

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

**Júlio César Macedo**

**Qualidade das Águas do Rio dos Sinos**

Novo Hamburgo, 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

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

**Júlio César Macedo**

**Qualidade das Águas do Rio do Sinos**

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

**Orientador:** Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues

**Novo Hamburgo, 2010**

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Macedo, Júlio César

Qualidade das águas do Rio dos Sinos / Júlio César Macedo. – 2009.  
181 f. : il ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Feevale, Novo  
Hamburgo-RS, 2009.

Inclui bibliografia.

“Professor Orientador: Marco Antônio Siqueira Rodrigues”.

1. Água - Análise. 2. Água - Poluição. 3. Rio dos Sinos (RS). I.  
Título.

CDU 543.3

Bibliotecária responsável: Paola Martins Cappelletti – CRB 14/1087

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

**Júlio César Macedo**

**Qualidade das Águas do Rio do Sinos**

Dissertação de mestrado a ser avaliada pela banca examinadora em 28 de agosto de 2009, buscando conferir ao autor o título de mestre em: Qualidade Ambiental.

**Componentes da Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Marco Antonio Siqueira Rodrigues

Centro Universitário Feevale

Prof. Dr. Álvaro Meneguzzi

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Roberto H. Naime

Centro Universitário Feevale

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Dr. Marco Antônio pela amizade e parceria na minha pesquisa.

Ao Centro Universitário FEEVALE por disponibilizar suas estruturas de pesquisa e fornecer condições para a realização das determinações físico-químicas e microbiológicas.

À Prof. Liane, a Clariane, Scheilas, a Naira e ao Filipe pela colaboração e competência no atendimento das demandas da realização dos ensaios laboratoriais da minha pesquisa.

Ao Colega e Prof. Carlos Nascimento pela troca de idéias e de experiências durante a elaboração da dissertação.

À FEPAM e especialmente ao Químico Enio Leite pelo pronto atendimento nas solicitações de dados e informações.

Ao Felipe do CPRM pela disponibilidade de dados referentes à pesquisa.

À COMUSA e ao SEMAE pela disponibilização de informações.

E DE FORMA MUITO ESPECIAL, à minha família, meu pai Ary (in memória) e minha mãe Marlene, bases de formação de meu caráter, à minha esposa e companheira Carla que em conjunto com minhas filhas Ana Paula e Daniela foram incondicionais em demonstrar compreensão e apoio nesta minha proposta de estudo.

## RESUMO

Os rios principais de bacias hidrográficas, que drenam grandes áreas e regiões, passando por centros urbanos e rurais com atividades antrópicas variadas e com usos múltiplos, são essenciais para todo e qualquer planejamento de desenvolvimento sustentável. Estudos indicam que o rio dos Sinos, situado no estado do Rio Grande do Sul – Brasil, que drena a bacia hidrográfica do mesmo nome, é o rio mais poluído da bacia hidrográfica do Guaíba. Com extensão aproximada de 190 km de curso de água, o rio dos Sinos é cenário de constantes conflitos entre seus usuários. Os conflitos gerados pelos usos múltiplos da água determinam interesses cada vez maiores pela abordagem sistêmica do gerenciamento da qualidade da água. Sensível a estes aspectos, este trabalho tem o objetivo de identificar o comportamento da qualidade da água do rio dos Sinos ao longo de um monitoramento mensal realizado durante um ano. Foram realizadas amostras em quatro pontos selecionados do rio, sendo realizadas análise de pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez, coliformes fecais, sólidos totais, temperatura, nitrato, fosfato, cromo, chumbo, alumínio, zinco, ferro e cobre. Os resultados foram avaliados individualmente e receberam tratamento estatístico. Através da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 foi verificada a qualidade da água em relação a suas restrições de uso. Utilizou-se um Índice de Qualidade das Águas (IQA) para buscar a determinação da qualidade do corpo hídrico. O trabalho utilizou dados secundários da Agência Nacional das Águas (ANA) para verificar possíveis correlações de vazão com os parâmetros analisados e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM) para comparar com os resultados obtidos nas análises realizadas na pesquisa. As condições sanitárias encontradas no rio dos Sinos, principalmente no trecho inferior, são preocupantes e foram demonstradas nos resultados de qualidade da água como nas observações realizadas ao longo das saídas de campo para realização de coletas.

Palavras Chave: Monitoramento; Rio do Sinos; Poluição; IQA; Qualidade da Água.

## ABSTRACT

The main rivers of the hydrographical basins which drain great areas and regions, passing by urban and rural centers with several anthropic activities and multiple uses, are essential to all or any plan of maintainable development. Studies indicate that Sinos river, situated in Rio Grande do Sul — Brazil, which drains the hydrographical basin with the same name, is the most polluted river of the basin of Guaíba. With an extension of about 190 Km of water course, Sinos River is a stage of constant conflicts among its users. The conflicts, due to the multiple uses of the water, determine interests which are every day bigger and bigger for the systemic approach of the water quality control. Sensitive to these aspects, this work has, as a goal, to identify the dos Sinos River water quality behavior throughout a monthly control, which was accomplished for one year. It was accomplished sampling seat at four selected points of the river. The determinations done were pH, dissolved oxygen, biochemist oxygen demand (BOD), turbidity, fecal coliforms, total solids, temperature, nitrate, phosphate chromium, lead, aluminum, zinc, iron and copper. The results were individually appraised and received statistic treatment. According to CONAMA 357 resolution of 2005, the water quality was verified concerning its use restrictions. A water quality index was used to determine the quality of this hydric body. The work used secondary data of the National Agency of Water to verify the possible flow correlations with the analyzed parameters and from the Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roesler — RS (FEPAM) to compare with the obtained results in the chemical analysis. The sanitary conditions discovered in dos Sinos River, mostly at the lower stretch, are worrying and were demonstrated on the results of the water quality, as well as, on the observations done during the field-work to collect sampling.

Key Words: Monitoring; dos Sinos River; Pollution; IQA; Water quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfil de uma bacia hidrográfica.....	23
Figura 2 – Apresentação das Bacias Hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, com destaque para a bacia hidrográfica do Sinos. ....	28
Figura 3 – Evolução das leis estaduais que estabeleceram as políticas e recursos hídricos no Brasil.....	30
Figura 4 – Evolução da criação de comitês de bacia hidrográficas no Brasil.....	31
Figura 5 - Relação entre condensação de dados e audiência. ....	35
Figura 6 – Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos.....	42
Figura 7 – Nascente do Rio dos Sinos no município de Caráa. ....	42
Figura 8 - Vista da parte superior da primeira queda de água do rio dos Sinos junto as suas nascentes.....	43
Figura 9 - Vista da segunda grande queda de água do rio dos Sinos junto as suas nascentes.....	43
Figura 10 – Vista do trecho médio do rio dos Sinos, apresentando ocupação rural. ....	44
Figura 11 – Rede de transposição entre a bacia do rio Caí e bacia do rio dos Sinos. ....	45
Figura 12 – Vista aérea parcial da zona urbana do município de São Leopoldo. ....	45
Figura 13 – Mortandade de peixes no Rio dos Sinos – Outubro/2006.....	47
Figura 14 – Etapas desenvolvidas na pesquisa. ....	52
Figura 15 – Ponto de monitoramento FEPAM e cascata do rio dos Sinos.....	55
Figura 16 – Ponto de monitoramento Pesquisa P02. ....	55
Figura 17 – Vista aérea do ponto de monitoramento P03, junto à foz do arroio Gauchinho em Novo Hamburgo.....	56
Figura 18 – Localização relativa entre a foz dos Arroios Luiz Rau e Arroio Gauchinho. ....	56
Figura 19 – Ponto de coleta P04, identificado como Sapucaia na imagem.....	57
Figura 20 – Momento de Coleta de amostras. ....	60
Figura 21 – Determinação de $DBO_5$ .....	60
Figura 22 – Inoculação microbiológica de amostra coletada. ....	61
Figura 23 – Gráfico de níveis do rio dos Sinos no ponto de captação de água da COMUSA durante o período de pesquisa. ....	66
Figura 24 – Comportamento por coleta dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa. ....	66
Figura 25 – Comportamento por ponto de coleta dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa.....	67
Figura 26 – Resultados do parâmetro $DBO_5$ do monitoramento da pesquisa.....	68
Figura 27 – Os resultados do parâmetro $DBO_5$ do monitoramento da FEPAM.....	68
Figura 28 – Comparativo entre vazões média e máximas mensais com a concentração de $DBO_5$ no ponto P03 da pesquisa.....	69
Figura 29 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01. ....	72
Figura 30 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01. ....	73
Figura 31 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P03. ....	74
Figura 32 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P04. ....	75
Figura 33 – Percentual de ocorrência de classes para P01. Monitoramento da pesquisa. ....	76

<b>Figura 34 – Percentual de ocorrência de classes para P02. Monitoramento da pesquisa.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 35 – Percentual de ocorrência de classes para P03. Monitoramento da pesquisa.</b>	<b>77</b>
<b>Figura 36 – Percentual de ocorrência de classes para P04. Monitoramento da pesquisa.</b>	<b>77</b>
<b>Figura 37 – Frequência de ocorrência de classes da Resolução CONAMA 357/05.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 38 – Comportamento dos resultados por ponto de coleta - monitoramento da pesquisa. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 39 – Comportamento por ponto dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa. ....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 40 – gráfico de caixas referente aos valores de concentração de Coliformes Fecais (E.C.) apurados no monitoramento da Pesquisa.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 41 – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de Coliformes Termotolerantes apurados no monitoramento da FEPAM (2000-2008).....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 42 – Vazões e concentração de coliformes fecais (e.c.) no P03 ao longo do monitoramento.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 43 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01. ....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 44 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P02, P03 e P04.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 45 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P01, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 46 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P02, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 47 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P03, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 48 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P04, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 49 – Frequência de ocorrência de classes da Resolução CONAMA 357/05 para o parâmetro Coliformes termotolerantes no monitoramento da FEPAM (1990-2009). ....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 50 – Comportamento dos resultados por ponto de coleta - monitoramento da pesquisa. ....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 51 – Comportamento por ponto dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa. ....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 52 – Variação de vazão no P03 e nível na captação da COMUSA no período de ocorrência da menor concentração de concentração de oxigênio no ponto. ....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 53 – Imagem do P03 na data de coleta de ocorrência da menor de concentração de oxigênio no ponto P03 (26/05/08).....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 54 – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de O.D. apurados no monitoramento da Pesquisa. ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 55 – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de O.D. apurados no monitoramento da FEPAM (2000-2008). ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 56 – variação da concentração de O.D. na água verificada no P03 coma vazão do Rio dos Sinos apurada no ponto V3.....</b>	<b>98</b>

