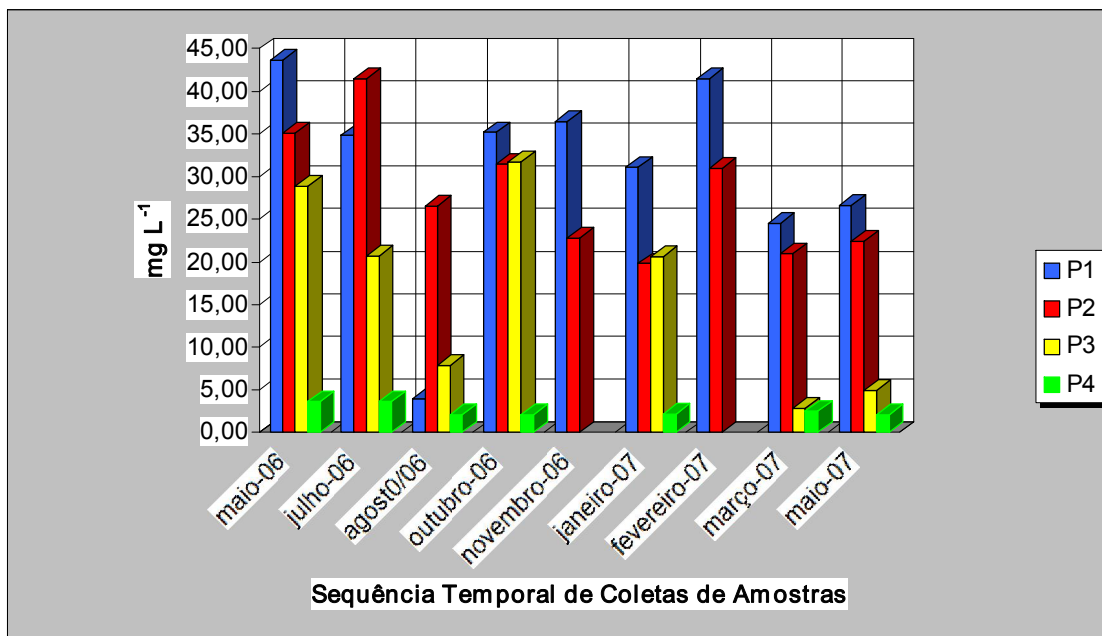


Figura 35 - Resultados para nitrogênio total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e do ponto P4.

O parâmetro nitrogênio total, quando comparado com os valores do afluente da estação de tratamento de esgotos da CORSAN de Canoas – RS, são semelhantes a este em 89% das amostras do ponto P1 e 78 e 58% no ponto P2 e P3, respectivamente (Figura 36).

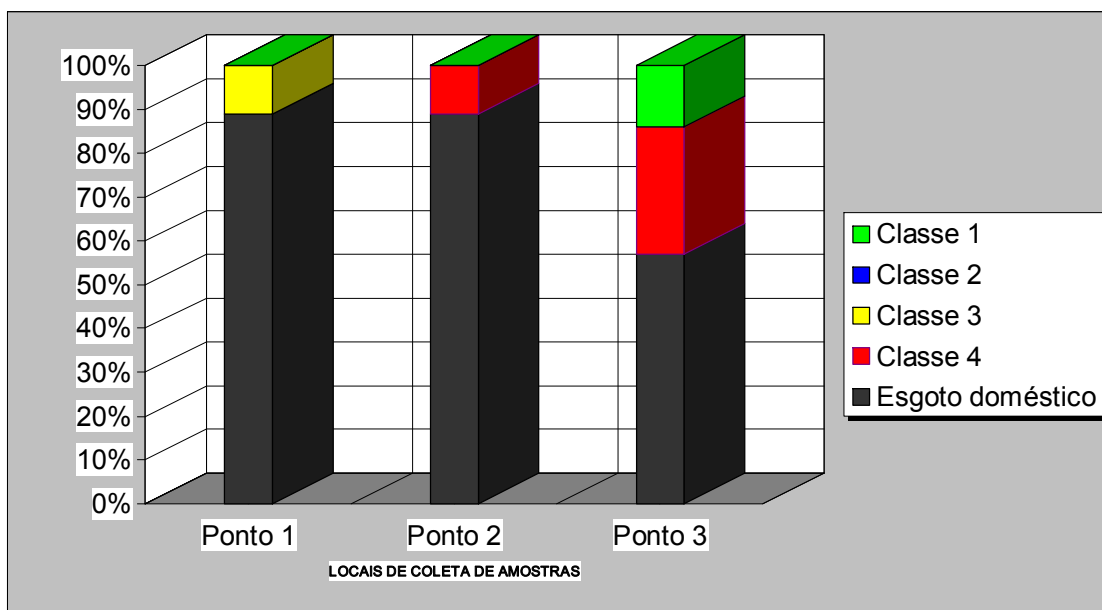


Figura 36 - Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro nitrogênio total, para os pontos de amostragem P1, P2 e P3.

Assim como o parâmetro fósforo total o nitrogênio total está fortemente relacionado com atividade humana, e como não existe áreas de agricultura significativas na micro-bacia do arroio Pampa, a origem mais provável é a do esgoto doméstico.

Portanto os resultados para os parâmetros analisados até aqui mostram o forte impacto causado nas águas do arroio pelo lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, que sem a atenção do poder público transformou o arroio em canal de esgoto a céu aberto.

Para o ponto de amostragem P4 (Rio dos Sinos), os resultados apresentaram para este nutriente características de classe 1 conforme a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), durante todo o período monitorado.

6.8 NÍQUEL TOTAL

Os resultados para o parâmetro níquel total nos pontos identificados como P1, P2 e P3 (arroio Pampa) durante o período de monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 37.

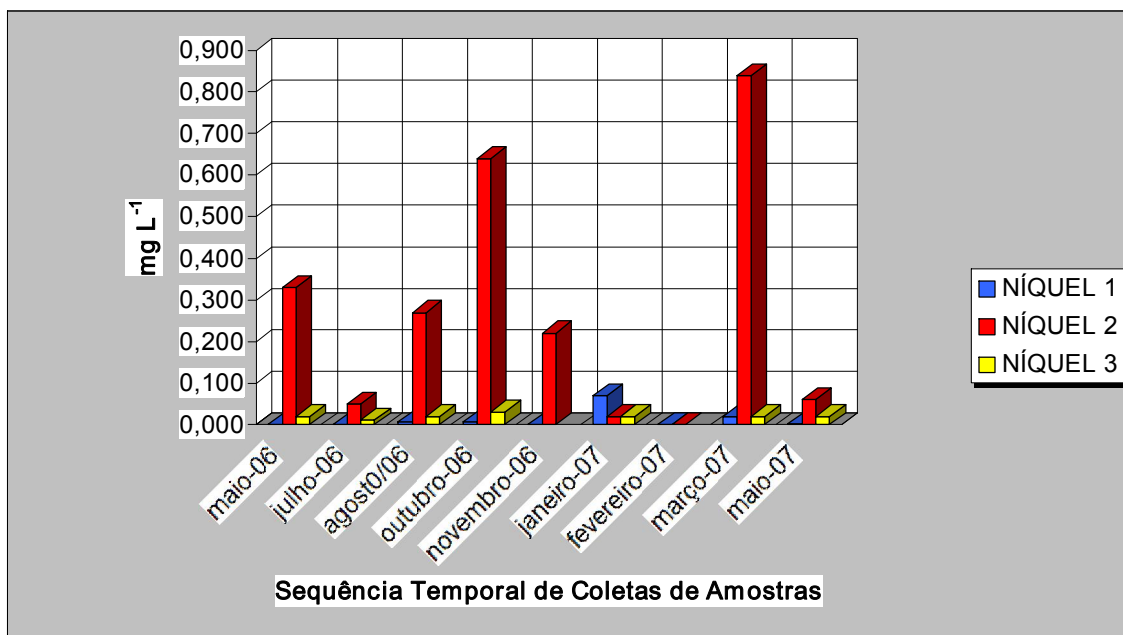


Figura 37 - Resultados de níquel total obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3 no arroio Pampa. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de 0,0058 mg L⁻¹

Os valores para o parâmetro níquel total encontrados (Figura 38) no ponto P2 durante o monitoramento são relevantes se comparados com a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

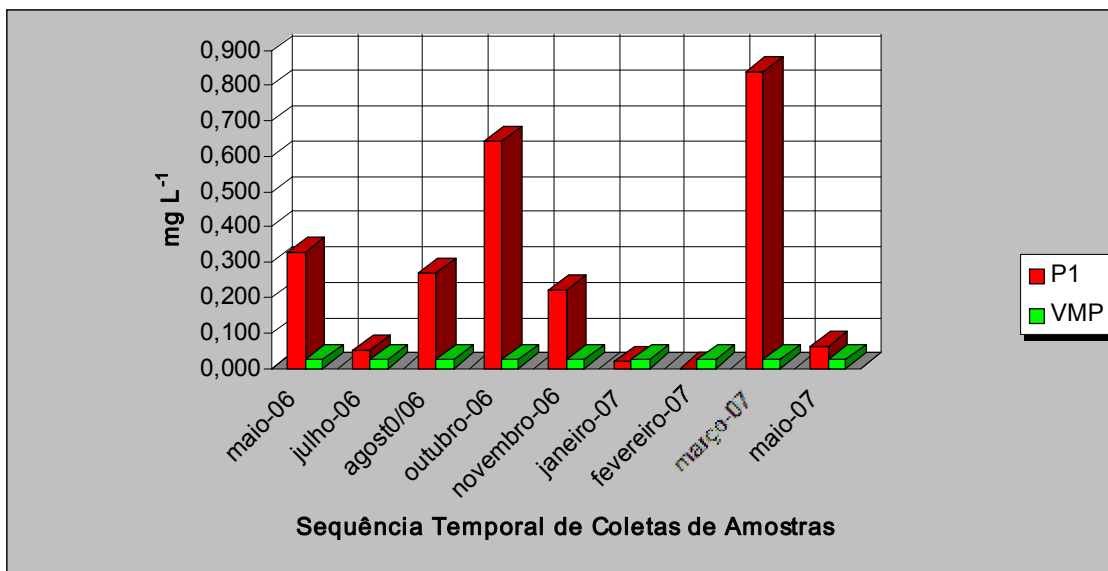


Figura 38 - Resultados de níquel obtidos durante o monitoramento para o ponto P2, com apresentação do valor máximo permitido pela Resolução (VMP) CONAMA 357/2005 para a classe 3.

Em aproximadamente 78% das amostras analisadas no ponto de amostragem P2 o valor encontrado foi superior ao VMP para a classe 3, tendo nas coletas dos dias 05/10/06 e 29/03/07, respectivamente 4ª e 8ª coletas, ultrapassado em mais de 25 e 33 vezes respectivamente o VMP. Enquanto que nos pontos de amostragem P1 e P3 os valores encontrados foram durante a maior parte do monitoramento compatíveis com a classe 1 (Figura 39).

