Estudos Tecnológicos - Vol. 5, n° 2: 245-269 (mai/ago. 2009) ISSN 1808-7310
doi: 10.4013/ete.2009.52.10

Monitoramento físico-químico das águas do arroio Pampa em Novo Hamburgo (RS)

Physical-chemistry tracking of the waters of Pampa Stream in Novo Hamburgo (RS)

Carlos Augusto do Nascimento
Professor do ICET – FEEVALE
RS 239, 2755, Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93352-000
efluentes@terra.com.br

Roberto Naime
Professor do ICET –FEEVALE
RS 239, 2755, Novo Hamburgo, RS, Brasil, 93352-000
rnaime@feevale.br

Resumo

Cursos de água que passam por áreas densamente urbanizadas carregam em suas águas esgoto doméstico e efluentes industriais. A legislação ambiental brasileira determine o monitoramento, e a classificação destes corpos hídricos, com posterior publicação dos resultados obtidos. Mas 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 muito habitados e tem todo o esgoto doméstico destes bairros escoado por suas águas. Também é um corpo receptor de efluentes industriais. 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, buscando a classificação segundo a Resolução CONAMA 357 e determinar a influência das águas do arroio Pampa 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. A influência das águas do arroio Pampa no Rio dos Sinos no ponto de captação da Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA), foi realizada usando 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, ocorrendo em algumas amostras coletadas altos teores de cromo e níquel. O impacto relevante causado pelas águas do arroio Pampa no Rio dos Sinos é relativo a esgoto doméstico. porém a

Abstract

Watercourses that pass through heavily urbanized areas in their waters carry domestic sewage and industrial effluents. Brazilian environmental legislation determines the monitoring and classification of water bodies, with subsequent publication of results. But in most cases it actually does not occur. The Pampa stream with most of its territory in the municipality of Novo Hamburgo (RS, Brazil), passes very neighborhoods inhabited and has all the sewage of these areas drained by its waters. It is also a receiving body of industrial effluents. Despite its mouth is approximately 1.5 km from the point of abstraction of water for the consumption of more than 250,000 people, is typical example of this situation. This work monitored by one year the waters of the Pampa stream, and the waters of the Sinos river upstream from the mouth of the creek, with samples spaced approximately 45 days, seeking classification under CONAMA Resolution 357 and the influence of water the stream at the point of Pampa Rio dos Sinos where is the abstraction of water for the city of Novo Hamburgo. The determination of the parameters at the sampling points of the Pampa stream and the point located in the Sinos river upstream from the mouth of the creek, were performed by the Analytical Center of the University Center FEEVALE. The influence of the waters of the Pampa stream Sinos River at the point of capture of the Municipal Sanitation Company (COMUS) was performed using data from this company and the Foundation for Environmental Protection Henrique Luiz Roessler - RS (FEPAM), groups that monitor this point of withdrawal of water. The waters of the Pampa stream for some parameters showed similar characteristics to domestic wastewater occurring in some samples collected high levels of chromium and nickel. The relevant impact caused by the waters of the Pampa stream Rio dos Sinos is on domestic sewage. But the finding of significant levels of chromium and nickel determine preventive care and the influence of industrial effluents in the waters of the stream. The solution to the current dire state chemical and microbiological water of the stream Pampa necessarily entails the construction and operation of systems for domestic wastewater treatment, and an

constatação de níveis significativos de cromo e níquel determinam cuidados preventivos quanto a influência dos efluentes industrias 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 chaves: *qualidade da água, monitoramento, Arroio Pampa.*

effective monitoring of industrial effluents.
Key words: *water quality, monitoring, Pampa Stream.*

1. Introdução

Atualmente a água é um bem cada vez mais escasso para a humanidade. Necessita de uso responsável e otimizado, que garanta a continuidade do ciclo hidrológico. A escassez de água projetada frente ao aumento da população e a crescente poluição doméstica ou industrial determinam a necessidade de uso racional das águas, com a finalidade de propor medidas que auxiliem na melhoria dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos.

O monitoramento das águas superficiais não é prioridade, muito embora seja previsto pela legislação atual. E com exceção dos rios principais das bacias hidrográficas, são poucos os arroios da região metropolitana de Porto Alegre que recebem ou receberam algum tipo de análise sistemática, tanto físico-químico quanto microbiológica.

Somente iniciativas acadêmicas tem realizado trabalhos relevantes na área do diagnóstico físico químico ou microbiológico. 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.

Em Porto Alegre, através do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), foram realizados trabalhos no arroio Dilúvio, realizando monitoramento em oito estações de coletas, distribuídas nos 17 km de extensão do arroio no ano de 2002 também.

O monitoramento teve como proposta avaliar políticas públicas que resultaram em ações de saneamento ambiental para melhoria na qualidade das águas do arroio Dilúvio que 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).

O arroio Portão na bacia hidrográfica do rio dos Sinos teve alguns parâmetros físico-químicos monitorados durante o ano de 2004, entre os meses de março e julho. Os resultados apresentaram 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).

Trabalhos desta natureza são bastante reduzidos em nosso país, onde não existe a cultura e a tradição de prevenção e precaução diante de riscos potenciais (Rissato, *et al*. 2004, Nieto *et al.,* 2005).

No município de Novo Hamburgo a qualidade das águas do arroio Pampa é tema de discussão há mais de duas décadas. Mas em nenhum momento houveram trabalhos técnicos que possibilitassem o monitoramento de seus parâmetros químico-físicos, ou se o tiveram, estes resultados não foram publicados.

O arroio Pampa fica situado no município de Novo Hamburgo, sendo o tronco principal da micro-bacia homônima, com aproximadamente 9 km de extensão. Atravessa bairros densamente habitados da cidade, sendo como corpo receptor de efluentes industriais e de esgoto doméstico.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as condições do arroio Pampa através do monitoramento das condições físico químicas 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. Este trabalho complementa as investigações de monitoramento microbiológico da bacia.

Especificamente buscou-se monitorar e avaliar os seguintes parâmetros de qualidade de água: fósforo total, nitrogênio total, nitratos, cromo total, níquel total, chumbo total.

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. 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 (Brasil, 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 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: *Valores de referência para a classificação das amostras pesquisadas.*

Parâmetro	**Unidade**	**Classe 1**		**Classe 2**		**Classe 3**		**Classe 4**	*** Esgoto**	**Fora de Classe**
Nitrogênio Amoniacal Total. Ambiente Lôtico	mg L^{-1}	N	Ph	N	Ph	N	pH	**NE**	**21 a 532**	**- - -**
		3,7 2,0 1,0 0,5	≤7,5 >7,5≤8,0 >8,0≤8,5 >8,5	3,7 2,0 1,0 0,5	≤7,5 >75≤8,0 >8,0≤8,5 >8,5	13,3 5,6 2,2 1,0	≤7,5 > 7,5 ≤8,0 >8,0≤8,5 >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**	**- - -**	**- - -**

*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^{TM}, 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 2.