Figura 57 – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P01.....	99
Figura 58 – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P02.....	99
Figura 59 – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P03.....	100
Figura 60 – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P04.....	101
Figura 61 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P01, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa. ....	102
Figura 62 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P02, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa. ....	102
Figura 63 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P03, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa. ....	103
Figura 64 – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P04, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa. ....	103
Figura 65 – Frequência de ocorrência de classes da resolução CONAMA 357/05 para o parâmetro O.D. no monitoramento da FEPAM (1990-2009).....	104
Figura 66 – Resultados para o parâmetro turbidez por coleta realizada. ....	105
Figura 67 – Resultados para o parâmetro turbidez por ponto monitorado. ....	106
Figura 68 – Coleta realizada no P01 no dia 18/08/2008. ....	107
Figura 69 – Coleta realizada no P01 no dia 16/10/2008. ....	107
Figura 70 – Coleta realizada no P01 no dia 24/10/2007. ....	108
Figura 71 – Coleta realizada no P01 no dia 25/09/2008. ....	108
Figura 72 – Coleta realizada no P02 em 18/08/2008.....	109
Figura 73 – Coleta realizada no P02 em 24/10/2007.....	109
Figura 74 – Gráfico de caixas dos resultados de turbidez do monitoramento da Pesquisa. ....	110
Figura 75 – Gráfico de caixas dos resultados de turbidez do monitoramento da FEPAM. ....	111
Figura 76 – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P01.....	113
Figura 77 – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P02.....	114
Figura 78 – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P03.....	115
Figura 79 – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P04.....	115
Figura 80 – Resultados para o parâmetro turbidez no P01 e P03 (CONAMA 357/05).116	
Figura 81 – Resultados para o parâmetro turbidez no P02 (CONAMA 357/05). ....	117
Figura 82 – Resultados para o parâmetro turbidez no P04 (CONAMA 357/05). ....	117
Figura 83 – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa. ....	119
Figura 84 – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa, com sua média. ....	119
Figura 85 – Variação de pH com a variação das vazões medidas no V1.....	120
Figura 86 – Gráfico do comportamento do parâmetro do pH monitorado na pesquisa. ....	121
Figura 87 – Gráfico do comportamento do parâmetro do pH monitorado pela FEPAM. ....	121

Figura 88 – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P01 monitorados por esta pesquisa. ....	124
Figura 89 – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P02 monitorados por esta pesquisa. ....	124
Figura 90 – resultados para os parâmetro pH no Ponto P03 monitorado por esta pesquisa. ....	125
Figura 91 – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P03 monitorado por esta pesquisa. ....	125
Figura 92 – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa, relacionados com a Resolução CONAMA 357/05. ....	126
Figura 93 – Resultados das concentrações de Nitrato ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo as médias. ....	127
Figura 94 – Resultados para o parâmetro Nitrato nos pontos monitorados da pesquisa, incluindo as médias. ....	127
Figura 95 – Gráfico do comportamento do parâmetro nitrato monitorado na pesquisa. ....	128
Figura 96 – Variação da concentração de nitrogênio total com a vazão do Rio dos Sinos no ponto P03. ....	129
Figura 97 – Resultados para o parâmetro nitrato no P01 do monitoramento da pesquisa. ....	130
Figura 98 – Resultados para o parâmetro nitrato no P02 monitorado por esta pesquisa. ....	131
Figura 99 – Resultados para o parâmetro nitrato no P03 monitorado na pesquisa. ....	131
Figura 100 – Resultados para o parâmetro nitrato no P04 monitorado na pesquisa. ..	132
Figura 101 – Resultados para o parâmetro nitrato no P04 monitorado na pesquisa. ..	133
Figura 102 – Resultados das concentrações de fósforo total ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo as médias. ....	134
Figura 103 – Resultados para o parâmetro fósforo total nos pontos monitorados da pesquisa, incluindo as médias. ....	134
Figura 104 – Gráfico do comportamento do parâmetro fósforo total monitorado na pesquisa. ....	135
Figura 105 – Gráfico do comportamento do parâmetro fósforo total monitorado na FEPAM. ....	135
Figura 106 – Gráfico da variação da vazão média dos 08 dias anteriores a data da coleta com a concentração de fósforo total ao longo do monitoramento da pesquisa, no P03. ....	136
Figura 107 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. ....	138
Figura 108 – Coleta realizada em 24/04/08 - P01. ....	139
Figura 109 – Coleta realizada em 18/08/08 - P01. ....	139
Figura 110 – Resultados do IQA do parâmetro fosfato no P02 do monitorado na pesquisa. ....	140
Figura 111 – Coleta realizada em 18/08/08 - P02. ....	140
Figura 112 – Coleta realizada em 24/04/08 - P02. ....	141
Figura 113– Resultados do IQA do parâmetro fosfato no P03 do monitorado na pesquisa. ....	142
Figura 114 – Resultados do IQA do parâmetro fosfato no P04 do monitorado na pesquisa. ....	142
Figura 115 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. ....	143

Figura 116 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P02 do monitoramento da pesquisa. ....	144
Figura 117 – Resultados para o parâmetro fósforo total no P03 monitorado na pesquisa. ....	144
Figura 118 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P04 do monitoramento da pesquisa. ....	145
Figura 119 – Resultados para o parâmetro sólidos totais por coleta realizada ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo sua média.....	146
Figura 120 – Resultados para o parâmetro sólidos totais por coleta realizada ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo sua média.....	146
Figura 121 – Gráfico de variação de vazão no V3 da pesquisa, referente ao mês de agosto de 2008. ....	147
Figura 122 – Gráfico de caixas dos resultados de sólidos totais do monitoramento da pesquisa. ....	148
Figura 123 – Gráfico de caixas dos resultados de sólidos totais do monitoramento da FEPAM. ....	148
Figura 124 – Resultados para o parâmetro sólidos totais para o P01, do monitoramento da pesquisa. ....	151
Figura 125 – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P02, do monitoramento da pesquisa. ....	151
Figura 126 – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P03, do monitoramento da pesquisa. ....	152
Figura 127 – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P04, do monitoramento da pesquisa. ....	152
Figura 128 – Resultados do cálculo de IQA-GERAL para o P01, do monitoramento da pesquisa. ....	153
Figura 129 – Resultados do cálculo de IQA geral para o P02, do monitoramento da pesquisa. ....	154
Figura 130 – Resultados do cálculo de IQA geral para o P03, do monitoramento da pesquisa. ....	155
Figura 131 – Resultados do cálculo de IQA geral para o P04, do monitoramento da pesquisa. ....	156
Figura 132 – Gráfico da variação do IQA-GERAL da pesquisa por data de coleta. ....	157
Figura 133 – Gráfico da variação do IQA-Geral da pesquisa por ponto de coleta. ....	157
Figura 134 – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P01 do monitoramento da pesquisa. ....	158
Figura 135 – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P02 do monitoramento da pesquisa. ....	159
Figura 136 – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P03 do monitoramento da pesquisa. ....	159
Figura 137 – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P04 do monitoramento da pesquisa. ....	160
Figura 138 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P01, P02, P03 e P04. ....	162
Figura 139 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01. ....	162
Figura 140 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P02. ....	163

<b>Figura 141 – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P03. ....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 142 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P04. ....</b>	<b>164</b>
<b>Figura 143 – Resultados para o IQA do parâmetro ferro no P01 do monitoramento da pesquisa.- Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01. ....</b>	<b>165</b>
<b>Figura 144 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P02. ....</b>	<b>165</b>
<b>Figura 145 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P03. ....</b>	<b>166</b>
<b>Figura 146 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P04. ....</b>	<b>166</b>
<b>Figura 147 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01. ....</b>	<b>167</b>
<b>Figura 148 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P02. ....</b>	<b>168</b>
<b>Figura 149 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P03. ....</b>	<b>168</b>
<b>Figura 150 – Variação da concentração de cobre e da vazão média mensal do P03 de cada coleta da pesquisa. ....</b>	<b>169</b>
<b>Figura 151 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P04. ....</b>	<b>169</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes e seus usos preponderantes segundo Resolução CONAMA 357/2005. .....	26
Tabela 2 - Parâmetros de qualidades de água doce, segundo CONAMA 357/2005, avaliados neste trabalho.....	27
Tabela 3 - Legislação Estadual de recursos hídricos e meio ambiente entre os anos de 1994 - 2006.....	31
Tabela 4 - Índices de Qualidade da Água.....	36
Tabela 5 - Pontos monitorados pela Rede Integrada do Pró-Guaíba.....	50
Tabela 6 - Saídas de Campo. ....	53
Tabela 7 - Localização e identificação dos pontos de monitoramento.....	54
Tabela 8 - Cronograma de realização de coletas realizadas.....	58
Tabela 9 - Localização geográfica das estações fluviométricas no rio dos Sinos.....	58
Tabela 10 - Parâmetros analisados na FEEVALE no início da pesquisa, com sua unidade, metodologia utilizada na determinação e o limite de detecção do método utilizado. ....	59
Tabela 11 - Pesos atribuídos aos parâmetros analisados para cálculo do IQA. ....	62
Tabela 12 - Classificação da Qualidade da água conforme IQA com a cor referência...	63
Tabela 13 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da Pesquisa. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	70
Tabela 14 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	71
Tabela 15 - Valores máximos dos monitoramentos.....	71
Tabela 16 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado. ....	84
Tabela 17 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	84
Tabela 18 - Valores máximos dos monitoramentos.....	85
Tabela 19 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do trabalho. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	96
Tabela 20 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	98
Tabela 21 - Concentrações de O.D. verificadas nos monitoramentos. ....	98
Tabela 22 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da Pesquisa. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam	

diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....	122
<b>Tabela 23 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....</b>	<b>123</b>
<b>Tabela 24 - Comparativo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM e da pesquisa.....</b>	<b>123</b>
<b>Tabela 25 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da pesquisa. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....</b>	<b>130</b>
<b>Tabela 26 – Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da pesquisa. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....</b>	<b>137</b>
<b>Tabela 27 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....</b>	<b>137</b>
<b>Tabela 28 - Comparativo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM e da pesquisa.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabela 29 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado. ....</b>	<b>149</b>
<b>Tabela 30 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado.....</b>	<b>149</b>
<b>Tabela 31 - Concentrações de sólidos totais verificadas nos monitoramentos.....</b>	<b>150</b>
<b>Tabela 32 - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (*) – número de amostras; (**) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (&gt;) ou menos (&lt;) nas médias dos resultados do ponto avaliado. ....</b>	<b>158</b>