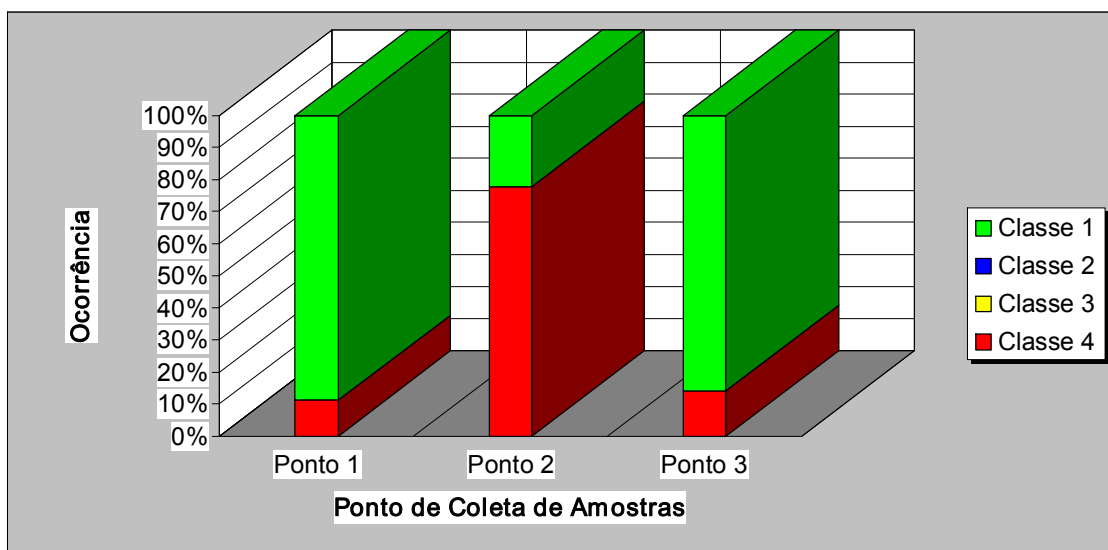


Figura 39 - Porcentagem por ocorrência de classes, nos pontos de monitoramento P1 P2 e P3.

O ponto de amostragem P1, mais próximo a nascente apresentou teores de níquel muito próximos aos encontrados no ponto de coleta P3 o mais próximo a foz. Como as coletas seguiram sempre a mesma ordem, ou seja, da foz em direção a nascente, os valores encontrados para o ponto de amostragem P3, menores em relação ao ponto de amostragem P2 pode estar relacionado com a locomoção do fluido do arroio em relação ao tempo, ou então a sedimentação deste metal no fundo do canal.

Como as diferenças de valores encontradas são significativas a hipótese mais provável e a relacionada ao tempo de deslocamento das águas em direção a sua foz.

Diferente do constatado por Robaina (ROBAINA, *et al.* 2002) nos sedimentos do arroio Pampa, onde o risco geral para níquel era de baixo a muito baixo, no monitoramento realizado por este trabalho, foram detectados teores de níquel acima do permitido para a classe três do CONAMA 357 (BRASIL, 2005). Esta constatação pode ser relevante, quando comparada com o estudo de 2002, e apontar para poluição recente com este metal.

Os resultados encontrados para o parâmetro níquel total no ponto de amostragem P4 (Rio dos Sinos), são apresentados na Figura 40.

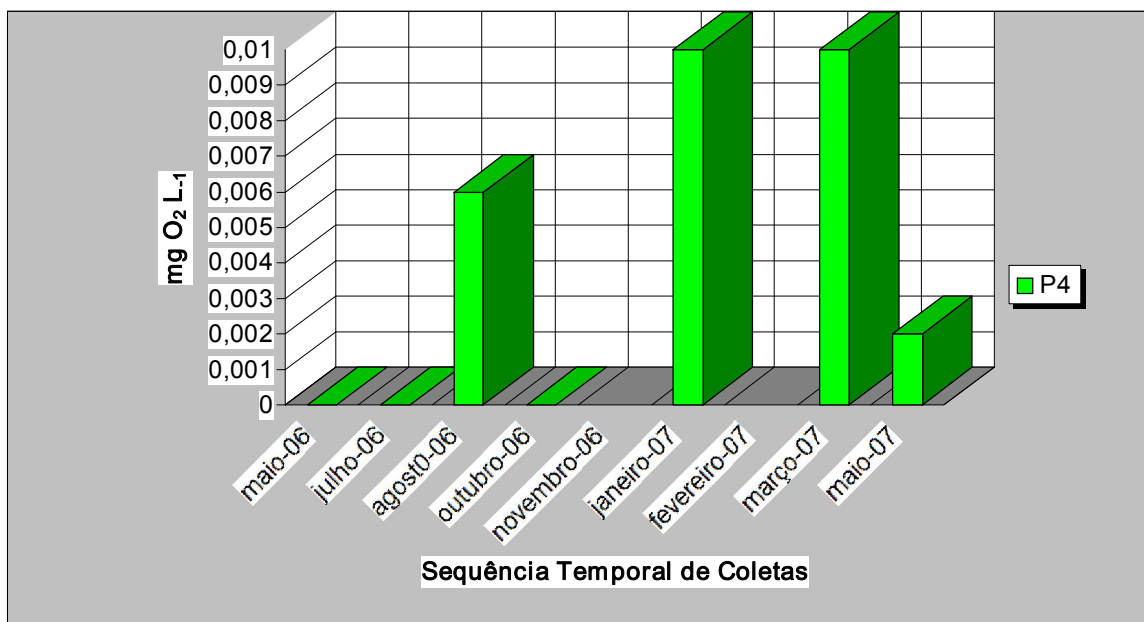


Figura 40 - Resultados para o parâmetro níquel total obtidos durante o monitoramento para o ponto de amostragem P4. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de 0,0058 mg L⁻¹.

Embora a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) determine como VMP 0,025 mg L⁻¹ para a classe 3, permitindo o uso das águas assim classificadas para consumo

humano após tratamento, a Portaria 518/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) que determina os parâmetros de qualidade para a água usada para consumo humano não quantifica este parâmetro na sua redação.

Esta constatação é de relevância, já que se supõe que os limites máximos permitidos à água para consumo humano devam ser menores ou pelo menos iguais do que aqueles para outros usos menos nobres. Embora as águas do Rio dos Sinos (ponto P4) durante todo o período monitoramento apresentaram valores para o parâmetro níquel abaixo do VMP para a classe 1 é fato que em aproximadamente 60% do período amostrado houve presença deste metal nas águas do Rios dos Sinos.

O significado destes valores são relevantes porque o ponto de amostragem P4 (Rio dos Sinos) é à montante da foz do arroio Pampa, devendo portanto ser somados aos valores encontrados nas águas do afluente pesquisado após a mistura destas com as do Rio dos Sinos.

Segundo médias disponibilizadas pela FEPAM em monitoramento realizado no Rio dos Sinos deste 1990, pode ser observado na Figura 41 que os resultados encontrados para o parâmetro níquel total na estação de monitoramento FEPAM (ponto 056 Rio dos Sinos) localizado no ponto de captação da COMUSA (P5), apresenta valores acima de classe 3 em algum momento deste monitoramento.

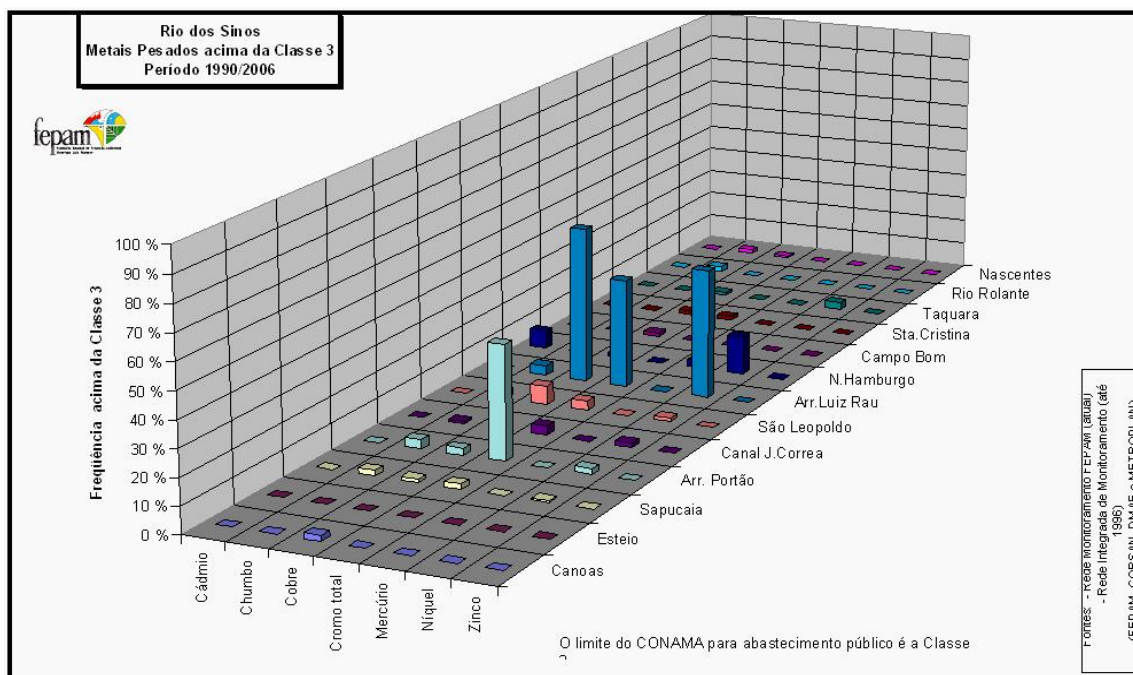


Figura 41 – Resultados do monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 3. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo – RS.

Fonte – FEPAM, 2007.

Como em nenhum momento do monitoramento no ponto P4 foi encontrado concentrações de níquel total acima de classe 3, o monitoramento realizado por este trabalho aponta para à influência das águas vindas do arroio Pampa para este acontecimento.

6.9 CROMO TOTAL

Os resultados para o parâmetro cromo total nos pontos identificados como P1, P2 e P3 (arroio Pampa) durante o período de monitoramento deste trabalho, são apresentados na Figura 42.

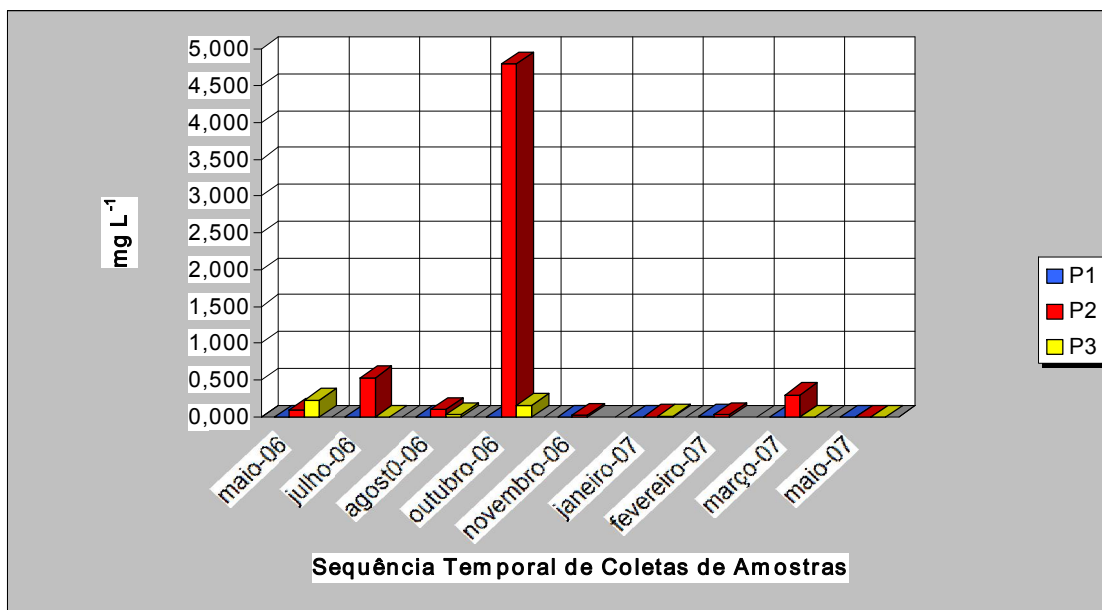


Figura 42 - Resultados para o parâmetro cromo total obtidos durante o período monitorado nos pontos P1, P2 e P3.