Tabela 2: *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 3.

Tabela 3: *Parâmetros determinados e a metodologia utilizada nos ensaios laboratoriais.*

Parâmetro	**Unidade**	**Metodologia**
Nitrogênio amoniacal Total	Mg L^{-1}	Titulometria
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

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

As determinações físico-químicas 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* (APHA, 2005).

As determinações dos parâmetros OD, pH, DBO_5 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. Os pontos de amostragem denominados como P1, P2, P3, P4 e P5 sua localização e as suas coordenadas geográficas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: *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 1 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.

Nos pontos P1, P2, P3 os resultados para o parâmetro OD dos dias 06/07/2006 (2ª coleta) e 5/10/2006 (4ª coleta), e coliformes fecais *(Escherichia Coli)* para todas as coletas realizadas nestes pontos, são dados obtidos junto ao laboratório da COMUSA. 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 ponto 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.

Figura 1: *Localização geográfica dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e PQ. Fonte: Google (2007).*

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".

3. Monitoramento do físico químico do arroio pampa

O monitoramento físico químico do Arroio Pampa foi realizado durante os anos de 2006 e 2007, abrangendo vários elementos e contando com estudo de vazões.

3.1 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 2.

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 3), quando

comparados com os valores do afluente da estação de tratamento de esgotos da CORSAN de Canoas – RS, conforme a metodologia proposta neste trabalho.

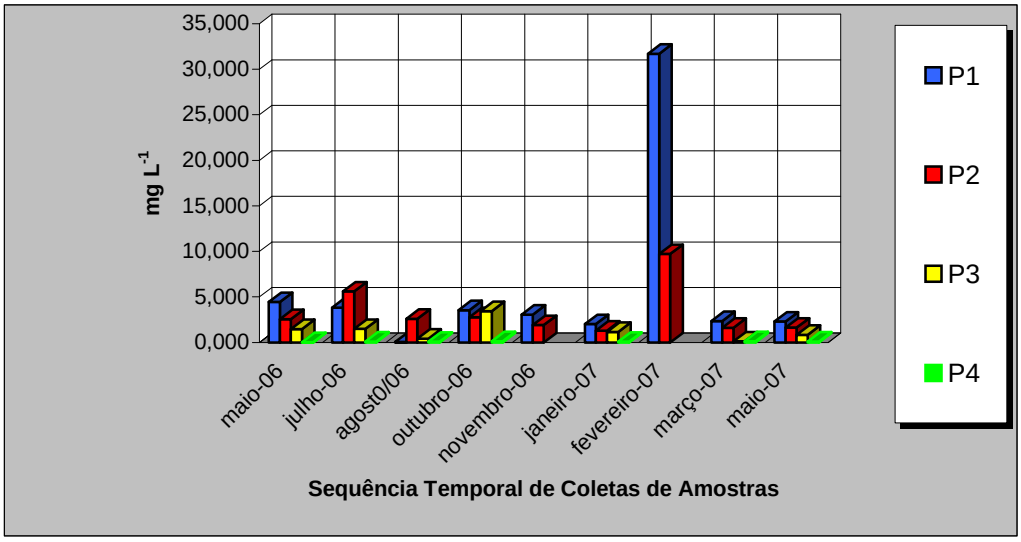

Figura 2: *Resultados para o fósforo total obtidos durante o monitoramento de P1, P2, P3 e P4.*

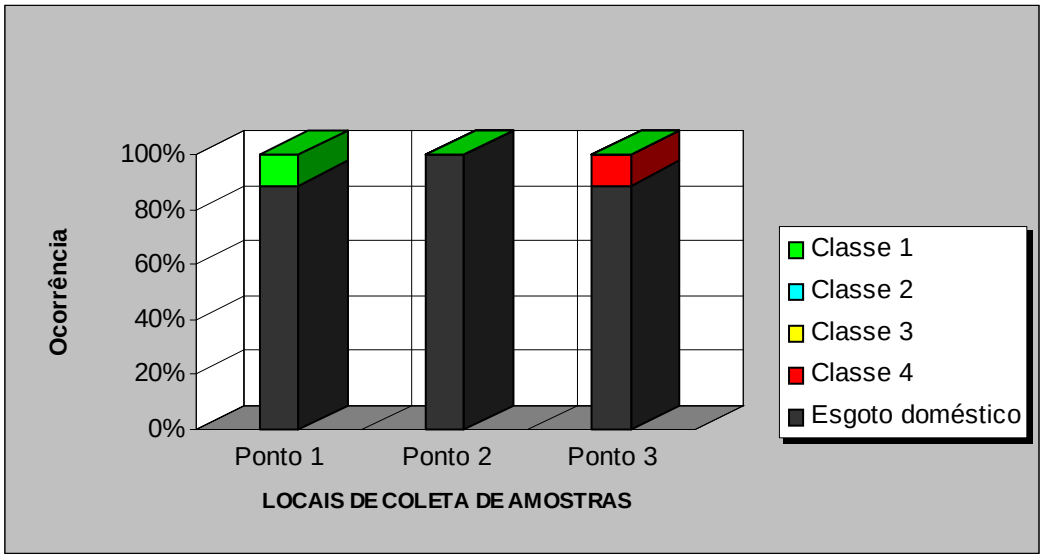

Figura 3: *Porcentagem de ocorrência por classes para fósforo total nos ponto de coleta P1, P2 e P3.*

Na 7º 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 mg L^{-1}, com valor máximo de 0,134 mg L^{-1}, em duas coletas (4ª e 8ª) respectivamente 05/10/2006 e 29/03/2007 a classificação conforme a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005), foi de classe 3, nas demais os valores são compatíveis com classe 1. A Figura 4 apresenta a porcentagem por ocorrência de classes deste nutriente no ponto monitorado no Rio dos Sinos (P4).