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1 – IQA.....</b>	<b>61</b>
<b>Equação 2 – Peso correspondente ao iésimo parâmetro em função da importância para determinação do Índice Geral de Qualidade da água.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE SIGLAS

**ABES** - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária  
**ANA** - Agência Nacional de Águas  
**ARH** – Agência de Regiões Hidrográficas  
**CAESB** - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal  
**CGBH** - Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas  
**CETESB** - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – SP  
**COMITESINOS** - Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos  
**COMUSA** - Serviço Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo.  
**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
**CONSEMA** - Conselho Estadual do Meio Ambiente  
**COPASA** - Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
**COPPE** - Instituto Alberto Luís Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia  
**CPRH - PE** - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco  
**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
**CRH** - Conselho de Recursos Hídricos  
**CRNH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
**CORSAN** - Companhia Riograndense de Saneamento  
**DMA** - Departamento de Meio Ambiente  
**DMAE** - Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre  
**DNOS** - Departamento Nacional de Obras e Saneamento  
**DRH** - Departamento de Recursos Hídricos – RS  
**EBA** - Estação de Bombeamento de Água  
**ETA** - Estação de Tratamento de Água  
**ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto  
**FEAM** - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais  
**FEPAM** - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler  
**GPS** - *Global Positioning Satellite*  
**IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**METROPLAN** - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional do I Grande do Sul  
**MONALISA** – Projeto de Monitoramento de Alterações Ambientais em Arroios  
**NMP** - Número Mais Provável  
**NSF** - National Sanitation Foundation

**OD** – Oxigênio Dissolvido

**OECD** - Organisation for Economic Co-operation and Development

**PERH** - Plano Estadual de Recursos Hídricos

**PNMA** - Programa Nacional do Meio Ambiente

**SABESP** - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

**SANEPAR** - Companhia de Saneamento do Paraná

**SEMA** - Secretária estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul

**SERH** - Sistema Estadual de Recursos Hídricos

**NTU** - Unidade de Turbidez

**UFRGS** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**UFRJ** - Universidade Federal do Rio de Janeiro

**UFMS** - Universidade Federal de Santa Maria

**VMP** - Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	23
2.2 LEGISLAÇÕES RELACIONADAS.....	24
2.2.1 <i>Legislação Federal</i> .....	24
2.2.2 <i>Legislação Estadual</i> .....	28
2.3 ÍNDICES DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	33
2.3.1 <i>Aplicação de um Índice de Qualidade da Água na Gestão de Recursos Hídricos</i> .	33
2.3.2 <i>Principais Índices de Qualidade de Águas</i> .....	35
2.3.3 <i>Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos</i> .....	40
3 ESTUDOS E PESQUISAS DISPONÍVEIS SOBRE O TEMA.....	46
4 MATERIAIS E MÉTODOS	
4.1 PERCEPÇÃO AMBIENTAL E LEVANTAMENTO DE DADOS GERAIS.....	52
4.2 MONITORAMENTO DO RIO .....	54
4.2.1 <i>Definição de Pontos e Frequência de Coletas</i> .....	54
4.2.2 <i>Vazões de Referência Para os Pontos de Estudo</i> .....	58
4.2.3 <i>Determinações físico-químicas</i> .....	59
4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO RIO DOS SINOS .....	61
4.4.1 <i>Índice de Qualidade de Água</i> .....	61
4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
5.1 VARIAÇÕES DE NÍVEIS DE ÁGUA DO RIO DOS SINOS.....	65
5.2 DBO <sub>5</sub> .....	66
5.2.1 <i>Concentrações de DBO<sub>5</sub> - Monitoramentos da Pesquisa e da FEPAM</i> .....	66
5.2.2 <i>Testes estatísticos para o parâmetro DBO<sub>5</sub></i> .....	70
5.2.3 <i>Índice de Qualidade da Água do Monitoramento da Pesquisa - IQA da DBO<sub>5</sub></i> .....	72
5.2.4 <i>Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de DBO<sub>5</sub> encontrados no monitoramento da pesquisa e da FEPAM</i> .....	75
5.3 PARÂMETRO COLIFORMES FECAIS ( <i>ESCHERICHIA COLI – E.C.</i> ) .....	79
5.3.1 <i>Coliformes Fecais – Resultados do Monitoramento da Pesquisa</i> .....	79
5.3.2 <i>Testes estatísticos para o parâmetro Coliformes Fecais</i> .....	83
5.3.3 <i>Índice de Qualidade da Água do Monitoramento da Pesquisa – COLIFORMES FECAIS (E.C.)</i> .....	85
5.3.4 <i>Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de coliformes fecais (e.c.) encontrados no monitoramento da pesquisa e com base nos resultados de análises de coliformes termotolerantes do monitoramento da FEPAM</i> .....	87
5.4 PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO (O.D.) .....	91
5.4.1 <i>O.D. – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM</i> .....	91
5.4.2 <i>Testes estatísticos para o parâmetro O.D.</i> .....	96
5.4.3 <i>IQA – O.D.</i> .....	98
5.4.4 <i>Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de O.D. encontrados no monitoramento realizado e do monitoramento da FEPAM</i> .....	101
5.5 PARÂMETRO TURBIDEZ .....	105
5.5.1 <i>Turbidez – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM</i> .....	105

5.5.2 Testes estatísticos para o parâmetro Turbidez.....	111
5.5.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – Turbidez.....	113
5.5.4 Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de Turbidez encontrados no monitoramento da pesquisa e no monitoramento da FEPAM.....	116
5.6 PARÂMETRO PH.....	118
5.6.1 pH – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM.....	118
5.6.2 Testes estatísticos para o parâmetro pH.....	122
5.6.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – pH.....	123
5.6.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de pH encontrados no monitoramento da pesquisa e no monitoramento da FEPAM.....	126
5.7 PARÂMETRO NITROGÊNIO TOTAL E NITRATO.....	126
5.7.1 Nitrato – Monitoramento da Pesquisa.....	126
5.7.2 Testes estatísticos para o parâmetro Nitrato.....	129
5.7.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa (FEEVALE) – Nitrato.....	130
5.7.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de nitrato encontrados no monitoramento da pesquisa.....	132
5.8 PARÂMETRO FÓSFORO E FOSFATO.....	133
5.8.1 Fósforo total e fosfato – Monitoramentos da Pesquisa e da FEPAM.....	133
5.8.2 Testes estatísticos para o parâmetro fósforo total.....	136
5.8.3 IQA do Monitoramento da pesquisa – Fosfato.....	138
5.8.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de fósforo total encontrados no monitoramento da pesquisa.....	143
5.9 PARÂMETRO SÓLIDOS TOTAIS.....	145
5.9.1 Sólidos Totais – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM.....	146
5.9.2 Testes estatísticos para o parâmetro Sólidos Totais.....	149
5.9.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – Sólidos Totais.....	150
5.10 - PARÂMETRO TEMPERATURA.....	153
5.11 INDICE GERAL DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOS SINOS.....	153
5.11.1 IQA verificado na Pesquisa.....	153
5.11.2 Testes estatísticos para o IQA Geral.....	157
5.11.3 Distribuição percentil dos resultados de IQA-Geral da pesquisa.....	158
5.12 COMPORTAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DO RIO DOS SINOS CONFORME A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05.....	160
5.13 METAIS MONITORADOS NA PESQUISA – CLASSIFICAÇÃO CONFORME A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 – RIO DOS SINOS.....	161
5.13.1 Chumbo, zinco e cromo.....	161
5.13.2 Alumínio.....	162
5.13.3 Ferro.....	164
5.13.3 Cobre.....	167
6 CONCLUSÕES.....	171
7 RECOMENDAÇÕES.....	173
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o meio ambiente passou a ser uma preocupação significativa para a sociedade brasileira. O artigo 225 da Constituição Federal do Brasil (BRASIL, 1988) veio ao encontro destes movimentos da sociedade definindo que “todos tem direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado” e que este meio ambiente “é um bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida”.

De forma mais recente, a água, assim como o saneamento básico, tem se demonstrado como um dos eixos centrais das discussões ambientais, econômicas e sociais.

A água é elemento fundamental de todas as manifestações da vida. Representa  $\frac{3}{4}$  da superfície da terra e está presente no interior ou exterior de qualquer célula, sendo que, de toda água existente em nosso planeta, apenas 3% são de água doce, desta pequena fração apenas 15% estão disponíveis no planeta (TUNDISI, 2003).

A situação da disponibilidade da água no planeta está longe da abundância e do acesso irrestrito que outrora era associado à imagem do “planeta água”. Observa-se que os aspectos técnicos e econômicos ainda são impeditivos para o uso em alta escala da água desalinizada, embora alguns países do oriente médio a façam (BARLOW e CLARKE 2003).