O Ponto de amostragem P1 mostrou resultados compatíveis com a classe 1, de acordo com a classificação CONAMA 357 (BRASIL, 2005), durante todo o período monitorado, em todas as amostras analisadas (Figura 43).

O que demonstra que para o ponto de monitoramento P1, o mais próximo as nascentes do arroio Pampa, não existe poluição por efluentes industriais que tenham este metal em sua composição.

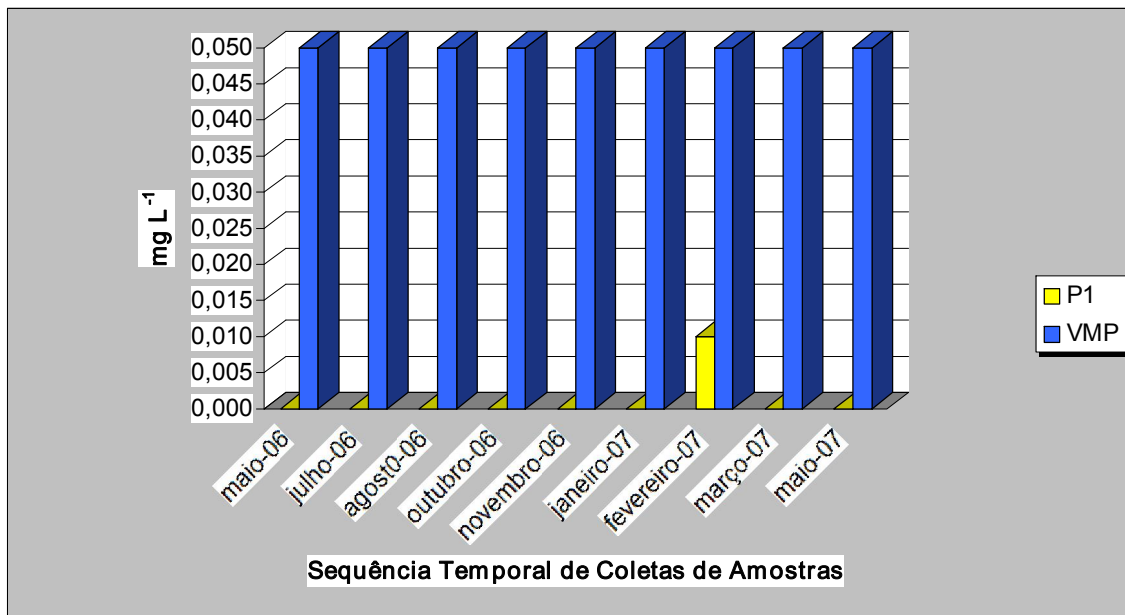


Figura 43 - Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto P1 no arroio Pampa, com apresentação do valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA 357/2005 para a classe 1.

No ponto de coleta P2, em aproximadamente 56% das amostras (Figura 44) analisadas, os resultados apresentaram característica de classe 4 conforme classificação do COMANA 357 (BRASIL, 2005).

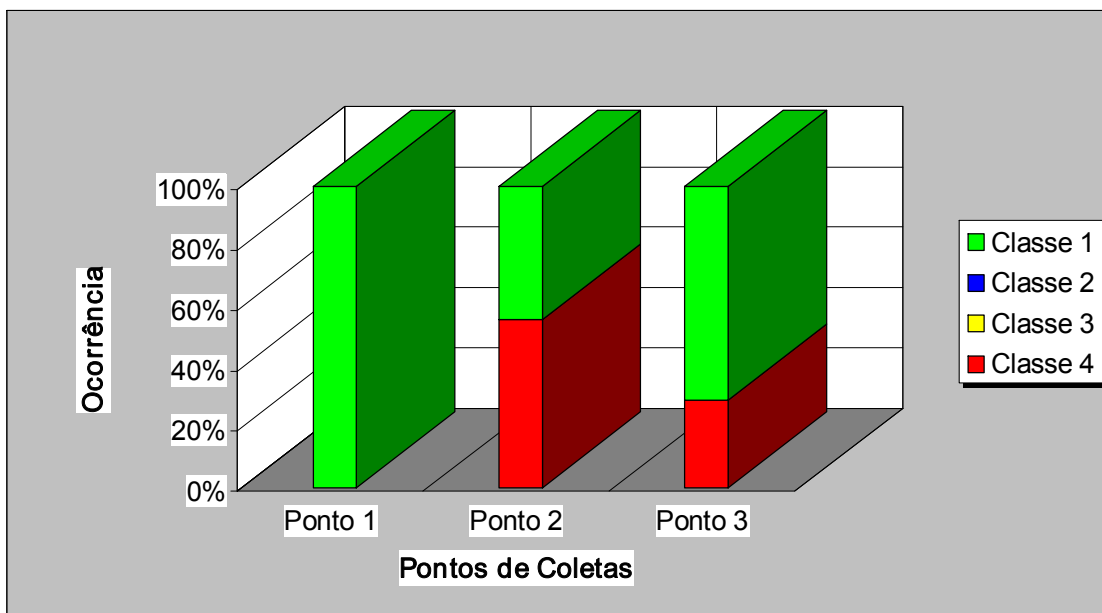


Figura 44 - Porcentagem de ocorrência de classes conforme a Resolução CONAMA/357.

Na 4ª coleta, realizada no dia 05/10/2006 no ponto de amostragem P2 o valor encontrado foi superior em mais de 80 vezes o VMP pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) para a classe 3.

Assim como constatado no parâmetro níquel total, com relação ao ponto de monitoramento P3 quando comparado com o ponto P2, os resultados encontrados para cromo total são menores no ponto P3 se comparados com o ponto número P2.

O monitoramento do ponto de amostragem P4 (Rio dos Sinos), mostrou características de classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), durante todo o período monitorado, Figura 45.

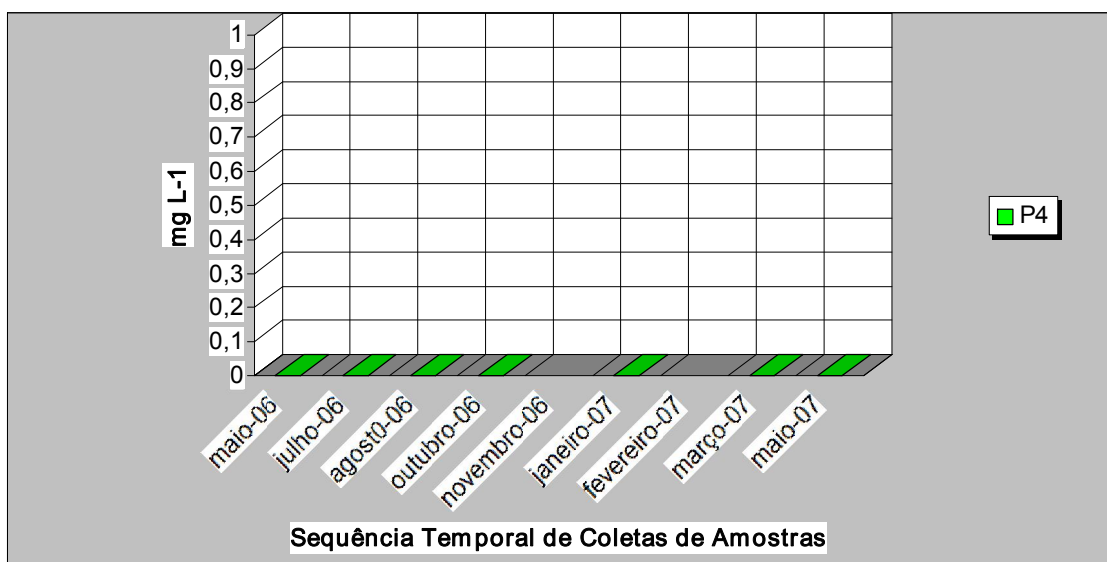


Figura 45 - Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto de amostragem P4. Limite de detecção 0,005 mg L⁻¹.

Não foi detectada presença de cromo total neste ponto de monitoramento, levando-se em consideração o limite de detecção para este parâmetro que é de 0,005 mg L⁻¹.

Assim pode-se afirmar que para este parâmetro as águas do Rio dos Sinos no ponto P4 atendem a característica de classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

As águas do arroio Pampa apresentaram, principalmente no ponto P2, quantidades significativas de cromo total, entretanto segundo médias disponibilizadas pela FEPAM apresentadas anteriormente pela Figura 41, não existe presença de cromo total acima do permitido para a classe 3 no ponto de captação de água da COMUSA (P5), a jusante da foz do arroio, possivelmente indicando que os teores encontrados nas águas do arroio Pampa não

afetam a qualidade da água no ponto P5, sendo a provável razão para este acontecimento o fator diluição.

Diferente do níquel total, cromo total é contemplado não só na resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), como também na Resolução 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Tendo como VMP nas duas portarias um único valor ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$) quando relacionado com água para consumo humano.

Este fato pode estar relacionado com a possibilidade deste metal não ser retirado totalmente da água por sistema convencional de tratamento da água para consumo humano.

6.10 CHUMBO TOTAL

Os resultados para o parâmetro chumbo total nos pontos de monitoramento P1, P2, P3 (arroio Pampa) e do ponto P4 (Rio dos Sinos) durante o período monitorado, são apresentados na Figura 46.

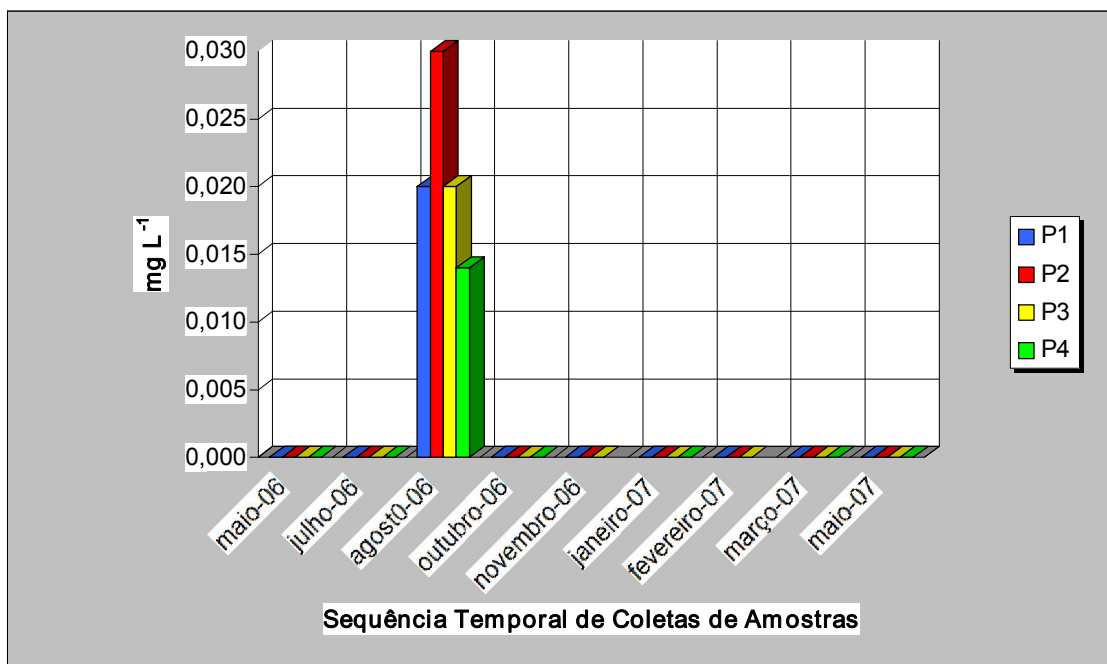


Figura 46 - Resultados para chumbo total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e P4. Limite de detecção $0,014 \text{ mg L}^{-1}$.