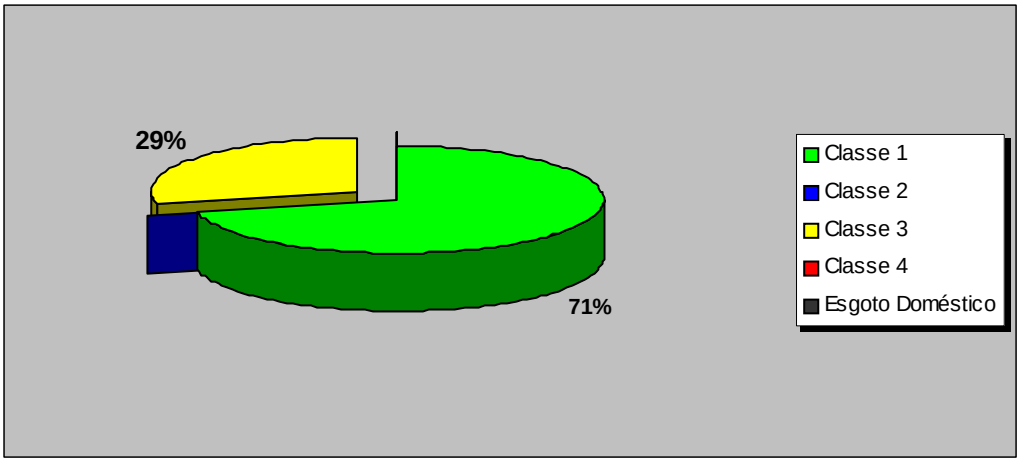

Figura 4: *Porcentagem por ocorrência de classes para o parâmetro fósforo total no ponto de monitoramento P4.*

3.2 Nitrogênio total

O valor médio para o nitrogênio total manteve-se entre 16,7 no ponto P3 e 30,85 mg L^{-1} no ponto P1, e o valor máximo encontrado no monitoramento foi na 1ª coleta (11/05/2006), foi de 43,7 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 5.

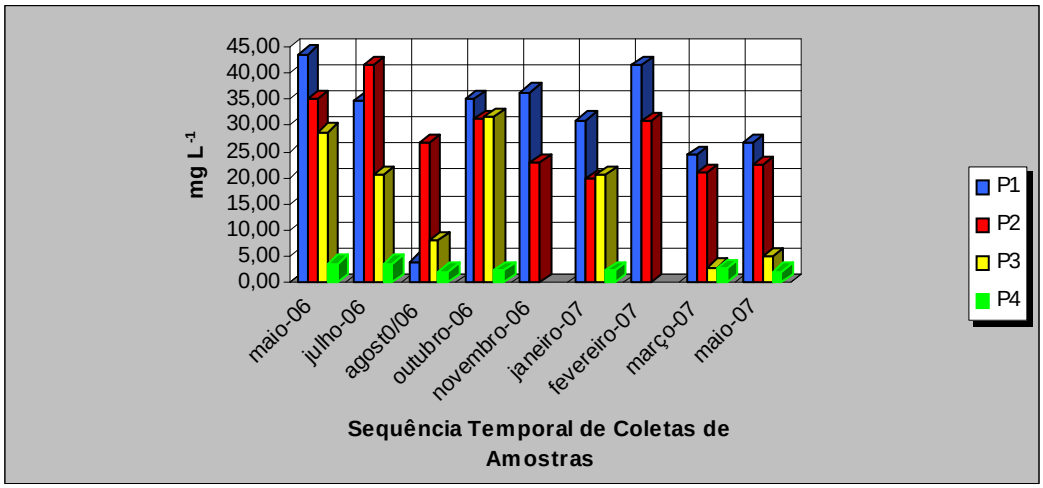

Figura 5: *Resultados para nitrogênio total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e P4.*

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 6).

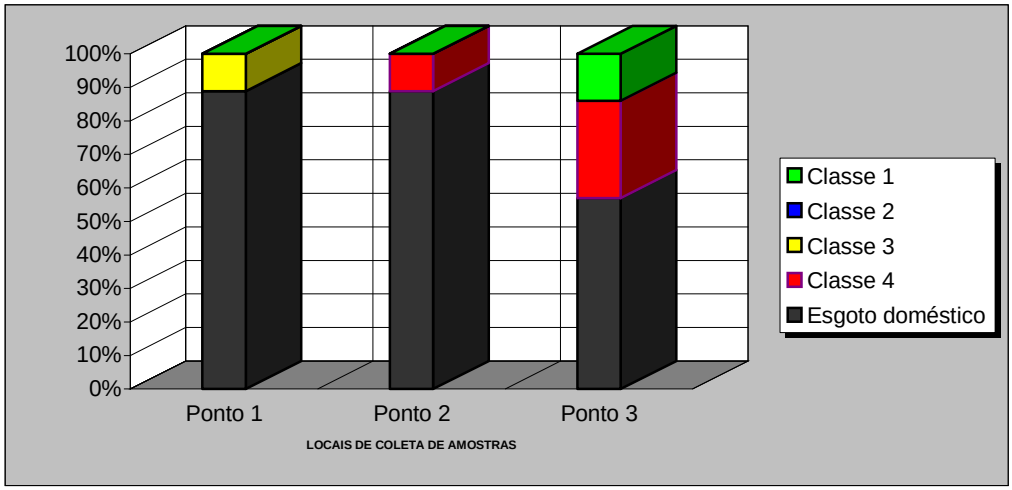

Figura 6: *Porcentagem de ocorrência por classes para o parâmetro nitrogênio total, para P1, P2 e P3.*

Assim como o parâmetro fósforo total o nitrogênio total está fortemente relacionado com atividade humana, e como não existem 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.

3.3 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 7.

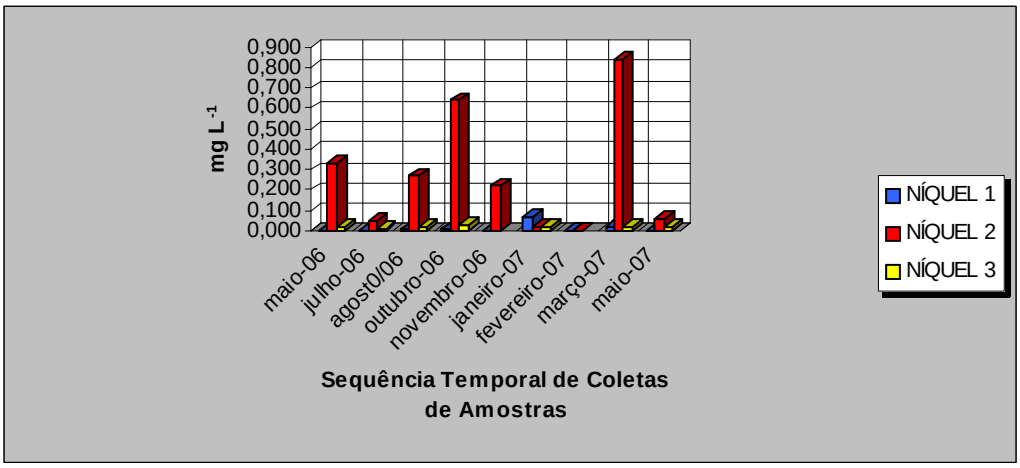

Figura 7: *Resultados de níquel total obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3 no arroio Pampa. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de 0,0058 mg* L^{-1}

Os valores para o parâmetro níquel total encontrados (Figura 8) no ponto P2 durante o monitoramento são relevantes se comparados com a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005).