As características essenciais de volume de água superficial ou subterrânea são a sua mobilidade e instabilidade. A fase mais importante destes ciclos para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização. À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo adicionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de tal forma que ao ciclo hidrológico, superpõe-se um ciclo hidrosocial de grande dimensão e impacto ecológico e econômico (TUNDISI, 2003).

Atualmente, o impacto do homem sobre os recursos hídricos e meio ambiente são significativos, pois tradicionalmente os rios são utilizados para diluir e afastar os efluentes resultantes das atividades humanas. Outras atividades antrópicas, como o desmatamento e a urbanização de áreas de drenagem das bacias hidrográficas contribuem para a degradação da qualidade e para aumento da concentração de resíduos na água de escoamento (CUNHA *et. al.*, 2005).

A legislação vigente promove o uso múltiplo da água, devendo este ser racional para que uma determinada utilização não prejudique outras. Neste sentido o monitoramento de corpos hídricos disponibiliza informações essenciais na gestão das bacias hidrográficas,

possibilitando diagnósticos de cenários atuais e comportamento das condições ambientais visando manter o equilíbrio e a preservação ambiental.

Informações divulgadas pela FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM, 2009) indicam que o rio dos Sinos, é o mais poluído da Bacia hidrográfica do Guaíba. Esta conclusão é baseada em estudos e pesquisas e principalmente em programas de monitoramentos do rio que permitem o cálculo de índice de qualidade de água e enquadramento de classe para fins de uso conforme a legislação vigente.

O relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, publicado pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2009), descreve que, nos rios com alta disponibilidade hídrica no Brasil, o problema está mais relacionado à elevada carga orgânica associada à elevada densidade populacional das regiões metropolitanas. O mesmo relatório destaca que além das bacias do nordeste do Brasil que apresentam condições mais críticas para assimilação de esgotos domésticos, por se encontrarem em regiões semi-áridas com grande proporção de rios intermitentes que não possuem capacidade de assimilar cargas de esgoto, as principais áreas críticas de qualidade de água se localizam nas bacias dos rios Tietê e Piracicaba (São Paulo), rio das Velhas e rio Verde Grande (Minas Gerais), rio Iguaçu (Paraná), rio Meia Ponte (Goiás), rio dos Sinos (Rio Grande do Sul), rio Anhanduí (Mato Grosso do Sul).

O Comitê de Bacia do rio dos Sinos (COMITESINOS, 1999) descreve que as características químicas e microbiológicas das águas do rio dos Sinos são de importância fundamental para a garantia da saúde humana, visto que este rio é o manancial de captação direta de água para o consumo humano de 11 municípios.

Os usos múltiplos da água geram conflitos determinando um interesse cada vez maior pela abordagem sistêmica do gerenciamento da qualidade da água (CUNHA, *et al.* 2005). A contaminação das águas por substâncias químicas aumenta o custo de tratamento da água potável (FILIZOLA *et al.* 2002) e o plantio irrigado retira quantidade significativa de água dos mananciais.

Programas de monitoramento ambiental possibilitam a prevenção da degradação da qualidade da água, agindo como principal ferramenta de gerenciamento da qualidade das águas do curso de água.

O grande número de habitantes da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, o não tratamento dos esgotos em quase a totalidade dos municípios que compõe a bacia, o uso de suas águas para a irrigação e o grande número de indústrias instaladas nesta bacia hidrográfica, são fatores relevantes e justificam o monitoramento das características físico-químicas e microbiológicas das suas águas.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um cenário da qualidade da água em trechos diferenciados do rio dos Sinos, através da avaliação de resultados obtidos em monitoramento físico, químico e biológico dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, fósforo, nitrogênio, turbidez, temperatura, cloretos e coliformes fecais, realizado em quatro pontos ao longo de um monitoramento de aproximadamente um ano. Estes parâmetros foram utilizados para determinação de um índice de qualidade da água e para enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA/2005). Paralelamente a este objetivo principal, foi buscado identificar aspectos que possam interferir na variação dos resultados analíticos obtidos, como condições ambientais ou influências de vazões dos períodos de coleta.

Este trabalho de monitoramento espera ainda contribuir para o planejamento da gestão hídrica da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, auxiliar no estabelecimento de metas e na elaboração de planos de ação para a condição ideal de usos das águas desta importante bacia hidrográfica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Um método que vem sendo amplamente utilizado para gestão dos recursos hídricos adota a bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e gestão, ao contrário de serem adotadas unidades de caráter político-administrativo como o estado, município e outros (LAURA, 2004). Esta tendência se deve ao papel integrador dos recursos hídricos nos aspectos físico, bioquímico e sócio-econômico e a que este método possibilita analisar a maioria das relações causa-efeito dos processos (LANNA, 2000).

Cada bacia ou micro-bacia hidrográfica possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, é importante o desenvolvimento de trabalhos de campo para a obtenção de indicadores de qualidade de água que reflitam as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (TOLEDO, 2002).

Dentre os vários conceitos de Bacia Hidrográfica pode ser citado um de concepção hidrológica: "a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água tal que todos os caudais efluentes sejam descarregados através de uma única saída" (LENCASTRE, 1992).

A Figura 1 apresenta o perfil de uma bacia hidrográfica.



**Figura 1** – Perfil de uma bacia hidrográfica.

**Fonte** – XXVII SEMAGEO, UFSC, 2007.

Os principais componentes das bacias hidrográficas – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e àquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Neste sistema, os recursos hídricos constituem-se indicadores dos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes. Por esse motivo as bacias e sub-bacias hidrográficas vêm-se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental (SOUZA e FERNANDES, 2000).

## **2.2 LEGISLAÇÕES RELACIONADAS**

### **2.2.1 Legislação Federal**

O Código das Águas do Brasil, de 10 de julho de 1934, define no art. 109 – “a ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros; e, no art. 110 – “os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores, que, além, da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem e pelas multas que lhes forem impostas nos regulamentos administrativos” (BRASIL, 1934).

Promulgada em 1988, a Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988) em vigência modificou em vários aspectos o Código das Águas. Uma das principais alterações foi à extinção de alguns casos previstos pelo instrumento legal do domínio privado da água, definindo que todos os corpos d’água são de domínio público. Uma série de outras modificações também foram introduzidas, em relação ao antigo Código das Águas.

Por sua vez, a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, (BRASIL, 1997) institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e estabelece de forma geral princípios de gestão de recursos hídricos como: gestão por bacia hidrográfica, usos múltiplos, uso prioritário; valor econômico; gestão descentralizada e participativa; água como bem finito e vulnerável.

Dentre os objetivos que devem nortear a consecução da PNRH está aquele de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (art. 2º, cap. II, lei 9.433). Da mesma forma faz

parte das diretrizes de ação do SNGRH à gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental (art. 3º, cap. III, lei 9.433).

Como instrumentos da PNRH, a Lei 9.433/97 estabeleceu (BRASIL, 1997):

- Os planos de recursos hídricos (planos de bacia hidrográfica, planos estaduais de recursos hídricos e o plano nacional de recursos hídricos);
- A outorga de direito de uso dos recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- O enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- O sistema nacional de informações sobre recursos hídricos.

O artigo 7º, da Lei 9.433/97, (BRASIL, 1997) descreve que os planos de recursos hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

- Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- Prioridade para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes tem como norma disciplinadora a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº12/2000 (CNRH, 2000). Esta resolução em seu artigo 1º, inciso I, define enquadramento como "o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento do corpo de água ao longo do tempo", ou seja, o enquadramento não significa identificar sua classe atual e sim propor que seja atingido ou mantido um nível de qualidade

(classe) em determinado período, de acordo com os usos a que se destina o recurso hídrico superficial.

Apesar desta premissa, os parâmetros definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) são aplicados para diagnóstico de cenário, subsidiando prioridades para adequação do planejamento da bacia hidrográfica.

O artigo 9º, da Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997) descreve que os objetivos principais do enquadramento dos rios em classes são: "assegurar a qualidade da água compatível com os usos mais exigentes a que se destinam e diminuir os custos do combate à poluição mediante adoção de ações preventivas permanentes".

A classificação das águas é definida por um conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. A Resolução número 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) define como cinco as classes possíveis para águas doces superficiais. A Tabela 1 mostra as classes de enquadramento conforme usos.

**Tabela 1 - 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.

Os padrões de qualidade para enquadramento das águas são definidos conforme a Tabela 2

**Tabela 2** - Parâmetros de qualidades de água doce, segundo CONAMA 357/2005, avaliados neste trabalho.

Parâmetros	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio	mg/l O <sub>2</sub>	>= 6,0	>= 5,0	>= 4,0	> 2,0
Coliformes Fecais	NMP/100ml	200	1.000	4.000	(-)
PH	(-)	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
DBO <sub>5,20</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	<= 3,0	<= 5,0	<= 10,0	(-)
Nitrato	mg/l N	10	= Classe 1	= Classe 1	(-)
Fósforo Total	mg/l P	Lêntico 0,02	Lêntico 0,03	Lêntico 0,05	( - )
		Intermitente 0,025	Intermitente 0,05	Intermitente 0,075	
		Lótico 0,1	Lótico 0,1	Lótico 0,15	
Turbidez	UNT	<= 40	<= 100	<= 100	(-)
Sólid. Totais	mg/l	500	500	500	(-)
Cobre	mg/l Cu	0,009	0,009	0,013	(-)
Cromo total	mg/l Cr	0,5	0,05	0,05	(-)
Alumínio	mg/l Al	0,1	= classe 1	0,2	(-)
Chumbo	mg/l Pb	0,01	= classe 1	0,033	(-)
Ferro	mg/l Fe	0,3	= classe 1	5	(-)
Níquel	mg/l Ni	0,025	0,025	0,025	(-)
Zinco	mg/l Zn	0,18	0,18	5,0	(-)