O chumbo foi dentre os metais analisados neste trabalho o que apresentou o melhor resultado, ou seja, foi encontrado em apenas uma das nove coletas do período monitorado, levando-se em consideração o limite de detecção deste metal, que foi de $0,014 \text{ mg L}^{-1}$.

Em todas as amostras coletadas no dia 23/08/2006 (3º coleta) nos pontos P1, P2, P3 e P4 observou-se a presença deste metal, que assim como os resultados de níquel e cromo, teve o ponto P2 como o local com a maior quantidade encontrada, em todos os pontos os valores excederam o limite para classificação como classe 2. Entretanto em nenhum dos pontos o valor encontrado excedeu o VMP para a classe 3, embora no ponto P2 o valor esteve muito próximo deste.

O monitoramento realizado pela FEPAM, já citado anteriormente, apresenta o metal chumbo com limite superiores a classe 1 em algum momento do período monitorado no ponto de amostragem P5.

Porém é importante destacar que este mesmo monitoramento apresenta valores superiores a classe 1 até mesmo na nascente do Rio dos Sinos, Figura 47

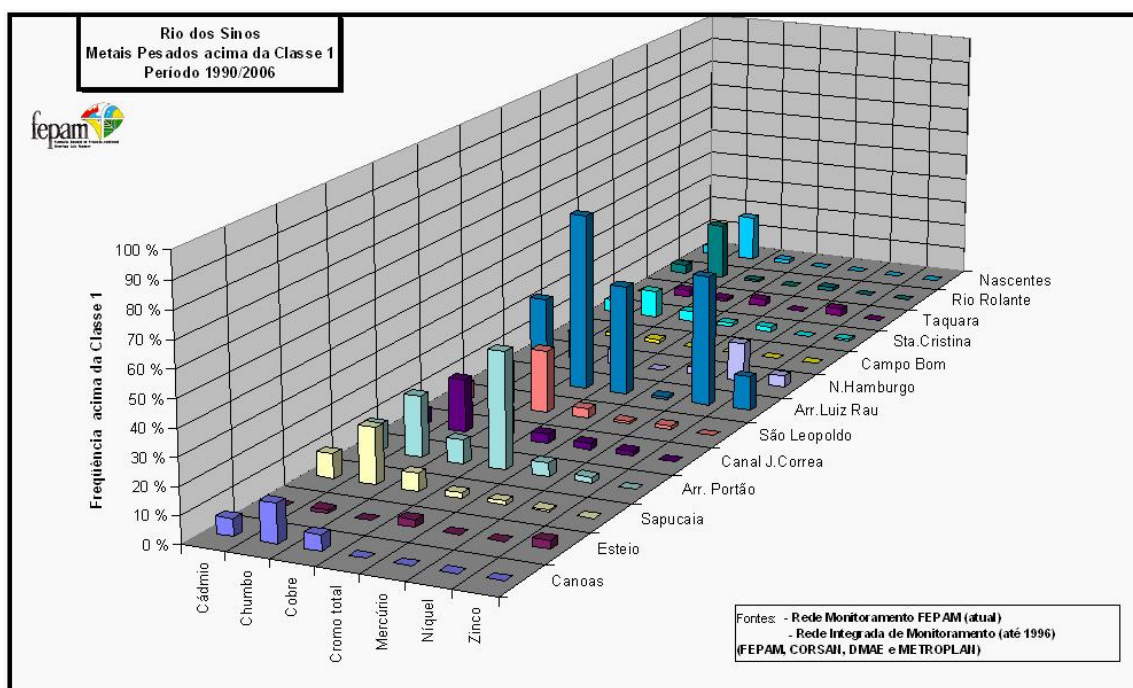


Figura 47 – Resultados de monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 1. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação (P5) de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo – RS.

Fonte – FEPAM, 2007.

Constata-se ainda na Figura 47, que segundo o monitoramento realizado pela FEPAM o metal chumbo esta presente nas águas do Rio dos Sinos da nascente a foz.

6.11 VAZÃO

Os valores para a vazão do ponto de monitoramento P3 (foz do arroio Pampa) apresentaram valores inferiores aos medidos no ponto de amostragem P2 nos dias 11/05/2006 (1ª coleta) e 05/10/2006 (4ª coleta).

O ponto P2 está localizado a montante do ponto de amostragem P3, e considerando que o regime efluente que carrega água dos lençóis freáticos e subterrâneos saturados para o interior dos rios (Nascimento, *et al.* 2007), causa aumento de vazão em direção a foz, e que não existe informação de que haja retirada de água deste manancial, e ainda que a diferença de vazão é relativamente alta para que a diferença entre os pontos medida seja considerada como perda de vazão por evaporação.

Pelo exposto, a ocorrência de vazão menor para o ponto P3 pode estar relacionada com refluxo das águas do Rio dos Sinos na foz do arroio Pampa, assim com este comportamento pode estar relacionado com o fato de as coletas obedecerem sempre a mesma direção (da foz para a nascente), e tendo a coleta no ponto P2 sido realizada depois da realizada no ponto P3, a massa líquida medida no ponto P2 pode não ter chegado ao ponto P3 quando da realização da medição neste local.

Esta última possibilidade pode ser amparada pelo hidrograma típico de uma estação de tratamento de esgoto doméstico, apresentado por Azevedo e Alvarez (*apud* AZEVEDO e NETTO, 1991), apresentado na Figura 48.

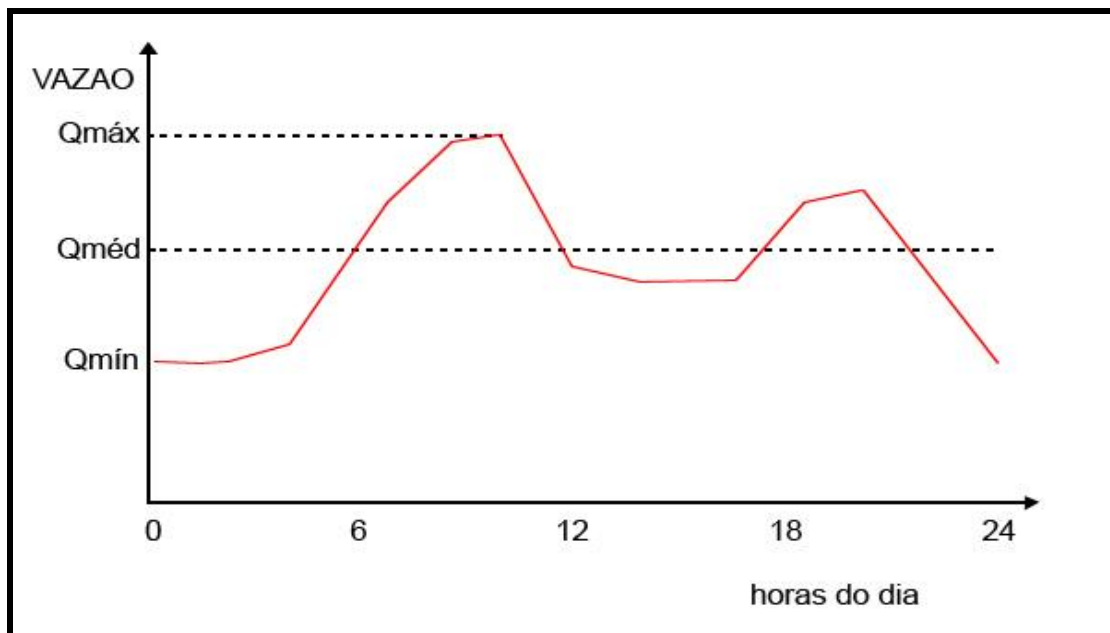


Figura 48 – Hidrograma típico de vazão do afluente de Estação de Tratamento de Esgoto doméstico.

Fonte – Adaptado de Azevedo e Netto, 1991.

Considerando que para os parâmetros, nitrogênio total, fósforo total, coliformes fecais e oxigênio Dissolvido, no ponto de monitoramento P2 no arroio Pampa, apresentou durante grande parte do período características de esgoto doméstico.

Com os dados obtidos para os parâmetros citados e apresentados na Figura 49, pode-se afirmar que a possibilidade de considerar o arroio Pampa um como canal de escoamento de esgoto doméstico é uma realidade.

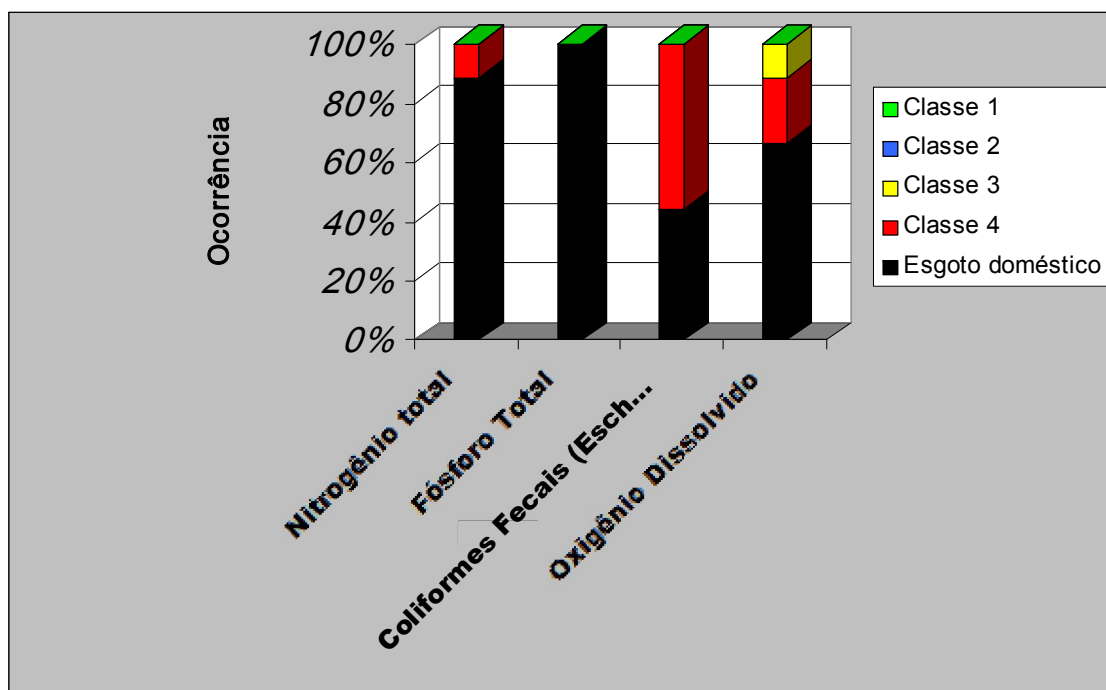


Figura 49 – Porcentagem de ocorrência para os parâmetros nitrogênio total, fósforo total, coliformes fecais (*Escherichia Coli*) e OD no ponto de monitoramento P2.

As incertezas geradas pelos motivos expostos a respeito da vazão medida no ponto P3, somadas as duas medidas não realizadas por razões operacionais, tornam a discussão dos resultados que envolvam medidas de vazão para este ponto de monitoramento no arroio Pampa pouco consistente.

Pelas razões expostas, os dados obtidos através das medidas de vazão para o ponto de monitoramento P3 não serão consideradas.

Os resultados obtidos para a vazão nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3 no arroio Pampa, são apresentados na Figura 50.