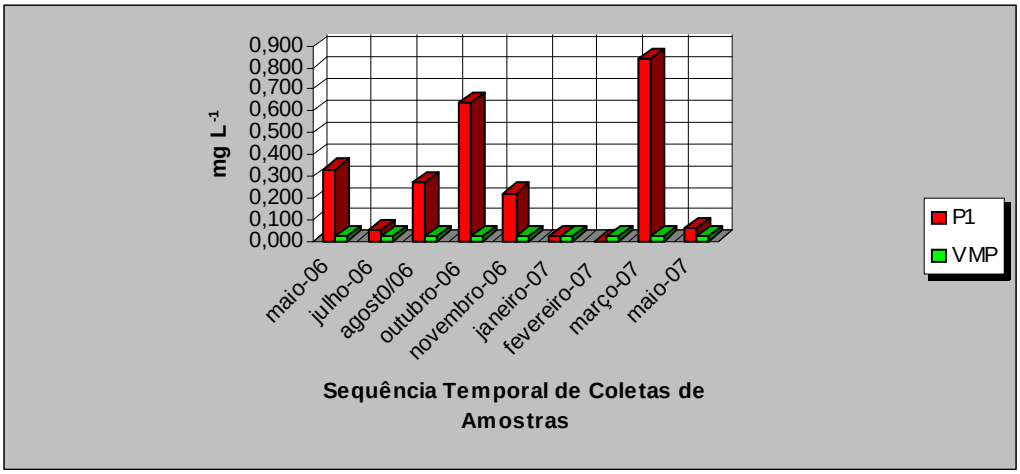

Figura 8: *Resultados de níquel obtidos durante o monitoramento para o ponto P2, com apresentação do valor máximo permitido pela Resolução (VMP) CONAMA 357/2005 para a classe 3.*

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 9).

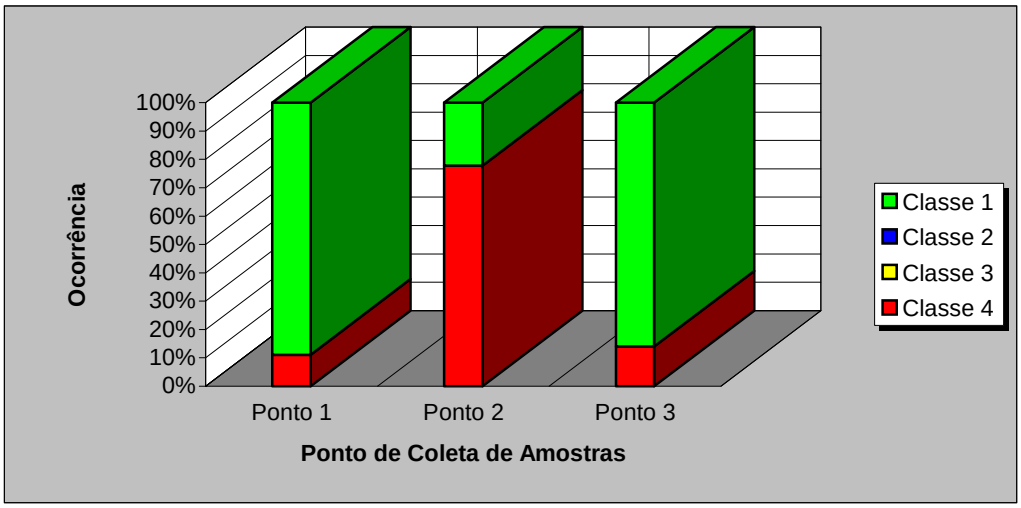

Figura 9: *Porcentagem por ocorrência de classes, nos pontos de monitoramento P1 P2 e P3.*

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 *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 10.

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.

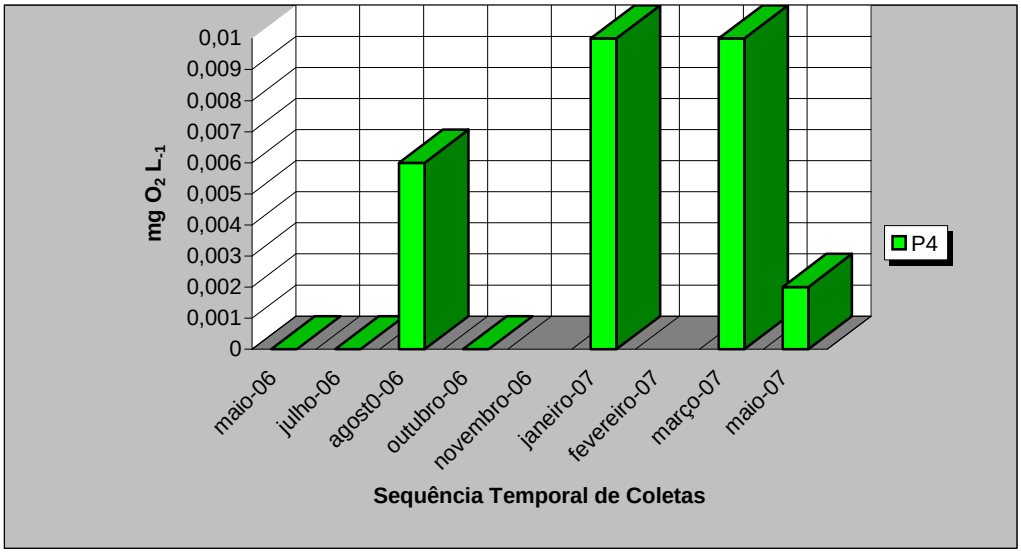

Figura 10: *Resultados para o parâmetro níquel total obtidos durante o monitoramento para o ponto P4. Limite de detecção para o parâmetro níquel é de 0,0058 mg* L^{-1}.

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.