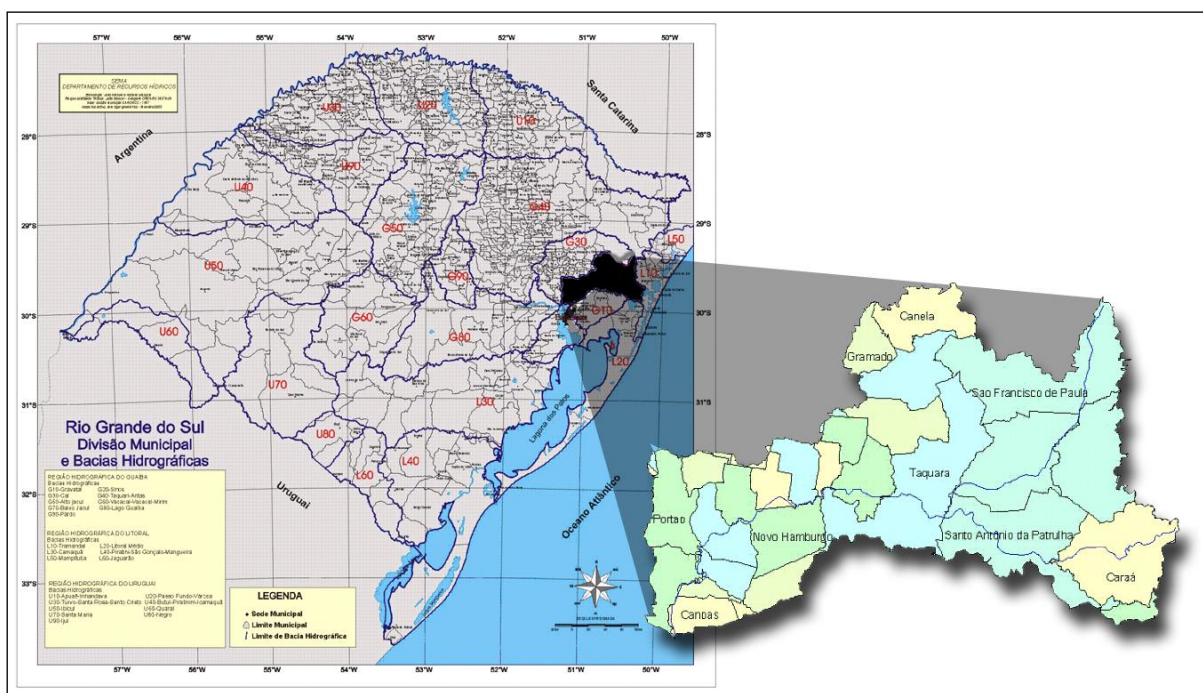
**Fonte** – CONAMA 357/2005; (-) sem valor limite

Recentemente a lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007) estabeleceu em parágrafo único que a utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos líquidos, é sujeita à outorga de direito de uso, nos termos da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, de seus regulamentos e das legislações estaduais.

### 2.2.2 Legislação Estadual

A Constituição Estadual do Rio Grande do Sul, em seu artigo 171, (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1989) instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH) que veio a ser regulamentado pela Lei 10.350/94 (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1994). Desde então, o SERH vem sendo trabalhado nas 23 bacias hidrográficas do Estado, através da criação de comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas, e da gradativa implantação dos instrumentos de planejamento (Planos de Bacia e Plano Estadual) e gestão (outorga, tarifação e rateio de custos) previstos na legislação.

A Figura 2 apresenta as 23 bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul, com destaque para a bacia hidrográfica do rio dos Sinos.



**Figura 2** – Apresentação das Bacias Hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, com destaque para a bacia hidrográfica do Sinos.

**Fonte** – Adaptado de SEMA/DRH - I CONGRESSO ESTADUAL DE AGENTES PEVENCIONISTAS, 25/11/2006, Porto Alegre, RS.

Fazem parte do SERH:

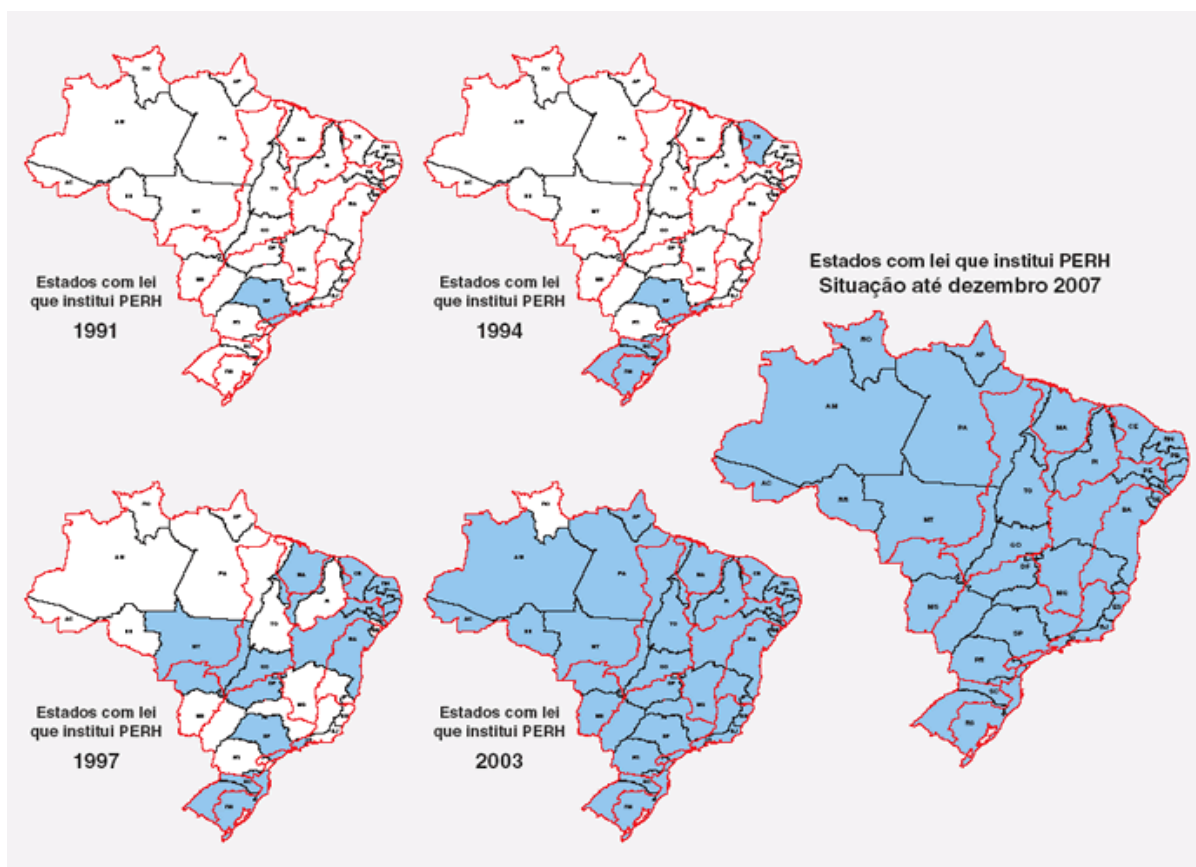
- Conselho de Recursos Hídricos (CRH);
- Departamento de Recursos Hídricos (DRH);
- Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas (CGBH);
- Agências de Regiões Hidrográficas (ARH);
- Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

O PERH tem abrangência estadual com detalhamento por bacia hidrográfica. O PERH é elaborado com base nas propostas encaminhadas pelos CGBH que por sua vez considera as propostas individuais ou coletivas dos usuários da água; planos setoriais ou regionais de desenvolvimento; tratados internacionais, estudos, pesquisas, entre outros.

No PERH são apresentados os seguintes elementos:

- Metas especificadas na Política Estadual de Recursos Hídricos, a serem atingidas em prazos determinados;
- Inventário da disponibilidade hídrica;
- Inventário dos usos e conflitos;
- Projeções de usos, disponibilidades e conflitos potenciais;
- Definição e análise de áreas críticas, atuais e potenciais;
- Diretrizes para outorga do uso da água; diretrizes para cobrança; e limite mínimo para a fixação de valores a serem cobrados.

O Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2009), divulgado em 2009, descreve graficamente na Figura 3 a evolução das leis estaduais que estabeleceram as políticas e recursos hídricos no Brasil.



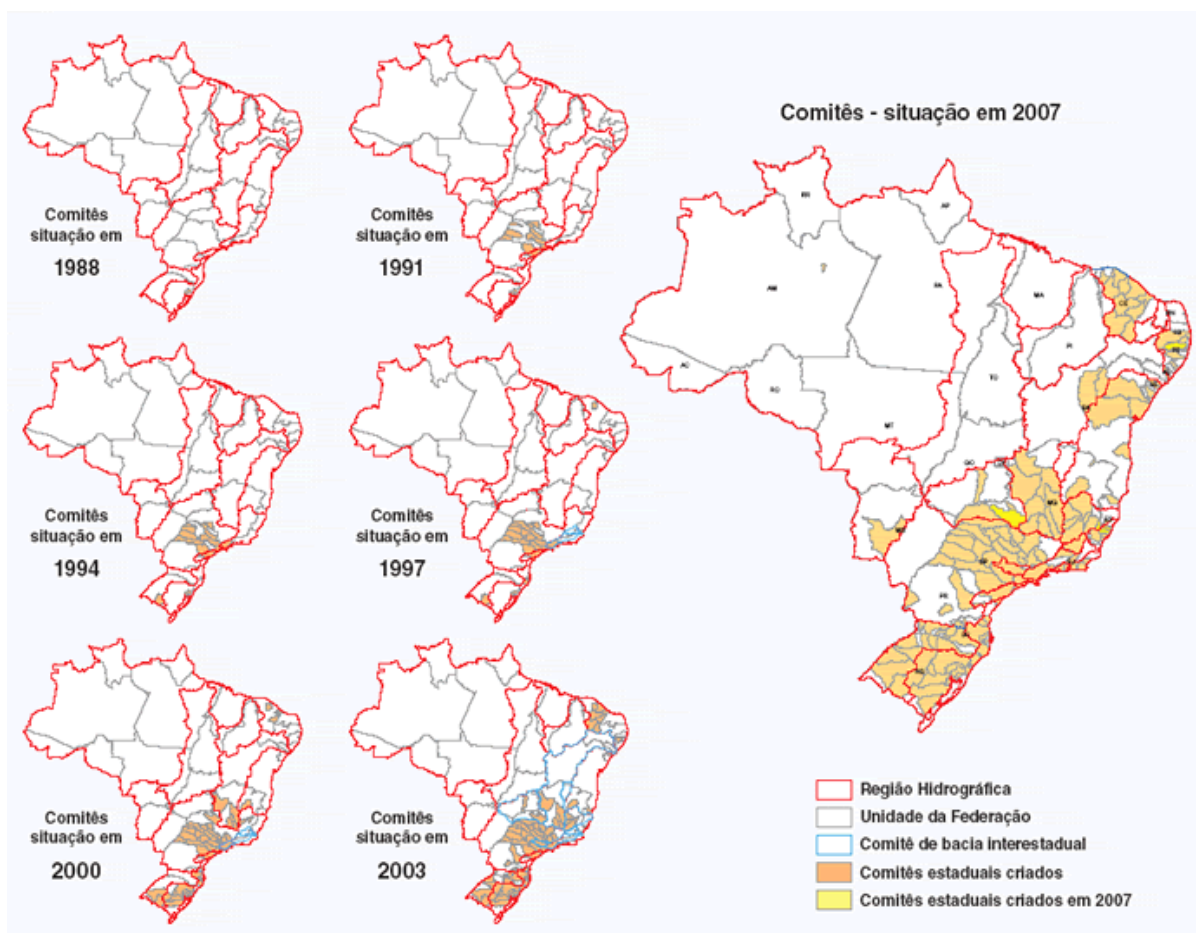
**Figura 3** – Evolução das leis estaduais que estabeleceram as políticas e recursos hídricos no Brasil.