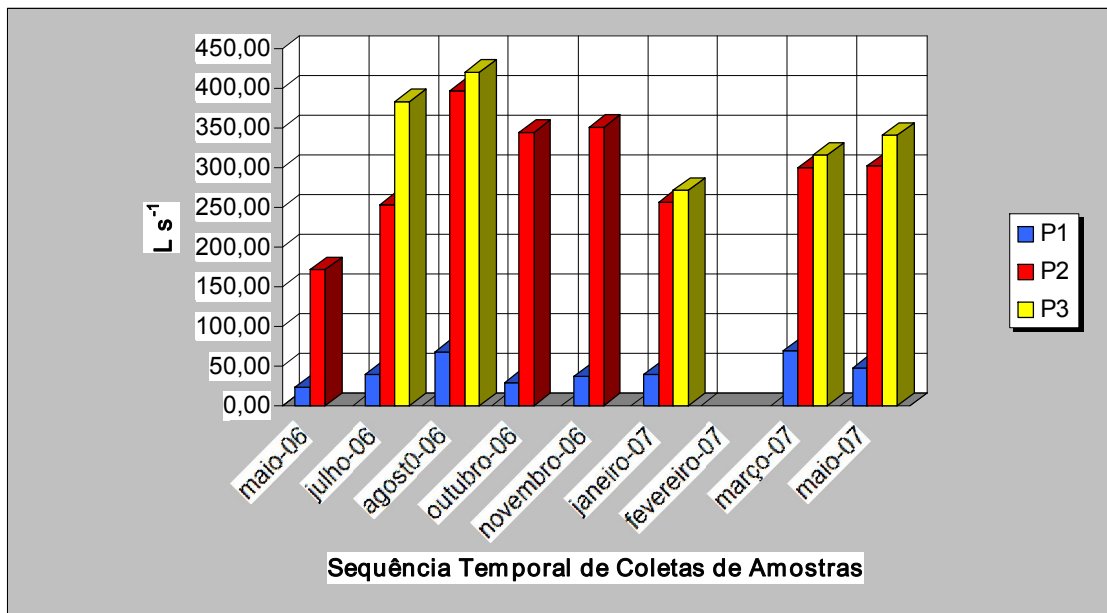


Figura 50 – Vazão apurada durante o monitoramento no arroio Pampa nos pontos identificados como P1, P2 e P3.

O arroio Pampa apresentou características distintas em relação à quantidade de água em seu curso, onde do ponto de amostragem P1 para o ponto P2 houve aumento significativo da vazão durante todo o período monitorado (Figura 51).

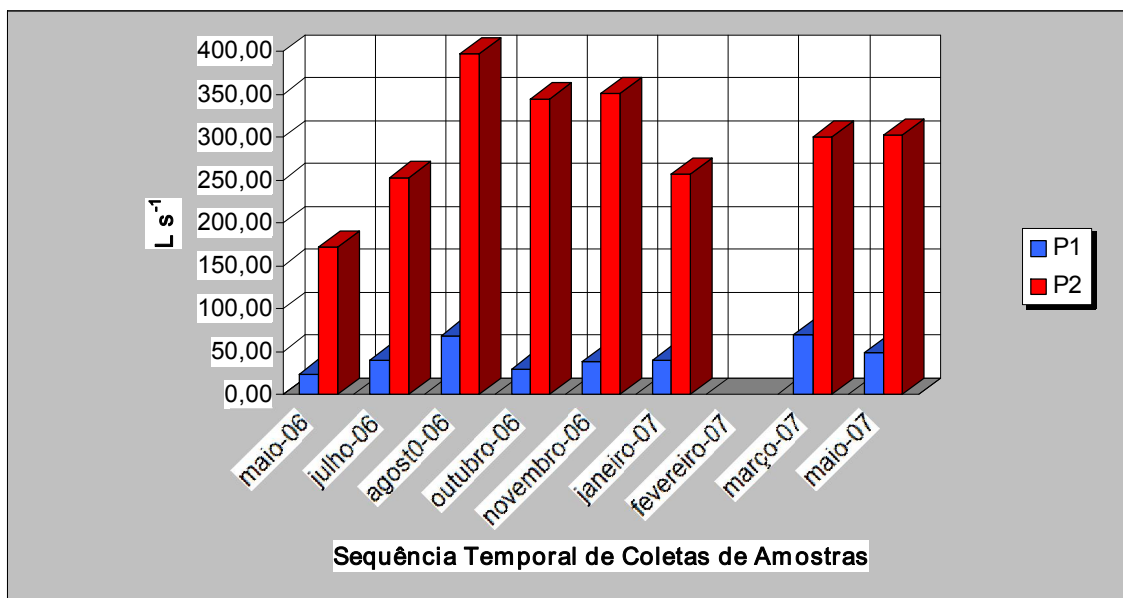


Figura 51 - Vazão dos pontos de amostragem P1 e P2 durante o período de monitoramento.

Este aumento tem como razão o aporte de esgoto doméstico dos bairros São Jorge, Hamburgo Velho e parte dos bairros Vila Nova, Hamburgo Velho, Canudos e a contribuição

do arroio Peri, principal afluente do arroio Pampa, que traz com suas águas, o esgoto do bairro Imigrantes localizado no município de Campo Bom, além da influência do regime hídrico.

Para a vazão do Rio dos Sinos, dos dias 11/05/2006, 06/07/2006, 24/08/2006 e do dia 05/10/2006 (respectivamente 1ª, 2ª, 3ª e 4ª coletas) os dados são as médias do mês respectivo, Tabela 13.

Tabela 13 - Vazão do Rio Dos Sinos durante o período de monitoramento na estação Campo Bom.

Mês/Ano	Vazão em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$				
	Média	Máxima	Data da máxima	Mínima	Data da mínima
Mai/2006	37,2	101	31	14	02
Julho/2006	42,6	111	28	22,8	25
Agosto/2006	56	99,8	19	31	19
Outubro/2006	22,7	30,9	17	14,8	31
Novembro/2006	36,8	107	27	12,6	17
Janeiro/2007	30,84	77,4	31	13,3	03
Fevereiro/2007	58,06	244	28	16,8	16
Março/2007	122,71	229	01	56,3	17
Mai/2007	87,14	221	19	26,1	02

Fonte: CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

Para os demais dias do monitoramento os resultados para a vazão do Rio dos Sinos são aqueles medidos às 07:00 horas na estação de medição de Campo Bom do CPRM no dia da realização das coletas. A Figura 52 apresenta estes resultados.

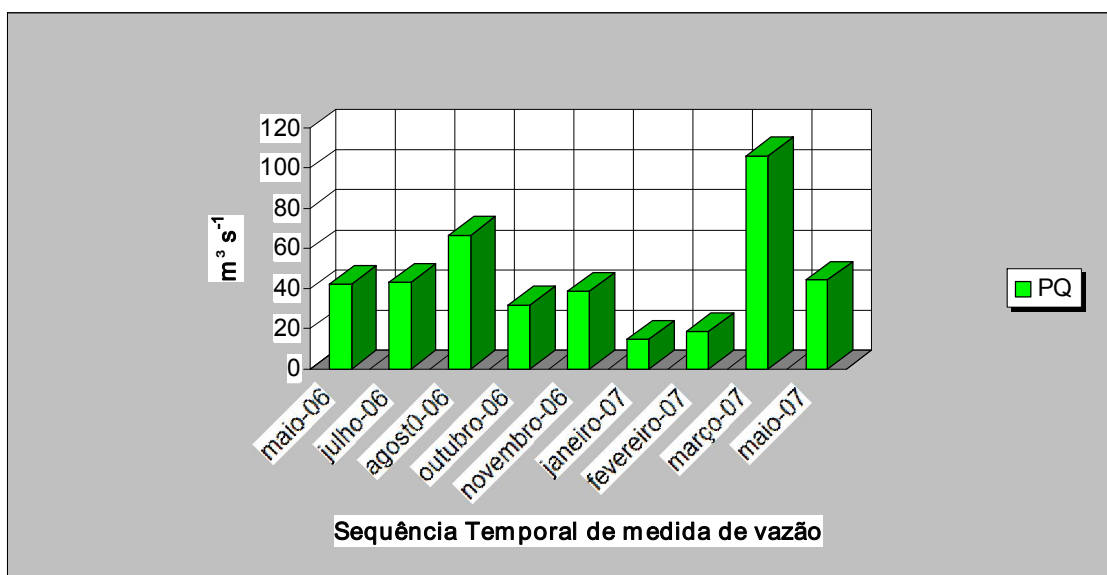


Figura 52 - Vazão do Rio dos Sinos no ponto de amostragem do CPRM (PQ).

Fonte - CPRM.

Em média a relação de vazão arroio Pampa - Rio dos Sinos durante o período de monitoramento deste trabalho foi de 1:142, sendo 1:86 e 1:267 a maior e a menor relação respectivamente, considerando a vazão do ponto de monitoramento P2 no arroio Pampa.

Isto permite estabelecer, idealizando mistura perfeita, que em média 1 mg L⁻¹ de concentração de um determinado parâmetro no arroio Pampa significa 0,0007 mg L⁻¹ de contribuição para as águas do Rio dos Sinos.

Além desta consideração a respeito da vazão, e considerando-se o arroio Pampa como um efluente, o resultado das medidas da massa líquida nos possibilita inferir algumas relações, tais como a considerada por Nuvolari (NUVOLARI, *et al.* 2003) para o Rio Tiete na cidade de São Paulo – SP - Brasil:

1. Considerando valores da vazão, DBO₅ e da temperatura da água medida no ponto de amostragem P1 no dia 11/05/2006 (1º coleta) e ainda considerando a pressão atmosférica 1 atm, pode-se estimar a demanda de O₂/dia para esta DBO₅ através da Equação 1.

$$\begin{aligned} \text{Carga de DBO} &= \text{Vazão} \times \text{horas do dia (segundos)} \times \text{valor da DBO}_5 \\ &23,65 \text{ L s}^{-1} \times 86.400 \text{ s/dia} \times 0,0000899 \text{ kg O}_2 \text{ L}^{-1} \end{aligned}$$

Eq - 1

Como resultado tem-se uma demanda de 183,7 kg de O₂/dia neste ponto do arroio.

2. A quantidade máxima possível (saturação) de oxigênio dissolvido na água (com a temperatura = 19 °C) é de 9,35 mg L⁻¹, estima-se a carga máxima de O₂ considerando a saturação através da Equação 2.

$$\begin{aligned} \text{OD máxima disponível} &= \text{Vazão} / \text{horas do dia} \times \text{Valor máximo de oxigênio na água} \\ &23,65 \text{ L s}^{-1} \times 86.400 \text{ s} / \text{dia} \times 0,00000935 \text{ kg L}^{-1} \text{ de O}_2 \end{aligned}$$

Eq - 2

Como resultado tem-se uma carga máxima de OD/dia de aproximadamente 19 kg.

Analisando a possibilidade de coleta e tratamento da água deste ponto do arroio, e ainda considerando que uma estação de tratamento de esgoto trabalhe com eficiência de 90% na remoção de DBO₅ tem-se ainda uma carga de aproximadamente 18,5 kg de DBO₅ o que

consumiria praticamente todo o oxigênio do meio nas proximidades do lançamento naquele momento.

3. Supondo que ocorra mistura perfeita em um lançamento de efluentes, e com o uso da Equação 3 proposta por Braga (BRAGA *et al.* 2005), pode-se verificar a influência do despejo de efluente em um curso de água.

$$C_J = [Q_M C_M + Q_E C_E] / Q_E + C_M$$

Eq - 3

Onde:

C_J = Impacto.