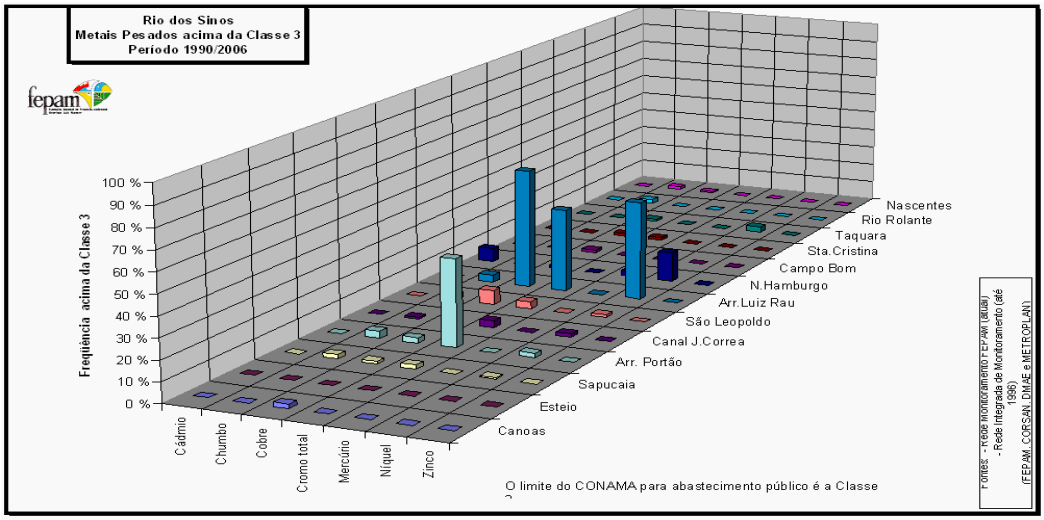

Figura 11: *Resultados do monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 3. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo (RS). Fonte: FEPAM (2007).*

Segundo médias disponibilizadas pela FEPAM em monitoramento realizado no Rio dos Sinos deste 1990, pode ser observado na Figura 11 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.

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.

3.4 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 12.

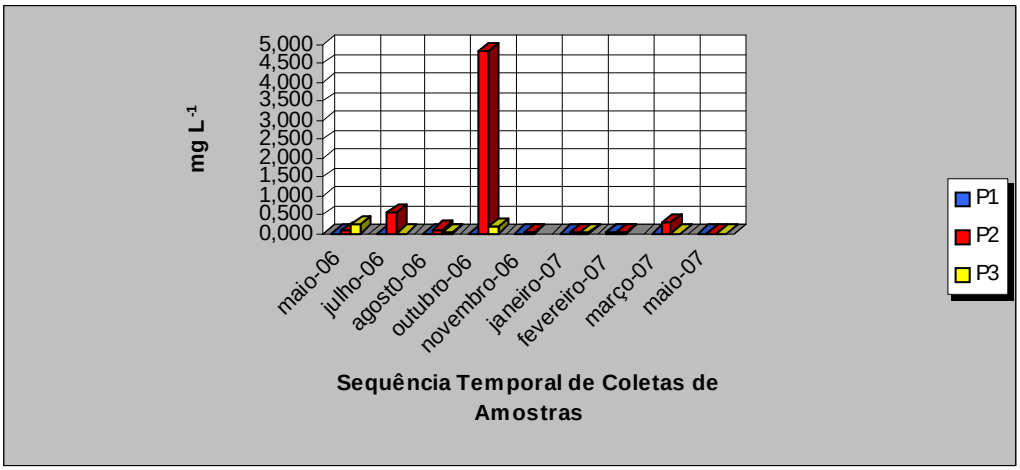

Figura 12: *Resultados para o parâmetro cromo total obtidos durante o monitoramento nos pontos P1, P2 e P3.*

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 13).

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.

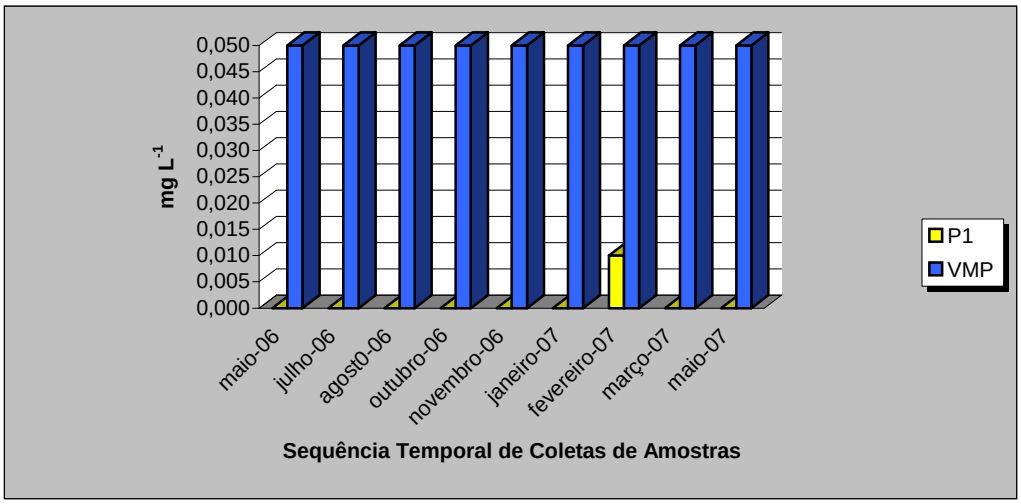

Figura 13: *Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto P1 no arroio Pampa, com apresentação do valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA 357/2005 para a classe 1.*

No ponto de coleta P2, em aproximadamente 56% das amostras (Figura 14) analisadas, os resultados apresentaram característica de classe 4 conforme classificação do COMANA 357 (Brasil, 2005).

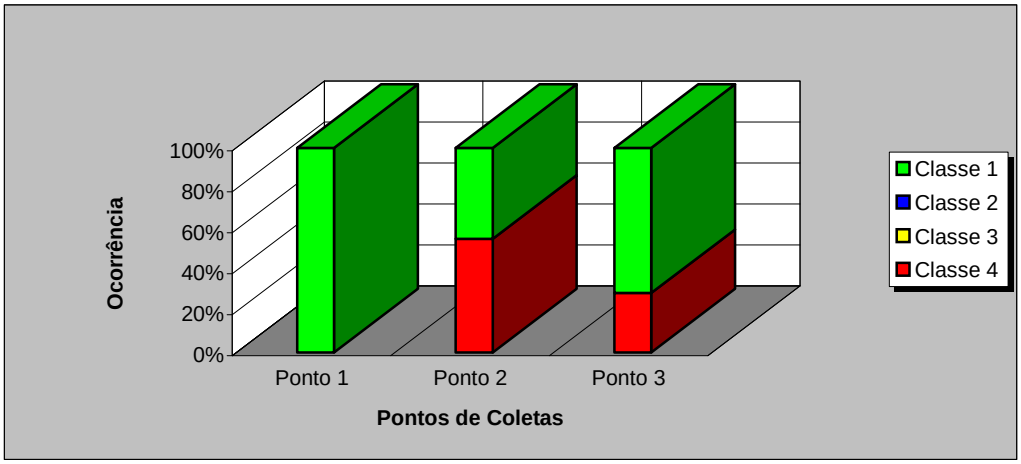

Figura 14: *Porcentagem de ocorrência de classes conforme a Resolução CONAMA/357.*

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 15.