**Fonte** - Agencia Nacional de Águas (ANA, 2009).

Conclui o relatório que nos anos de 1991, 1994, 1997, 2003 e 2007 é possível verificar que o avanço das legislações estaduais ocorreu inicialmente em locais onde já eram identificados conflitos relacionados à disponibilidade de água, causados por restrições quantitativas e/ou qualitativas, iniciando-se o processo pelas regiões Sudeste, Sul e Nordeste.

O mesmo relatório mostra o avanço espacial da criação de comitês de bacia, onde é verificado que a grande maioria dos comitês criados estão localizados nas regiões sul, sudeste e nordeste, fato este, também diretamente relacionado à existência de conflitos de disponibilidade de água, causados por restrições quantitativas e/ou qualitativas, nestas regiões.

A Figura 4 demonstra a evolução da criação de comitês de bacia hidrográficas no Brasil.



**Figura 4** – Evolução da criação de comitês de bacia hidrográficas no Brasil.

**Fonte** – Agência Nacional de Águas (ANA, 2009)

Em que pese o estado do Rio Grande do Sul estar presente na vanguarda da formação do arcabouço jurídico ambiental, na implantação dos Comitês de Bacia Hidrográfica e na criação dos órgãos representantes do poder público nas instâncias ambientais, observa-se a necessidade de incremento da efetiva consolidação e implantação do PERH.

A legislação Estadual de Recursos Hídricos e Meio Ambiente entre os anos 1994 e 2006 é apresentada na Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3** - Legislação Estadual de recursos hídricos e meio ambiente entre os anos de 1994 - 2006.

Data	Caracterização	Número	Objetivo
30 de dezembro de 1994	Lei	10.350	Institui o SERH, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul Institui
04 de julho de 1995	Decreto	36.055	Regulamenta o artigo 7 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que instituiu o SERH
21 de novembro de 1996	Decreto	37.034	Regulamenta o artigo 18 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que instituiu o SERH.
04 de junho de 1997	Resolução	001	Regulamenta os usos da água que dispensam de outorga.

05 de agosto de 1997	Resolução	002	Regulamenta a alocação de recursos financeiros do Fundo de Investimentos em Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, visando a minimizar problemas de drenagem urbana.
07 de maio de 1998	Resolução	001	Aprova a nova composição do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica (CGRH) do rio Santa Maria e aprova o seu Regimento Interno.
22 de setembro de 1999	Resolução	004	Aprova o Regimento Interno do CGBH do rio dos Sinos.
03 de agosto de 2000	Lei	11.520	Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.
15 de maio de 2001	Resolução	003	Discute e delibera sobre o Projeto de Lei n.º 4.147/2000.
12 de novembro de 2001	Resolução	005	Institui a Câmara Técnica de Assessoramento Permanente ao CRH.
19 de novembro de 2001	Resolução	006	Inicia o processo de discussão para a criação das Agências de Região Hidrográfica – ARH.
26 de novembro de 2001	Resolução	007	Instituição um Grupo de Trabalho para tratar de assuntos relativos ao Programa Estadual Integrado de Capacitação em Recursos Hídricos, articulado ao Programa de Gestão Ambiental Compartilhada
2001	Resolução	008	Aprova a proposta de composição do CGBH dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo.
18 de dezembro de 2001	Resolução	009	Regulamenta o Processo de Instalação dos CGBH do Rio Grande do Sul.
março de 2002	Resolução	002	Regulamenta o processo para a eleição dos membros dos CGBH.
09 de maio de 2002	Resolução	003	Define critérios para a aplicação do Fundo de Recursos Hídricos.
maio de 2002	Resolução	004	Define a Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul.
19 de novembro de 2002	Resolução	005	Aprova a minuta de Projeto de Lei que dispõe sobre a criação e regulamentação das ARH.
26 de maio de 2003	Resolução	001	Aprova o Plano de Aplicação dos recursos do Fundo de Investimento em Recursos Hídricos - FRH, para o exercício de 2003.
14 de agosto de 2003	Resolução	006	Aprova o Plano de Aplicação dos recursos do Fundo de Investimento em Recursos Hídricos-FRH, para o exercício de 2004.
10 de novembro de 2003	Resolução	007	Reinstalação da Câmara Técnica de Assessoramento Permanente do CRH/RS.

10 de novembro de 2003	Resolução	008	Institui um grupo de apoio para estruturação do III Encontro Estadual de Comitês de Bacia, em Porto Alegre-RS e realização do VI Encontro Nacional de Comitês de Bacias, em Gramado-RS
22 de março de 2004	Resolução	003	Aprova o Plano de Aplicação dos Recursos do FIRH para 2004 - Inclui anexo.
19 de abril de 2004	Resolução	004	Aprova a alteração das categorias dos comitês de bacias. Inclui anexo
18 de outubro de 2006	Decreto	44.675	Cria Força Tarefa para atendimento das Situações de Risco Ambiental nas Bacias dos rios Sinos e Gravataí, e dá outras providências.
11 de outubro de 2006	Portaria	087	Configura situação de emergência ambiental na Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos e do arroio Portão, e dá outras providências.
11 de outubro de 2006	Portaria	095	Dispõe sobre o licenciamento prévio de novos empreendimentos ou a ampliação dos existentes nas Bacias Hidrográficas dos rios dos Sinos e Gravataí.
19 de outubro de 2006	Resolução	030	Estabelece critérios para a operação dos sistemas de bombeamento.

Fonte – SEMA

## 2.3 ÍNDICES DA QUALIDADE DA ÁGUA

### 2.3.1 Aplicação de um Índice de Qualidade da Água na Gestão de Recursos Hídricos

Qualquer programa de acompanhamento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados analíticos que precisam ser transformados em um formato sintético para que descrevam e representam de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências da água a fim de serem utilizadas como ferramentas gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos. Uma forma de agregação em um formato sintético é o uso de indicadores que transfiram informações de um sistema a outro, levando a melhoria de tomada de decisão (PIMENTEL, 2003)

Os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente se apresenta como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de

informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão (BASSO e CARVALHO, 2007).

As principais vantagens de utilização dos índices de qualidade de água são a facilidade de comunicação com o público leigo, o status maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2007).

São diversas as definições de indicadores e índices. A *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 1993) define indicador como sendo um parâmetro ou valor derivado de parâmetros, que dá informação sobre ou descreve o estado de um fenômeno/ambiente/área, cujo significado vai mais além do valor diretamente associado ao parâmetro.

Três características dos indicadores são destacadas por LAURA (2004) (apud BACKES *et.al.*, 1994; apud DEUS, 2000; apud SILVEIRA 2000):

- Simplifica o fenômeno complexo, onde as informações do sistema são sintetizadas;
- Mensura fenômeno complexo tornando-o perceptível e detectável sua tendência que não pode ser perceptível de imediato;
- Fornece informação no sentido que ajuda a compreender em que estado (condição) se encontra, para onde vai e quanto distante se encontra de onde se quer estar.

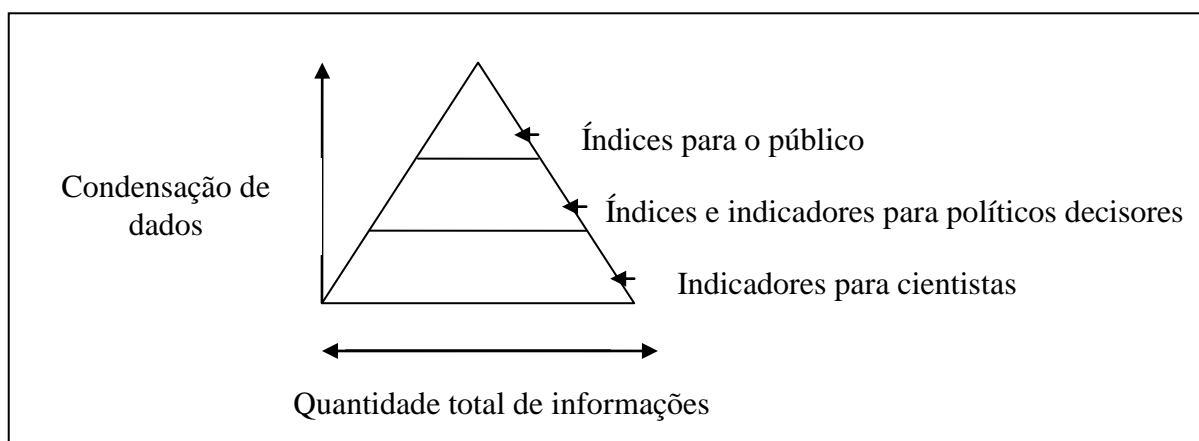
A OECD, 1993, também define índice como sendo um conjunto de parâmetros ou indicadores agregados e/ou ponderados, destacando que:

- São valores numéricos que expressam quantitativamente o indicador;
- Utilizam funções matemáticas para agregar parâmetros ou indicadores;
- Sintetizam numericamente uma base de dados.