Q_M = Vazão do corpo receptor.

C_M = concentração do poluente a montante do corpo receptor.

Q_E = Vazão do despejo.

C_E = concentração do poluente no efluente.

Com a aplicação desta equação, com parâmetro cromo total como o poluente, considerando valores das médias do ano monitorado, tanto para a concentração deste metal como para a vazão nos dois corpos hídricos, sendo que para o arroio Pampa o ponto das médias é o P2.

$$C_J = \frac{54,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 0,00 \text{ mg L}^{-1} + 0,296 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 0,653 \text{ mg L}^{-1}}{0,296 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} + 54,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

Eq - 4

Como resultado tem-se um valor teórico de $0,0035 \text{ mg L}^{-1}$ de cromo nas águas do Rio dos Sinos após o aporte das águas do arroio Pampa.

O valor encontrado quando comparado com a Resolução CONAMA 357, é pequeno, cerca de 14 vezes menor que o exigido para classe 1.

4. Para este mesmo metal é apresentada na Tabela 14 a construção de um possível cenário, tendo como base a geração de uma ocorrência de lançamento de efluente industrial com a quantidade de cromo encontrada na amostra analisada ($4,8 \text{ mg L}^{-1}$ no P2) no dia 05/10/2006 (4ª coleta).

Tabela 14 – Construção de possível cenário com relação à vazão e à concentração de cromo na amostra coletada em 05/10/2006.

Tempo do lançamento em minutos	Vazão do momento da coleta em L s^{-1}	Valor de cromo total em kg
10	344	0,990
20	344	1,981
30	344	2,972

Segundo esta consideração em alguns minutos teria-se quantidade significativa de cromo total inserido no meio e que pode chegar até o Rio dos Sinos através das águas do arroio Pampa.

Com o valor de cromo total encontrada pelo monitoramento na data relatada acima e com a vazão medida no momento desta coleta, e a concentração de cromo no ponto de monitoramento P4, considerando a maior vazão do mês de outubro para o Rio dos Sinos, aplicando a equação, tem-se:

$$C_J = \frac{30,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 0,0 \text{ mg L}^{-1} + 0,344 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 4,8 \text{ mg L}^{-1}}{0,344 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} + 30,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

Eq - 5

Como resultado tem-se uma concentração de $0,0528 \text{ mg L}^{-1}$, contra uma concentração antes da entrada do arroio nas águas do Rio dos Sinos de $0,00 \text{ mg L}^{-1}$, segundo a equação proposta por Braga (BRAGA *et al.* 2005). Teoricamente este acréscimo de cromo não mudaria a classificação das águas do Rio dos Sinos no ponto de mistura, que continuaria com característica de classe 1, já que o limite pra esta classe é $0,05 \text{ mg L}^{-1}$. Este resultado confirma os resultados apresentados no sub item 6.9 (cromo total), quando da comparação entres os ponto P4 e P5.

5. Para a determinação do impacto causado no meio pelo lançamento de efluentes com valores elevados de DBO₅ é empregada a equação 6:

$$DBO_{50} = \frac{Q_R \times DBO_R + Q_E \times DBO_E}{Q_R + Q_E}$$

Eq - 6

Onde:

DBO₅₀ = concentração da DBO₅ no ponto de mistura.

DBO_R = concentração da DBO₅ no corpo receptor a montante do lançamento.

DBO_E = Concentração da DBO₅ no efluente.

Q_R = Vazão do corpo receptor a montante do lançamento.

Q_e = Vazão do efluente.

Considerando o maior valor de DBO₅ do período monitorado no ponto P2, que foi no dia 05/10/2006 (1ª coleta), e a DBO₅ do mesmo dia no Rio dos Sinos (P4) e a maior vazão do mês de outubro de 2006 para o Rio dos Sinos. Aplicando-se a equação, tem-se:

$$DBO_{50} = \frac{30,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 7 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} + 0,344 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}}{30,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} + 0,344 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

Eq - 7

Pelo valor da DBO₅ encontrado na equação 7 pode se observar que o impacto é de 1 mg O₂ L⁻¹. O valor para a DBO₅ no ponto de mistura no Rio dos Sinos passa a ser de 8 mg O₂ L⁻¹ o que é significativo, embora não mude a classificação das águas neste ponto no Rio dos Sinos, que permaneceria como classe 3 da Resolução CONAMA 357.

6. A relação do OD com o meio é dada pela equação 8:

$$CO = \frac{Q_R \times OD_R + Q_E \times OD_E}{Q_R + Q_E}$$

Eq - 8

Onde:

CO = Concentração do OD no ponto de mistura.

OD_R = concentração da OD no corpo receptor a montante do lançamento.

OD_E = Concentração da OD no efluente.

Q_R = Vazão do corpo receptor a montante do lançamento.

Q_e = Vazão do efluente.

Com o menor resultado para OD no rio dos Sinos (2,55 mg L⁻¹) constatado na coleta do dia 04/01/2007 (6ª coleta), e com o resultado de OD neste mesmo dia no ponto P2 e suas respectivas vazões, temos:

$$CO = \frac{18,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 2,55 \text{ mg L}^{-1} + 1,41 \text{ mg L}^{-1} \times 0,2718 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}{18,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} + 0,2718 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

Eq - 9







Teoricamente a quantidade de oxigênio dissolvido presente nas águas do Rio dos Sinos sofreria uma redução de 0,02 mg L⁻¹, e passaria então a ter uma concentração teórica de 2,53 mg L⁻¹ de Oxigênio Dissolvido em suas águas. Valor que naquele momento não mudaria a classe para este parâmetro nas águas do Rio dos Sinos, que continuaria a ser classe 4, segundo a Resolução CONAMA 357.

6.12 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA

Conforme a metodologia proposta, os resultados dos parâmetros geraram classificação para cada um dos três pontos monitorados no arroio Pampa e para o ponto P4 monitorado no Rio dos Sinos.







A forma de apresentação desta classificação é feita através de cores, que identificam cada uma das classes ou características pré-determinadas, para cada um dos pontos analisados no monitoramento (Tabela 15).







































































Tabela 15 – Apresentação segundo a metodologia proposta para a classificação dos pontos amostrados no monitoramento com identificação da classe por uma cor característica.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Fora de Classe	Esgoto Doméstico
Cor característica						

6.12.1 Classificação das Águas do Rio dos Sinos

A Tabela 16 apresenta a classificação das águas do rio dos Sinos, para o ponto de amostragem P4, segundo a metodologia proposta neste trabalho.

Tabela 16 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto no Rio dos Sinos (P4) durante o período monitorado. Classe 1:  Classe 2:  Classe 3:  Classe:4  Fora de Classe  Esgoto doméstico: 







Rio dos Sinos										
Parâmetro	Datas de Coleta de Amostras									
	11/5/06	6/7/06	24/8/06	5/10/06	23/11/06	4/1/07	14/2/07	29/3/07	11/5/07	
DBO ₅										
Nitrogênio Total										
Fósforo Total										
Chumbo										
Cromo										
Níquel										
pH										
Nitratos										
Oxigênio Dissolvido										
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)										



























































































Os dados apresentados mostram que a poluição neste ponto do rio dos Sinos é exclusivamente característica de esgoto doméstico.

A classificação do Rio dos Sinos para o ponto de amostragem P4 é segundo os dados analisados durante o período monitorado característico de classe 4, em função dos teores de BDO₅, OD e coliformes fecais (*Escherichia Coli*).

6.13.2 Classificação das águas do Arroio Pampa

A Tabela 17 apresenta a classificação para o ponto de amostragem P1 no Arroio Pampa durante o período monitorado. Este é o ponto de amostragem mais próximo as nascentes que dão origem ao arroio.







Tabela 17 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de amostragem P1 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1:  Classe 2:  Classe 3:  Classe:4  Fora de Classe  Esgoto doméstico: 



























































































Arroio pampa ponto 1									
Parâmetro	Datas de Coleta de Amostras								
	11/5/06	6/7/06	24/8/06	5/10/06	23/11/06	4/1/07	14/2/07	29/3/07	11/5/07
DBO ₅									
Nitrogênio Total									
Fósforo Total									
Chumbo									
Cromo									
Níquel									
pH									
Nitratos									
Oxigênio Dissolvido									
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)									

Segundo os resultados analisados este ponto de amostragem é característico de “fora de classe”. Apesar de ser o local mais próximo as nascentes do arroio em vários momentos as características para fósforo total, nitrogênio total, coliformes fecais e DBO₅ são comparáveis as de esgoto doméstico. Este é o ponto de menor vazão do curso de água monitorado, sendo por esta razão já no início do arroio percebida a forte degradação destas águas.

Neste ponto temos comprovação de que o impacto causado sobre as águas é de origem doméstica. Os metais analisados neste trabalho são neste ponto, segundo a Resolução CONAMA 357, com exceção da 6ª coleta (04/1/2007), classificados como classe 1. A coleta de 04/01/06 foi a única neste ponto que apresentou teor de níquel acima do permitido para classe 1.

O ponto de amostragem P2 tem os resultados dos parâmetros determinados para sua classificação apresentados na Tabela 18. Este ponto de amostragem é para este trabalho o ponto mediano do percurso percorrido pelo arroio Pampa.

Tabela 18 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de monitoramento P2 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1:  Classe 2:  Classe 3:  Classe:4  Fora de Classe  Esgoto doméstico: 







Arroio Pampa Ponto 2									
Parâmetro	Datas de Coleta de Amostras								
	11/5/06	6/7/06	24/8/06	5/10/06	23/11/06	4/1/07	14/2/07	29/3/07	11/5/07
DBO ₅									
Nitrogênio Total									
Fósforo Total									
Chumbo									
Cromo									
Níquel									
pH									
Nitratos									
Oxigênio Dissolvido									
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)									







































































Os resultados apurados e analisados para este ponto de monitoramento são a exemplo do ponto anterior semelhantes quando analisados os parâmetros característicos de poluição doméstica, com forte impacto deste tipo de poluentes, sendo em alguns momentos semelhantes aqueles característicos de esgoto doméstico bruto.

Os metais analisados mostram que neste ponto de amostragem há forte impacto produzido por poluição de características industriais, excluindo-se destes o parâmetro chumbo total.

O monitoramento mostra para este ponto alternância de momentos com classificação como classe 4 e classe 1, indicando que os lançamentos de origem industriais fora do padrão são realizados esporadicamente.

A Tabela 19 apresenta os resultados para classificação do ponto P3 o mais próximo a foz do arroio.

Tabela 19 – Apresentação dos resultados obtidos para o ponto de monitoramento P3 no arroio Pampa durante o período monitorado. Classe 1:  Classe 2:  Classe 3:  Classe:4  Fora de Classe  Esgoto doméstico: .

Arroio Pampa Ponto 3										
Parâmetro	Datas de Coleta de Amostras									
	11/5/06	6/7/06	24/8/06	5/10/06	23/11/06	4/1/07	14/2/07	29/3/07	11/5/07	
DBO ₅										
Nitrogênio Total										
Fósforo Total										
Chumbo										
Cromo										
Níquel										
pH										
Nitratos										
Oxigênio Dissolvido										
Coliformes Fecais (<i>Escherichia Coli</i>)										

O ponto de amostragem P3 apresentou as melhores características dos pontos monitorados no arroio, com exceção dos metais analisados. Entretanto as características são em média semelhantes aos demais pontos do arroio, quanto a poluição por esgotos domésticos e industriais, embora este último com menor ocorrência.

6.13 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Com o uso do programa SPSS versão 13.0 foi calculado o Coeficiente de Correlação de *Pearson* (r), para verificação da existência de relação entre alguns parâmetros analisados neste trabalho, bem como a intensidade e o sentido desses relacionamentos.