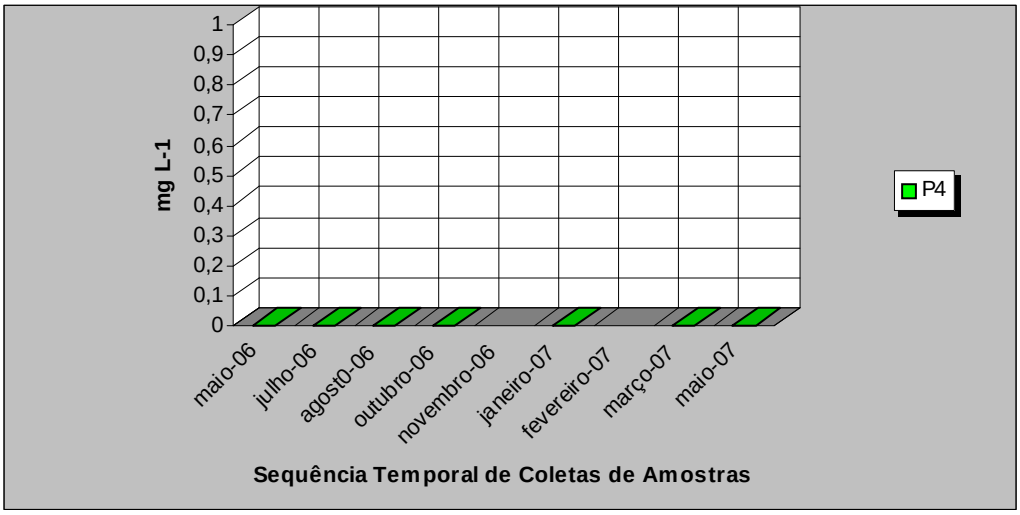

Figura 15: *Resultados de cromo total obtidos durante o monitoramento no ponto de amostragem P4. Limite de detecção 0,005 mg* L^{-1}.

Não foi detectado 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 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.

3.5 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 16.

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 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.

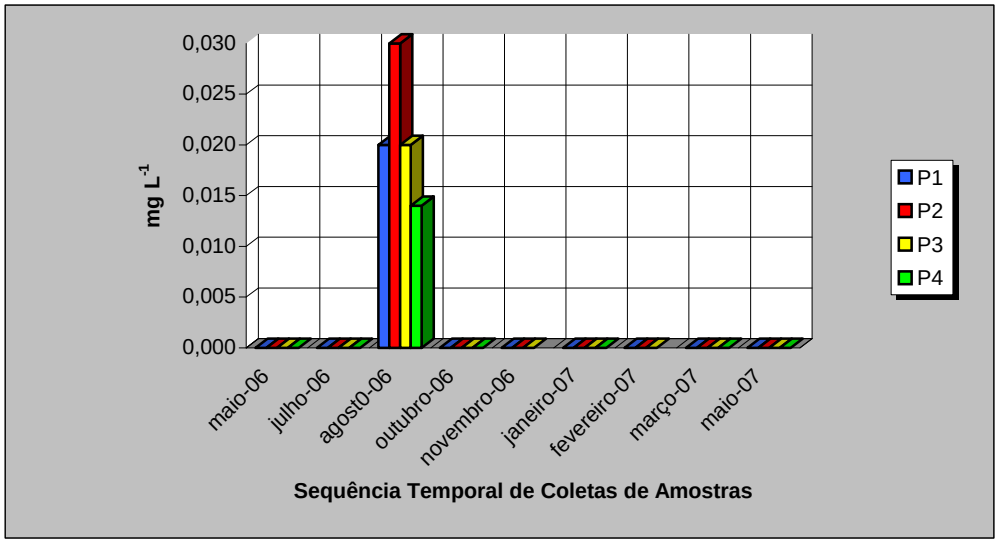

Figura 16: *Resultados para chumbo total obtidos durante o monitoramento dos pontos P1, P2, P3 e P4. Limite de detecção 0,014 mg L^{-1}.*

Porém é importante destacar que este mesmo monitoramento apresenta valores superiores a classe 1 até mesmo na nascente do Rio dos Sinos, Figura 17

Constata-se ainda na Figura 17, que segundo o monitoramento realizado pela FEPAM o metal chumbo esta presente nas águas do Rio dos Sinos da nascente a foz.

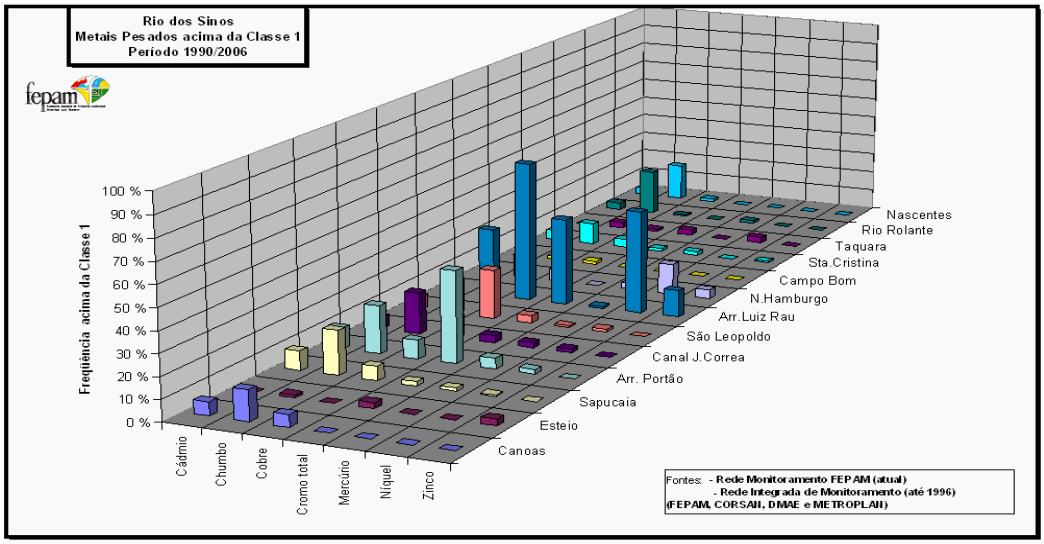

Figura 17: *Resultados de monitoramento realizado pela FEPAM para metais com incidência de teor acima do permitido para classe 1. Ponto de monitoramento no Rio dos Sinos, localizado na captação (P5) de água para consumo humano do município de Novo Hamburgo (RS). Fonte: FEPAM (2007).*

3.6 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 liquida 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 (*in* Tucci *et al.,* 1997) apresentado na Figura 18.