A sociedade tem níveis diferenciados de interesse pela qualidade e quantidade de informações. Segundo LAURA (2004) os cientistas buscam o conhecimento e uma compreensão do mundo em torno de nós. Porém os políticos precisam de informação que os

ajudará a formular políticas executáveis. Em termos de comunicação com a sociedade em geral, o critério para usar um indicador ou índice é que ele permite dizer aos usuários algo que eles precisam saber.

A Figura 5 apresenta a exemplificação da condensação de dados em relação à audiência (partes interessadas) demonstrando níveis diferenciados de interesse relativos à quantidade de informações.



**Figura 5** - Relação entre condensação de dados e audiência.

Fonte - WRI, 1995, apud Shields *et al.* 2002.

Como bem definem ALBERTI E SUSSKIND (1996) no âmbito do desenvolvimento urbano/ambiental, os indicadores servem para: a) monitoramento sistemático das condições ambientais; b) advertência antecipada dos problemas ambientais; c) estabelecimento de metas; d) inspeção de desempenho e informação e comunicação ao público.

PARA GALLOPIN (1997) as maiores informações dos indicadores são: a) analisar condições e mudanças; b) comparar por lugar e situação; c) analisar as condições e tendências; d) fornecer informações de advertência antecipada; e) antecipar as condições futuras e tendências.

Com relação aos critérios de seleção dos indicadores e/ou seus atributos podemos referir à tese de DEUS (2000) onde menciona a existência de critérios que podem ser resumidos em três grupos básicos: confiabilidade, relação com o problema e prioridades; utilidade para o usuário.

### 2.3.2 Principais Índices de Qualidade de Águas

O projeto "Monitoramento da qualidade da água como instrumento de controle ambiental e gestão de recursos hídricos no Estado de Pernambuco" desenvolvido pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos CPRH – PE (CPRH – PE, 2002) dentro do convênio celebrado com Ministério do Meio Ambiente/PNMA II, através do seu relatório apresentou estudos e propostas significativas para seleção de índices de qualidade da água. Este trabalho destaca que os critérios para seleção de índices foram os seguintes:

- Aplicação aos ecossistemas de interesse e usos pretendidos;
- Consistência;
- Disponibilidade de dados;
- Facilidade de aplicação.

Neste projeto é apresentado o resumo dos usos, aplicações e parâmetro envolvidos na aplicação dos diversos índices para utilização em avaliações de qualidade de água, a qual reproduzimos na Tabela 4.

**Tabela 4 - Índices de Qualidade da Água.**

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS
Prati	Lótico, poluição	Taquari-Antas - UFRGS; - Bacia do Paraíba do Sul – COPPE/UFRJ	OD, pH, DQO, Permanganato, Sólidos Suspensos, Amônia, Nitratos, Cloretos, Ferro, Manganês, ABS, CCE
Dinius	Lótico, contabilidade social	Bacia do Paraíba do Sul – COPPE/UFRJ	Condutividade Elétrica, Cor, pH, Temperatura, Alcalinidade, Cloretos, DBO, Dureza, OD, Coliformes Fecais, Coliformes Totais
Mcduffie	Lótico, índice de poluição dos rios (RPI)	Bacia do Paraíba do Sul – COPPE/UFRJ	OD, DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fosfato Total, Temperatura
Stoner	Lótico, abastecimento e irrigação.		Abastecimento - Cor, pH, ABS, Cloretos, Cobre, Fenóis, Ferro, Fluoreto, Amônia, Nitrito, Sulfato, Zinco, Coliformes fecais; Irrigação – Condutividade, Alumínio, Arsênio, Belírio, Boro, Cádmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Fluoreto, Manganês, Níquel, Sódio, Vanádio, Zinco, Coliformes Fecais
Horton	Lótico, qualidade da água	UFMS – Miranda-MS; Taquari/Antas - UFRGS	Condutividade, O.D., Coliformes fecais, pH, Temperatura, CCE, Cloretos, Tratamento de Esgotos (% população atendida), Alcalinidade
Oconnor	Lótico, sustentação da vida selvagem e		Vida selvagem e peixes – O.D, Sólidos Dissolvidos, Turbidez, Fenóis, Fosfato, Níquel,

	abastecimento público após tratamento.		Nitrogênio Amoniacal, pH, Temperatura; Abastecimento – pH, Turbidez, Alcalinidade, Cloretos, Dureza, Fenóis, Fluoretos, Nitrato, OD, Sólidos Suspensos, Coliformes Fecais, Sulfatos
D. Ladwehr	Lótico, abastecimento público		OD, DBO, Cor, pH, Temperatura, Dureza, Turbidez, Fenóis, Ferro, Fluoreto, Nitrato, Sólidos Dissolvidos, Coliformes Fecais
W. Parker	Lótico, abastecimento público		OD, DBO, Cor, pH, Temperatura, Turbidez, DBO, Dureza, Fenóis, Fluoreto, Nitrato, Sólidos Dissolvidos, Coliformes Fecais
Sumitomo	Lótico, contato humano: indireto; remoto: navegação, refrigeração industrial, recreação	Pontos da cidade de Nova York	OD, pH, Temperatura, Turbidez, Dureza, Sulfatos, Ferro, Manganês, Cor, Cloretos, Nitrogênio Total, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em suspensão, Alcalinidade, coliformes fecais
IQAD	Lótico, qualidade da água distribuída	Sanepar., COPASA, CAESB	Cloro Residual, Cor aparente, Ferro, Flúor, pH, Turbidez, Coliforme Totais
IGQA	Lótico, índice de qualidade da água distribuída	SABESP – Cia. de Saneamento - SP	Potabilidade: Coliformes totais, Cádmio, Chumbo, Cloro residual livre, Cromo Total, Trihalometano, Flúor, Alumínio, Cor Aparente, Ferro Total, pH, Turbidez
IQAR	Lênticos, reservatórios	Instituto Ambiental do Paraná - IAP	Déficit de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio Inorgânico total, Clorofila “a”, Disco de Secchi, DQO, Tempo de residência, Profundidade Média, Fitoplancton (diversidade e floração)
IQA	Lóticos e lênticos, índice de qualidade das águas brutas	CETESB – UFMS Miranda (MS); Taquari/Antas – UFRGS, bacia do Paraíba do Sul COPPE/UFRJ; bacia do Prata ANA, ANEEL, IBAMA; FEAM - MG	pH, Turbidez, Coliformes Fecais, DBO, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Resíduo Total, OD
IPMCA	Lótico e lêntico, índice para preservação da vida aquática	CETESB	Cobre, Zinco, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Fenóis, OD, pH, Toxicidade
IETm	Lênticos, avaliação do estado trófico de lagos, estuários e reservatórios	CETESB, UFRN	Fósforo Total, Nitrogênio Total, Transparência, Clorofila, Ortofosfato Solúvel
IVA	Lótico e lêntico, índice de proteção à vida aquática	CETESB	$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IETm$

IT	Lótico e lântico, índice de toxidez	CETESB	Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo Total, Mercúrio, Níquel e Zinco
Toxicidade	Lótico	Instituto Ambiental do Paraná e CPRH	Fator de diluição para Daphia Magna
IAP	Lótico e lântico, abastecimento público	CETESB	IQA: Temperatura, pH, OD, DBO, Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total, Turbidez; Presença de Substâncias Tóxicas – Teste de Mutagenicidade; Qualidade Organoléptica – Fenóis, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco

**Fonte** - CPRH-PE, Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídrico-PE, 2002.

Conforme demonstrado na Tabela 4 os diversos índices de qualidade da água utilizam diferenciados critérios de emprego da água e número de parâmetros. Os indicadores utilizados por cada índice variam por diferentes suposições a respeito da importância atribuída a cada um dos parâmetros que compõe o índice.

O estudo realizado pelo estado de Pernambuco no Programa Nacional de Meio Ambiente II (PMNA II) no projeto “Monitoramento da Qualidade da Água como Instrumento de Controle Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos” (PMNA II – PE, 2003) avaliou diversos índices de qualidade das águas indicando as seguintes considerações:

- Considerando-se a aplicação dos índices (uso geral, específico e planejamento) verifica-se a ausência de diversos parâmetros, como exemplo, os índices de Stoner, que não consideram turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e matéria orgânica e o índice de qualidade da água da National Sanitation Foundation (IQA-NSF) por não considerar cor, óleos e graxas, parâmetros importantes para uso recreacional;
- A maioria dos índices utiliza uma função aditiva ponderada para agregação dos subíndices, podendo ocorrer problemas de eclipse, ou seja, resultados mascarados, que ocorrem quando apenas um único parâmetro apresenta valores que por si só atribuiriam baixa qualidade à água, e utilizando esta função o IQA não seria baixo. A função produtória ponderada foi utilizada para reduzir este problema;
- Segundo OTT (1978) as funções individuais de cada subíndice, desenvolvidas para os diversos índices de qualidade da água se mostravam similares. A presença de elementos tóxicos e pesticidas é tratada de forma semelhante em vários índices. Horton (*apud* OTT, 1978), o IQA da NSF e o índice de Prati, consideram que quando qualquer elemento tóxico ou pesticida atingir concentrações acima dos limites, automaticamente o índice atinge o seu pior valor;