A Tabela 20 apresenta os resultados da correlação entre as vazões e os parâmetros químicos, físico e microbiológico determinados no ponto de amostragem P1 no arroio Pampa.

Tabela 20 – Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com alguns dos parâmetros determinados no Ponto P1.

	Vazão P1	Vazão P2	Vazão P3	Vazão P4	OD P1	DBO ₅ P1	Cromo P1	Chumbo P1	Níquel P1	Coliformes fecais P1 (<i>Escherichia Coli</i>)	Temperatura P1
Vazão P1	1	0,545	0,689	0,772*							
Vazão P2		1	0,628	0,224							
Vazão P3			1	0,310							
Vazão P4				1							
OD P1	0,522	0,394	0,389	0,327	1	-0,413					
DBO ₅ P1	-,745*	0,670	0,320	0,319	0,413	1					
Cromo P1	**	**	**	**			1	-0,125	0,192		
Chumbo P1	0,576	0,576	0,570	0,293				1	-,077		
Níquel P1	0,091	0,149	0,084	0,168					1		
Coliformes fecais P1 (<i>Escherichia Coli</i>)	0,150	0,042	0,808	0,125	0,162	0,125				1	
Temperatura P1	-0,019	0,199	0,385	0,128	0,526	-0,246				0,806*	1

* correlação significativa a 5%. ** Ausência deste parâmetro no P1.

A vazão do ponto de amostragem P1 no arroio Pampa apresentou correlação significativa com a vazão do ponto de amostragem P4. Como o ponto de amostragem P1 é o ponto mais próximo as nascentes do arroio, existe um menor aporte de esgoto doméstico, assim como no Rio dos Sinos (P4) a vazão está mais relacionada com o ciclo hidrológico do que com o aporte de esgotos.

O parâmetro coliformes fecais do ponto P1 quando relacionado com a temperatura da água deste mesmo ponto apresentou correlação significativa, demonstrando tendência de que quanto maior a temperatura maior o NMP de coliformes fecais neste ponto de amostragem

Com a mesma significância (5%) existe correlação significativa inversa para o parâmetro DBO₅ do ponto P1 quando correlacionado com a vazão deste mesmo ponto, ou

seja, quanto maior a vazão neste ponto de amostragem menor será o valor para a DBO₅. Os demais parâmetros deste ponto de amostragem não apresentaram resultados de correlação significativa.

A Tabela 21 apresenta os resultados da correlação entre as vazões e os parâmetros químicos, físico e microbiológico analisados anteriormente, porém com os resultados para o ponto de amostragem P2 no arroio Pampa.

Tabela 21 - Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com alguns dos parâmetros determinados no Ponto P2.

	Vazão P1	Vazão P2	Vazão P3	Vazão P4	OD P2	DBO ₅ P2	Cromo P2	Chumbo P2	Níquel P2	Coliformes fecais P2 (<i>Escherichia Coli</i>)	Temperatura P2
Vazão P1	1	0,545	0,689	0,772*							
Vazão P2		1	0,628	0,224							
Vazão P3			1	0,310							
Vazão P4				1							
OD P2	-0,382	-0,717 *	-0,577	-0,039	1						
DBO ₅ P2	-0,490	0,040	0,050	-0,218	0,034	1					
Cromo P2	-0,340	0,250	-0,112	-0,134			1	-0,132	0,494		
Chumbo P2	0,576	0,576	0,570	0,293				1	0,000		
Níquel P2	0,265	0,189	-0,112	0,700 *					1		
Coliformes fecais P2 (<i>Escherichia Coli</i>)	-0,401	-0,091	-0,329	-0,779*	-0,239	0,125				1	
Temperatura P2	0,077	0,199	-0,297	0,060	-0,371	-0,140				0,195	1

* Correlação significativa a 5%.

A vazão do ponto de amostragem P2 esta inversamente correlacionada com o OD presente nas águas, correlação significativa inversa com nível de significância de 5%. Este resultado pode ser explicado pela altura da lamina de água neste local, que quanto menor a altura maior é a circulação-agitação promovida pelo contato da água com as pedras do leito do arroio, por outro lado se a altura da lamina da água for superior a altura das pedras do leito não ocorre esta agitação responsável pela aeração destas águas, porém por este raciocínio a temperatura da água será menor se a massa de água for menor, porque está mais sujeita a insolação e esta possibilidade tende a ser menor.

Assim como esta possibilidade qualquer explicação para este acontecimento, em função dos dados disponibilizados por este trabalho, será especulação. Somente um estudo mais aprofundado poderá trazer informações para a formulação de resposta que satisfaça esta questão.

A Tabela 22 apresenta os resultados da correlação entre as vazões e os parâmetros químicos e microbiológicos analisados anteriormente, porém com os resultados para o ponto de amostragem P3 no arroio Pampa.

Tabela 22 - Resultados da correlação estatística entre as Vazões dos pontos P1, P2, P3 e P4, com alguns dos parâmetros determinados no Ponto P3.

	Vazão P1	Vazão P2	Vazão P3	Vazão P4	OD P3	DBO ₅ P3	Cromo P3	Chumbo P3	Níquel P3	Coliformes fecais P3 (<i>Escherichia Coli</i>)	Temperatura P3
Vazão P1	1	0,545	0,689	0,772*							
Vazão P2		1	0,628	0,224							
Vazão P3			1	0,310							
Vazão P4				1							
OD P3	0,318	-0,500	0,036	0,566	1						
DBO ₅ P3	-0,424	-0,190	0,197	-0,501	-0,435	1					
Cromo P3	-0,702	-0,321	-0,738 *	-0,255			1	-0,157	0,341		
Chumbo P3	0,576	0,576	0,570	0,293				1	0,069		
Níquel P3	-0,046	0,118	-0,085	-0,036					1		
Coliformes fecais P3 (<i>Escherichia Coli</i>)	-0,440	0,044	-0,706	-0,704	-0,354	0,092				1	
Temperatura P3	-0,287	-0,229	-0,535	-0,262	-0,414	0,013				0,741*	1

Correlação significativa a 5%.

O parâmetro cromo total do ponto de amostragem P3 do arroio Pampa, também apresenta relação com a vazão deste mesmo ponto, onde segundo o teste estatístico, quanto maior a vazão no P3 menor será a quantidade deste metal nas águas deste ponto de monitoramento.

Assim como no ponto P1 o ponto P3 apresentou correlação significativa com o parâmetro coliformes fecais quando relacionado com o parâmetro temperatura medida neste mesmo ponto.

Os demais parâmetros químico-físicos e microbiológicos do ponto de amostragem P3 no arroio Pampa não apresentaram resultados significativos no teste estatístico utilizado.

7. CONCLUSÕES

O arroio Pampa apresenta em toda a sua extensão altos níveis de poluição doméstica, muitas vezes, com valores que são comparáveis à esgoto doméstico bruto.

No ponto médio (P2) e no ponto próximo a foz (P3), soma-se a poluição doméstica a poluição industrial, relacionadas às indústrias que usam cromo e níquel em seus processos industriais.

Os valores encontrados nas determinações destes metais são indicativos de estações de tratamento de efluentes industriais com baixos níveis de eficiência e/ou ausência de fiscalização sistematizada dos órgãos responsáveis.

Neste cenário, medidas alternativas de remediação terão pouca eficácia ou serão pouco eficientes na alteração dos parâmetros indicativos da qualidade deste manancial hídrico.

A solução para uma melhora significativa da poluição orgânica passa necessariamente pela construção de Estação de Tratamento de Esgoto para a micro-bacia do Pampa, medida fundamental para a despoluição deste curso de água.

Pela quantidade de habitantes da micro-bacia do Pampa, agravada pela previsão de crescimento populacional, e comprovado pelo monitoramento do parâmetro DBO_5 , o arroio Pampa não tem vazão suficiente para ser o corpo receptor de efluente de estação de tratamento, mesmo que esta trabalhe com eficiência de 90%.

A constatação de aumento do parâmetro DBO_5 , assim como da quantidade de Coliformes fecais, no ponto de monitoramento P5 quando comparado com o ponto P4, demonstra que a poluição por esgoto doméstico existente no arroio Pampa é a que mais impacto causa as águas do Rio dos Sinos.

O parâmetro níquel é teoricamente o único metal analisado por este trabalho, que causa impacto para as águas do rio dos Sinos, causando mudança de classe no ponto de captação de água para consumo do município de Novo Hamburgo.

A fragilidade do arroio Pampa em razão do elevado nível de poluição doméstica torna difícil sua recuperação.

Somente o efetivo aporte de recursos que contemple na totalidade a infra-estrutura urbana necessária para suprir as necessidades de saneamento ambiental da população pode levar o sistema desta região hídrica ao equilíbrio.

8. RECOMENDAÇÕES

Possíveis medidas para a diminuição da carga orgânica antes da chegada a uma estação de tratamento, como por exemplo, que as edificações novas tenham fossa séptica compatível com a área construída (numero de usuários) além de filtro biológico.

Nas edificações já existentes e que não tenham estes sistemas, que estas sejam incentivados a implantá-los pelo governo municipal, e nos que já possuam, que a limpeza e manutenção destas construções sejam realizadas dentro do período recomendado.

O licenciamento das empresas que usam o arroio Pampa como corpo receptor de seus efluentes, por si só, não resolve o problema, é necessária gestão total sobre este licenciamento, o que significa eficiente e sistematizado sistema de controle de poluição, incluindo os aspectos hídricos.

Portanto se faz necessária uma fiscalização efetiva na micro-bacia em busca das indústrias que usam o arroio Pampa como corpo receptor para seus efluentes principalmente entre os pontos de amostragem P1 e P2, para a garantia do cumprimento da legislação.

O arroio Pampa é um corpo hídrico fortemente impactado pelos metais cromo e níquel, por esta razão o calendário de coletas para determinações destes metais no ponto de captação de água para o consumo humano do município de Novo Hamburgo, deve não só observar a legislação vigente, mas deve especialmente preservar a saúde pública, para isso as determinações para estes metais devem ser realizadas com menor frequência do que a estabelecida em lei.

Pela mesma razão deve-se incluir nas determinações dos parâmetros para água tratada do município de Novo Hamburgo o metal níquel, mesmo que este não seja exigido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

O governo municipal deve incentivar a integração entre os diversos setores da Prefeitura Municipal, interagindo com a comunidade local, planejando e definindo metas de médio e longo prazos para a recuperação das águas da micro-bacia monitorada neste trabalho.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>> Acesso em: 29 nov 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th. APHA, 2005.

NBR – 9648 – **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário** – Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

BÁRBARA, Viníciu F.; UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Mestrado em Meio Ambiente. **Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (AMAZÔNIA)**. 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, 2006.

BARLOW, Maude; CLARKE, Tony. **Ouro azul**. São Paulo: M.Books, 2003. 331 p.

BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C. ; GUERRA, T. 2000. **Integração dos estudos através de uma abordagem (Sócio) Econômico-ambiental**. In: Instituto de Ecologia- UFRGS. (Org.). Carvão e Meio Ambiente. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. v. 10. pp. 271-399.

BORGUETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGUETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. Aquífero Guarani: **A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba, PR: Os Autores, 2004. 214 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, SP: Prentice Hall. 305 p. 2006.

BRANCO, Samuel M.; MURGEL, Eduardo. **Poluição do ar**. 6. ed. São Paulo, SP: Moderna, 1997. 87 p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. DOU em 05 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>> Acesso em 14 dez de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Recursos Hídricos: **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. p. 1 – 8.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: **Resolução 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 1- 23. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705>, acesso em: 21 de nov 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: **Resolução 274, de 29 de novembro de 2000**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/res274/00>, acesso em: 21 de nov 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: **Resolução 20, de 18 de junho de 1986**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>, acesso em: 09 de set 2007.