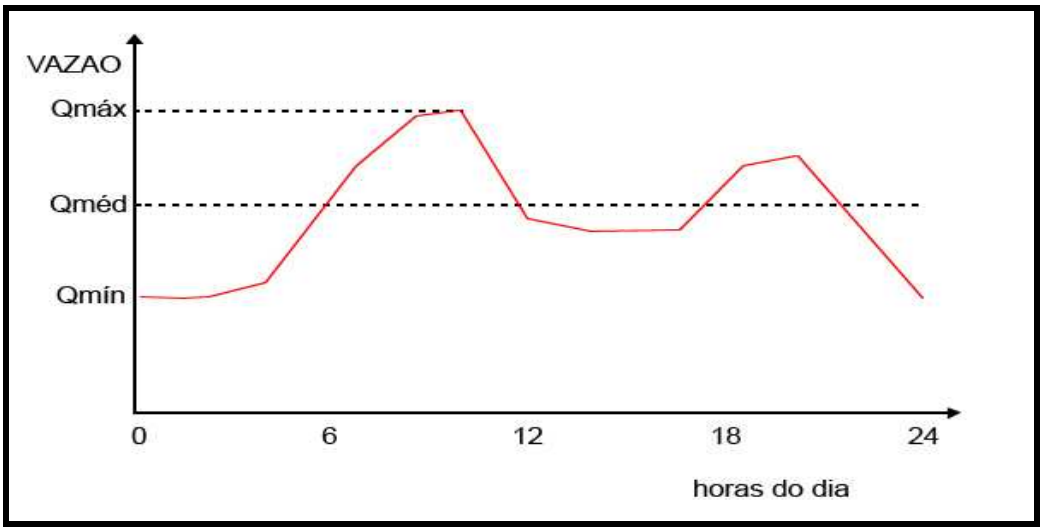

Figura 18: *Hidrograma típico de vazão do afluente de Estação de Tratamento de Esgoto doméstico. Fonte: Adaptado de Tucci et al. (1997).*

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 19, pode-se afirmar que a possibilidade de considerar o arroio Pampa um como canal de escoamento de esgoto doméstico é uma realidade.

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.

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.

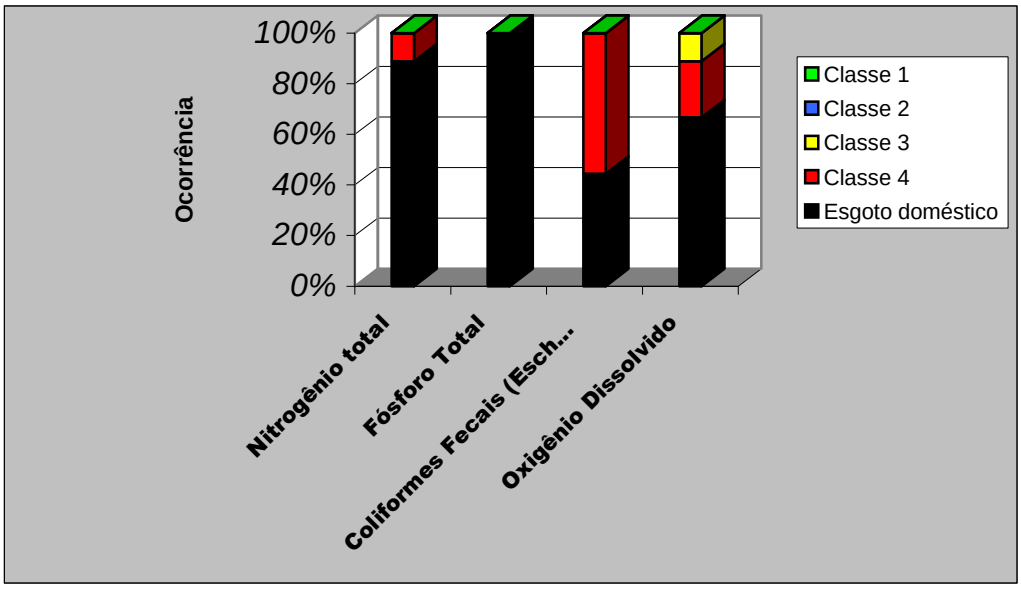

Figura 19: *Porcentagem de ocorrência para os parâmetros nitrogênio total, fósforo total, coliformes fecais (Escherichia Coli) e OD no ponto de monitoramento P2.*

Os resultados obtidos para a vazão nos pontos de monitoramento P1, P2 e P3 no arroio Pampa, são apresentados na Figura 20.

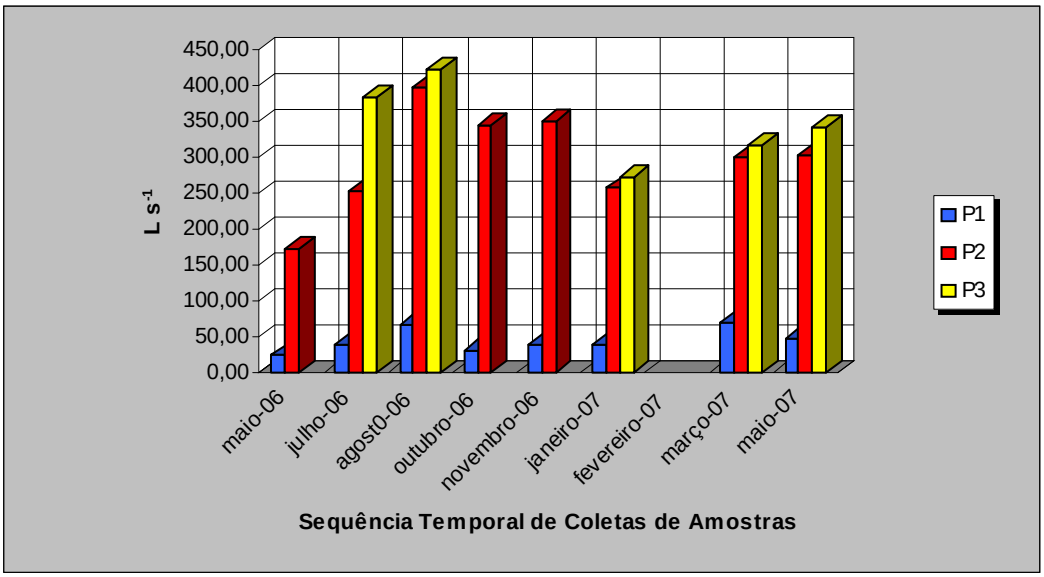

Figura 20: *Vazão apurada durante o monitoramento no arroio Pampa nos pontos P1, P2 e P3.*

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 21).

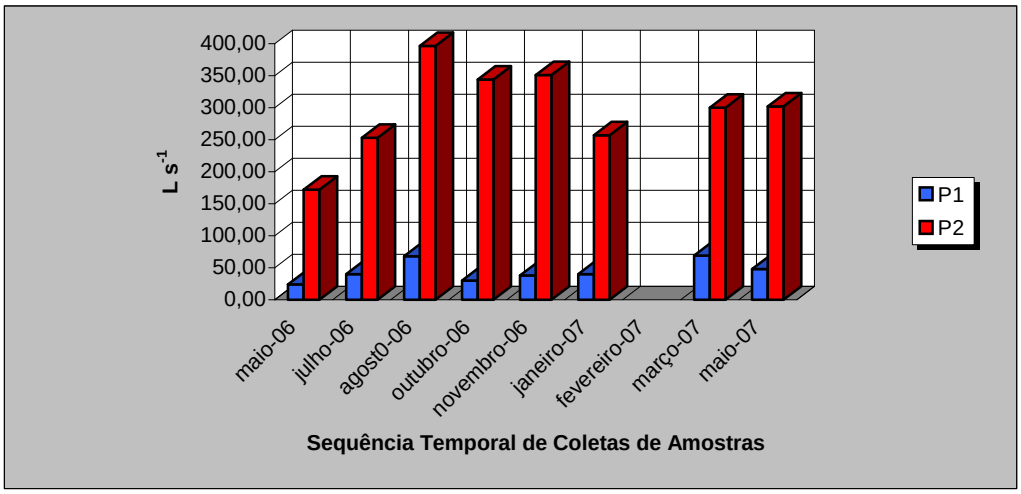

Figura 21: *Vazão dos pontos de amostragem P1 e P2 durante o período de monitoramento.*

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 5. A Figura 22 abaixo apresenta estes resultados.

Tabela 5: *Vazão do Rio Dos Sinos durante o período de monitoramento na estação Campo Bom.*

Mês/Ano	**Vazão em m³ s^{-1}**				
	Média	**Máxima**	**Data da máxima**	**Mínima**	**Data da mínima**
Maio/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
Maio/2007	87,14	221	19	26,1	02

Fonte: COMUSA (Companhia Municipal de Saneamento, 2006).

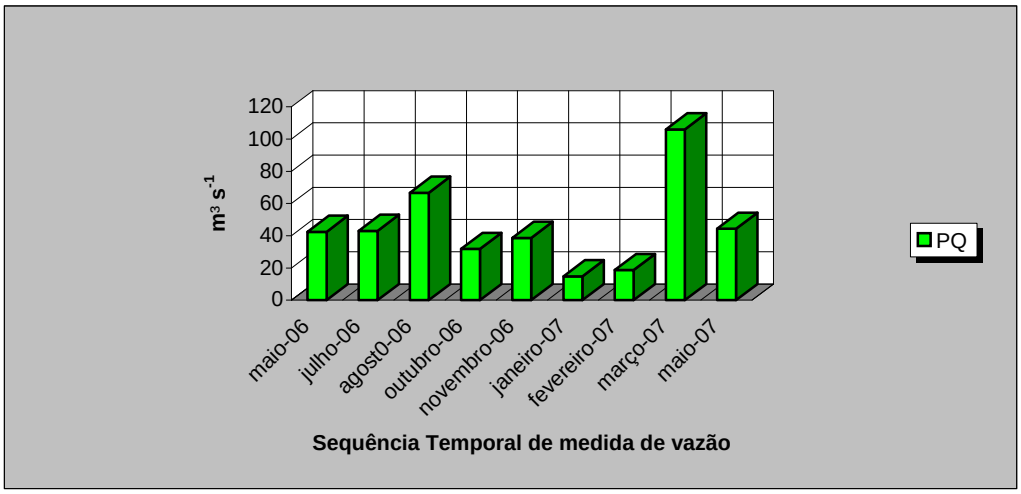

Figura 22: *Vazão do Rio dos Sinos no ponto de amostragem do CPRM (PQ). Fonte: COMUSA (Companhia Municipal de Saneamento, 2006).*

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.

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.

4. 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.

5. Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEEVALE pelas análises físico-químicas e microbiológicas e pelas excelentes condições de trabalho no mestrado em Qualidade Ambiental.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater***.** 20ª ed., Washington, APHA.

BRASIL**.** 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente: *Resolução 357, de 17 de março de 2005*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 1-23. Acessado em: 21/11/2006, disponível em: http://www.mma.gov.br/conama /res/res05/res35705.

COMUSA. 2006. Companhia Municipal de Saneamento*.* Acessado em: 05/04/2006, disponível em: http://www.comusa.com.br.

DINIZ, E.D.P. 2002. *Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Cruze*. Canoa, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Luterana do Brasil, 105 p.

FARIA, C.M.; MORANDI, I.C. 2002. A Difícil Recuperação de Arroios em Áreas Urbanas. *Pesquisa Ecos. Revista*, **3**(6):38-52.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (RS). 2007. Portaria nº 087/2006. Acessado em: 18/01/2007, disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/noticias.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004**.** *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 13 p.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. 2005. Controle da Qualidade da água do Arroio Portão, RS*. Instituto de Geociências, UFRGS, Pesquisa em Geociências,* **32**(1):27-35.

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

RISSATO, S.R.; LIBÂNIO M.; GIAFFERIS G.P.; GERENUTTI, M. 2004. Determinação de Pesticidas e Organoclorados em Água de Manancial, Água Potável e Solo na Região de Bauru (SP)**.** *Quím. Nova,* **27**(5):739-743.

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

TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L.; BENETTI, A.; LANNA, A.E.L.; BIDONE, F.R.A. 1997. *Hidrologia*. 2ª ed., Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS, ABRH - Nacional, 943 p.

Submissão: 26/02/2008
Aceite: 01/04/2009