CLAAS, Isabel Cristina; MAIA, Roberto A. Moraes. **Manual Básico de Resíduos Industriais de Curtume**. Porto Alegre, RS: SENAI-RS, 1994. 664 p.

COMITESINOS. Revista. **Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio dos sinos**. Paim, Paulo; Weinmann, Carlos G; Nabinger, Viviane. Ed. São Leopoldo. 1999.

COMITESINOS. **Identificação Dos Pontos de Impacto Na Bacia Hidrográfica Do Rio Dos Sinos – Retirada e Devolução de Água**. PROJETO MONALISA, Dezembro/2006.DVD.

COMUSA. **Projeto Arroio Pampa. Centro de Excelência na Gestão de Saneamento (CEGS)**. Folheto Informativo, 2006.

COMUSA, 2006. Disponível em: <http://www.comusa.com.br>> Acesso em: 05 abr 2006.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - CRH. **Resolução nº 030/2006**. Disponível em: <http://www.rs.gov.br/> >acesso em 01 abr de 2007.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - CRH. **Resolução nº 0128/2006**. Disponível em: <http://www.rs.gov.br/> >acesso em 01 abr de 2007.

CORBI, Juliano J.; STRIXINO, Suzana. T.; SANTOS, Ademir; DEL GRANDE, Marcelo.; Diagnóstico Ambiental de Metais e Organoclorados em Córregos Adjacentes a Áreas de Cultivo de Cana-De-Açúcar (Estado de São Paulo – Brasil). **Quím. Nova**, Vol 29, Nº 1, 61-65, 2006.

COTTA, Jussara A. O; REZENDE, Maria A. O; PIOVANI, Mônica R. Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – Petar, São Paulo, Brasil. **Quím. Nova**, Vol 29, nº 1, 40-45, 2006.

CRUZ, João G. H.; MENEZES, Jean C. S. dos S.; RUBIO, Jorge; Schneider, Ivo A. H. **Aplicação de Coagulante Vegetal à Base de Tanino no Tratamento por Coagulação/Floculação do Efluente de Uma Lavanderia Industrial**. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2005.

CUNHA, Alan C; CUNHA, Helenilza F. A; SOUZA, Jaceline de A; NAZARÉ Alan S. Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado do Amapá sob Poluição Microbiológica. **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 1, p. 191-199, jan-abr. 2005.

DINIZ, Emilio D. P. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Cruze**. Universidade Luterana do Brasil – Programa de Pós-Graduação em engenharia, energia, ambiente e materiais. Canoas - RS, 2002.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**; Texto constitucional de 3 de outubro de 1989 com as alterações adotadas pelas Emendas

Constitucionais de nº 1, de 1991, a 55, de 2007. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/prop/Legislacao/Constituicao/constituicao.htm>.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lei número 10.350, de 30 de dezembro de 1994.** DOE em 01/01/1995. Disponível em: http://wwwbr.geocities.com/amientche/lei_10350.htm>Acesso em: 09 set 2007.

FARIA, Carla M.; MORANDI, Iara C.; A Difícil Recuperação de Arroios em Áreas Urbanas. **Pesquisa Ecos.** Revista. Departamento municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre. Ano 3. nº 6. Maio/2002.

FARIA, Carla M.; LERSCH, Elenara C.; Monitoramento das Águas do Delta e Foz dos Rios Formadores do Guaíba. **Pesquisa Ecos.** Revista. Departamento municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre. Ano 2. nº 5. Outubro/2001.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A; Monitoramento e Avaliação de Risco de Contaminação por Pesticidas em Água Superficial e Subterrânea na Região de Guairá. **Pesq. Agropec.** Brás, Brasília vol 37, nº 5 p. 659. – 667, 2002.

FIERGS. Comunicado técnico CODEMA. **A Carga Orgânica Despejada na Bacia do Rio Dos Sinos.** Edição 10, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL – METROPLAN. **Estudo de caracterização urbano-ambiental realizado na sub-bacia hidrográfica do arroio Pampa, situada nos municípios de Novo Hamburgo, Campo Bom e Dois Irmãos,** 2002.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (RS) - FEPAM. **Efluentes líquidos industriais: cargas poluidoras lançadas nos corpos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul - 1997.** Porto Alegre, RS: FEPAM, 145 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (RS) - FEPAM. Portaria nº 087/2006. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias>, Acesso em: 18 de jan 2007.

GOOGLE, 2007. Disponível em: <http://www.google.com.br>, Acesso em: 23 de out 2007.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2007. Disponível em: <http://www.rs.gov.br/index.php?inc=noticias/noticias>, Acesso em: 18 de jan 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.com.br>>Acesso em: 28 mar 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.com.br>>Acesso em: 21 ser 2007.

JIMENEZ Ricardo Sarti; DAL BOSCO Sandra Maria; CARVALHO Wagner Alves Remoção de Metais Pesados de Efluentes Aquosos Pela Zeolita Natural Escolocita – Influência da Temperatura e do pH na Adsorção em Sistemas Monoelementares. **Quim. Nova**, Vol 27, nº 5, 734 – 738, 2004.

JORDÃO, Cláudio P.; PEREIRA, Madson de G.; MATOS, Antônio T.; PEREIRA, José L. Influence of Domestic and Industrial Waste Discharges on Water Quality at Minas Gerais State, Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 16, No. 2, 241-250, 2005.

JORNALJA. Disponível em <http://www.jornalja.com.br>. Acesso em: 02 de abr de 2006.

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 28/06/1982.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 02/08/1988.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 16/08/1988.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 21/08/1988.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 22/08/1988.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 25/05/2006.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 05/01/2007.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 30/01/2007.**

JORNAL NH. Grupo Editorial Sinos. Novo Hamburgo – RS. **Reportagem do dia 07/09/2007.**

JORNAL FOLHA DE SÃO PAULO, 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano>, Acesso em: 18 de jan 2007.

LEE Opaka; HELSEL Dennis. Baseline models of trace elements in major aquifers of the United States. **Applied Geochemistry** 20, 1560–1570, United States, 2005.

MACHADO, Taysa T. V.; GADELHA, Lúcia M.; JUNIOR, Wanberto R, da S.; DINIZ, Flávio E. G.; COLARES, David A.; NEVES, Arthur F. J. F. **Avaliação Preliminar da Presença de Chumbo e Cromo em Mananciais do Estado da Paraíba, Utilizados em Sistemas Urbano de Abastecimento de Água.** Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2005.

MARMO, Carlos R. **Formação de Trihalometanos em Águas de Abastecimento Tratadas Na Pré-Oxidação com Cloro Livre.** Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de saneamento e ambiente. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000375369>, acesso em 18/09/2007.

MARTINS, P. M. B.; **Agência Nacional de Águas e a Regulação dos Recursos Hídricos**, Monografia para obtenção do título de especialista em Gerenciamento Ambiental, Universidade Luterana do Brasil, Canoas - RS, 2002.

MEYER, Sheila T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Cad. Saúde Públ.** Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, Jan/Mar, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. **Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004**, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. Diretoria de Serviço Geográfico. *Folha SH.22-V-D-VI-2, MI – 2970/2, Novo Hamburgo*. Escala 1:50.000, 1996.

MIRLIAN, N.; MACHADO, M. I.; OSINALDI, G. M.; DEMOLINER, A.; BAISCH, P. O Impacto Industrial na Composição Química das Águas Subterrâneas com Enfoque de Consumo Humano (Rio Grande, RS). **Quim. Nova**, Vol 28, nº 3, 788 – 791, 2005.

MOSCA, Andréia A de O.; **Caracterização Hidrológica de Duas Bacias Visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos Para o Monitoramento Ambiental do Manejo de Florestas Plantadas**. Escola Superior de Agricultura do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Piracicaba. SP. 2003.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da água do Arroio Portão, RS. Instituto de Geociências, UFRGS, **Pesquisa em Geociências**, 32. Porto Alegre – Brasil, 2005.

NASCIMENTO, Carlos A. do.; NAIME, Roberto.; CARVALHO, Sérgio. Busca por Água para Suprir as Necessidades Humanas e a Sustentabilidade do Aquífero Subterrâneo em Loteamentos Irregulares na Cidade de Taquara – RS – Brasil. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica – ICET. Centro Universitário FEEVALE. **Tecnologia e Tendências**. Novo Hamburgo – Brasil, junho de 2007.

NIETO P.; CUSTODIO Emilio.; MANZANO M. Baseline groundwater quality: a European approach. **Environmental Science & Policy**, 8, 399–409, Spain, 2005.

AZEVEDO, Netto; NETTO, Manoel Henrique Campos Botelho. **Manual de Saneamento de Cidades e Edificações**. Ed. São Paulo Pini, 1991.

NORONHA, L. C.; GRASSI, L. A.T.; CALLEGARO, V. L.; FILHO, O. L. B.; FISCHER, L. A. **Tempo das Águas**. Porto Alegre, RS: Laser Press Comunicação, 2006.120p.Seleção de artigos.

NUVOLARI, A. **O Lançamento In Natura e seus Impactos**. In: Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Ariovaldo Nuvolari (Coord.). São Paulo, SP: FATEC-SP. 520 p. 2003.

PETRY, Leopoldo. **Novo Hamburgo**: florescente município do Vale do Rio dos Sinos: monografia. 4. ed. São Leopoldo, RS: Rotermond, 1963. 157 p.

PINTO, Nelson L. de Sousa; HOLTZ, Antonio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto; GOMIDE, Francisco Luiz Sibut. **Hidrologia básica**. 1. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1976. 278 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO, 2006. Disponível em: <http://www.novohamburgo.rs.gov.br>> Acesso em: 11 abr 2006.

RISSATO, Sandra R.; LIBÂNIO Marcelo.; GIAFFERIS Giselda P.; GERENUTTI, Marli. Determinação de Pesticidas e Organoclorados em Água de Manancial, Água Potável e Solo na Região de Bauru (SP). **Quím. Nova**, Vol 27, nº 5, 739-743, 2004.

ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A da F. Metais Pesados nos Sedimentos de Corrente, como indicadores de Risco Ambiental – Vale dos Sinos RS. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 23(2), 35-47, 2002.

SECRETARIA DA SAÚDE E MEIO AMBIENTE. Portaria nº 05/89 de 16 de março de 1989 –. **Aprova a Norma Técnica SSMA nº 01/89**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1989.

SILVA, Selma C. da.; RIBEIRO, Márcia M. Rios. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama – PE. **Eng. sanit. ambient.** Vol.11 - Nº 4 - 371-379 - out/dez 2006.

THIELE, PAULO R; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Mestrado em Geografia. **Análise das políticas ambientais aplicadas aos moradores das margens do Arroio Pampa no município de Novo Hamburgo [Dissertação em Geografia]**. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA. P. P.; Contaminação de Águas por BTXs e Processos Utilizados na Remediação de Sítios Contaminados. **Quím. Nova**. Vol 27 nº 3, p. 441 – 446, 2004.

TOLEDO, Luis G.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de Qualidade de água em Microbacia Sob Uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002

TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. da; BENETTI, Antonio; LANNA, Antonio E. L.; BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. **Hidrologia**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da Universidade / UFRGS, ABRH - Nacional, 1997. 943 p.

YABE, Maria Josefa S.; OLIVEIRA, Elisabeth de. Metais Pesados em Águas Superficiais Como Estratégia de Caracterização de Bacias Hidrográficas. **Quím. Nova**, Vol 21, nº 5, 551 – 556, 1998.