- O mesmo autor observa que a diversidade de parâmetros utilizados nos diversos índices aparentemente é resultado de diferentes suposições a respeito da importância atribuída a cada um deles. Os parâmetros mais utilizados são pH, temperatura e OD. Com exceção dos índices de Prati e O'Connor para abastecimento público, os demais utilizam coliformes totais e/ou fecais como parâmetro biológico, sendo este último o mais utilizado. Nos dois casos, quando qualquer substância atinge concentrações acima dos limites permitidos, o índice alcança seu pior valor e quando as concentrações estão abaixo dos limites permitidos, o índice não se altera.
- DEUS *et al.* (1999) E RIBEIRO *et al.* (1999) em estudos realizados nas bacias hidrográficas dos rios Taquari/Antas e do rio Caí, no Rio Grande do Sul aplicaram os IQA de Horton, Prati e o NSF. Os autores concluíram que o IQA-NSF foi o que apresentou maior representatividade em relação à verdadeira situação de qualidade da água nas bacias hidrográficas estudadas.
- FERREIRA e IDE (2001) apresentaram avaliação comparativa da sensibilidade do IQA-NSF, IQA-Smith e IQA-Horton, aplicados ao rio Miranda (MS). Foram aplicados dados do monitoramento de 1995 a 1998 em sete pontos de amostragem em uma bacia de 43.786 km<sup>2</sup>. O rio Miranda apresentou qualidade de água ruim e péssima medida pelo IQA-Smith, enquanto de acordo com o IQA-NSF a água foi classificada como boa, e de acordo com a análise aplicando o IQA-Horton a água foi classificada como ótima, para diversos usos. Os autores observaram com o estudo que o IQA-NSF e o IQA-Smith foram os que representaram melhor a qualidade da água do rio Miranda. O IQA-NSF foi utilizado em sua versão de modelo multiplicativo. Os dados utilizados foram os dados do monitoramento da qualidade da água da Coordenadoria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (CRHQA), parte integrante da Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. Foi avaliado que o índice de Horton amortiza as oscilações na qualidade da água, não representando talvez a situação real. Já o IQA-Smith E O IQA-NSF apresentaram as mesmas oscilações.
- SOUZA e AZEVEDO (2001) compararam os índices de Prati, Dinius, McDuffie e IQA- NSF para oxigênio dissolvido (subíndice) e os índices de Dinius e IQA-NSF para coliformes fecais (sub-índice) para dados do monitoramento da qualidade da água no rio Paraíba do Sul, cuja bacia de 57.000 km<sup>2</sup> compreende parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. O estudo também comparou as formulações aditiva e multiplicativa do IQA-NSF. Os autores concluíram que o IQA-NSF na versão multiplicativa foi o que melhor caracterizou a qualidade da água no rio Paraíba do Sul.

No Brasil, o índice de qualidade da água, IQA-NSF, é utilizado por diversos órgãos Estaduais e Federais, além de estudos acadêmicos. No ano de 2009 o IQA foi utilizado como um dos índices para a elaboração do relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, publicado pela Agência Nacional das Águas (ANA). Órgãos como CETESB (São Paulo), FEAM (Minas Gerais) e FEPAM (Rio Grande do Sul) utilizam o índice para monitoramento ambiental de recursos hídricos.

### **2.3.3 Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos, está situada a nordeste do Estado, ao sul entre os paralelos 29°20' e 30°10' e, a Leste, entre os meridianos 50°15' e 51°20' (FEPAM, 2009).

O estudo realizado pela empresa Magna Engenharia (1996) descreve que a bacia do rio dos Sinos ocupa uma área total de 3.596 km<sup>2</sup>, significando 4,5 % da área da bacia hidrográfica do Guaíba e 1,5 % da área total do Estado do Rio Grande do Sul. Já o comitê da bacia hidrográfica do rio dos Sinos (COMITESINOS, 1999) destaca que a área total é um pouco maior, abrangendo, de forma total ou parcial, 32 municípios em 3.820 Km<sup>2</sup>.

A bacia é delimitada a leste pela Serra Geral e pela bacia do Caí, a oeste, ao norte e ao sul pela bacia do Gravataí. O rio dos Sinos tem um comprimento médio de talvegue de 190 Km. As nascentes do rio dos Sinos estão localizadas na Serra Geral, próximo ao município de Caraá, correndo no sentido leste-oeste até a cidade de São Leopoldo, onde muda para a direção norte-sul, desembocando no delta do rio Jacuí entre as ilhas Grande dos Marinheiros e das Garças em cota de 05 m. Seus principais formadores são os rios Rolante, rio da Ilha e Paranhana, além de diversos arroios (COMITESINOS, 1999).

Um rio hipotético natural apresenta duas zonas básicas: ritral, caracterizando as condições de curso superior ou de montanha; e potamal, caracterizando as condições de curso inferior ou de planície. Podem ser diferenciados dois grupos de fatores que se modificam ao longo do rio: o primeiro é alto na nascente e diminui em direção a foz, como saturação de oxigênio, declividade, velocidade e erosão; e o segundo grupo apresenta comportamento inverso, atingindo maiores valores em direção à foz, como temperatura, carga de nutrientes, sólidos em suspensão e consumo de oxigênio (COMITESINOS apud Schafer, 1985).

Conforme trabalho da MAGNA ENGENHARIA (1996) as características hidrológicas e hidráulicas do rio dos Sinos em seu percurso, classificam-no em superior, médio e inferior.

O percurso superior é a região de sua nascente, o inferior por analogia é onde ele deságua. A seguir é apresentado um descritivo das cidades e dos trechos por onde passa o rio dos Sinos.

- Percurso superior: Da nascente do rio até cerca de 25 km, desenvolvendo-se entre a cota 600 m até a cota 60 m com declividade na ordem de 0,02 m/m, passando pelos municípios de Caraá, Osório, Canela, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, Gramado e Riozinho. O relevo varia de plano a suavemente ondulado, paisagem característica dos Campos de Cima da Serra e, pelas bordas do limite interno deste trecho, encontram-se acumulações de matéria orgânica nos horizontes superficiais dos solos;
- Percurso médio: Trecho médio - com declividade de 0,0005 m/m, e extensão de aproximadamente 125 km, recebe três afluentes importantes, o rio Paranhana, que drena uma área de 580 km<sup>2</sup>, o rio Rolante, drenando 500 km<sup>2</sup>, e o rio da Ilha com uma área drenada de 330 km<sup>2</sup>. O trecho possui importância significativa no regime hídrico do rio dos Sinos, pois, drena grande parte da região montanhosa da bacia onde se verifica alto índice pluviométrico. Neste trecho o rio passa pelos municípios de Araricá, Rolante, Igrejinha, Santa Maria do Herval, Parobé, Nova Hartz, Taquara, Glorinha e Três Coroas
- Percurso inferior: compreende aproximadamente 50 Km, caracterizados por declividades suaves a quase nulas. A jusante de Campo Bom ocorre alguns trechos de declividade quase nula ou contra-declives, característica de rio de planície, com formação de meandros e zona de sedimentação. O rio passa neste trecho pelos municípios de Dois Irmãos, Ivoti, Estância Velha, Cachoeirinha, Gravataí, Sapiranga, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Portão, Capela de Santana, São Sebastião do Caí, Sapucaia do Sul, Esteio, Nova Santa Rita e Canoas.

Outra possibilidade de classificação divulgada pelo consórcio intermunicipal da bacia define tem base nas altitudes em que se encontram as divisões políticas municipais identificando tais áreas como terras altas, onduladas (coxilhas) ou baixas (terraços) como é demonstrado na Figura 06.



Figura 6 – Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos.

Fonte – pró-sinos – Programa de Educação Ambiental (2010).

A porção superior do rio dos Sinos apresenta vegetação ciliar que contribui para que a bacia ainda possua alguma vegetação remanescente. São áreas de baixa densidade populacional, com pequenas propriedades rurais cuja agricultura é diversificada, com culturas de arroz, cana de açúcar e hortaliças diversas. A pecuária também é pouco desenvolvida, mas encontramos pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves (MAGNA, 1966). A Figura 7 apresenta imagem aérea da formação inicial do Rio dos Sinos no município de Carará.



Figura 7 – Nascente do Rio dos Sinos no município de Carará.

Fonte - Google Earth (acesso em junho/2007).

A primeira queda de água na porção superior do rio dos Sinos, junto as suas nascentes, está apresentada na figura 8 e possui um desnível superior a 100 metros.



**Figura 8** - Vista da parte superior da primeira queda de água do rio dos Sinos junto as suas nascentes.

Fonte – Autor.

A segunda grande queda de água na porção superior do rio dos Sinos, junto as suas nascentes, está apresentada na figura 9.



**Figura 9** - Vista da segunda grande queda de água do rio dos Sinos junto as suas nascentes.

**Fonte** – Autor.

Na porção média do rio dos Sinos, a densidade populacional aumenta, mas as maiores cidades não estão localizadas em suas margens. Boa parte deste trecho está situado dentro da depressão Central Gaúcha, em seu extremo leste. Assim posicionada, esta área recebe também as correntes de ar do noroeste, massas perturbadoras responsáveis pela instabilidade do tempo, causadoras de fortes aguaceiros. A primeira queda de água na porção superior do rio dos Sinos, junto as suas nascentes, está apresentada na figura 9 e possui um desnível superior a 100 metros. Ocupa uma área de aproximadamente 54% da bacia de drenagem. Esta porção do rio apresenta uma característica bastante rural na maior parte de sua área, como demonstrado na Figura 10.



**Figura 10** – Vista do trecho médio do rio dos Sinos, apresentando ocupação rural.

Fonte – FEPAM, 2000.

O trecho médio possui importância significativa no regime hídrico do Rio dos Sinos, pois, drena grande parte da região montanhosa da bacia onde se verifica alto índice pluviométrico. Outro aspecto importante é o fato da existência do Sistema de Barragens do Salto, que, para produção de energia elétrica, formam a regularização e transposição de água da Bacia do Rio Caí para a Bacia do Rio dos Sinos, desde 1956, através do rio Paranhana. Conforme a Companhia Estadual de Energia Elétrica a vazão máxima desta transposição é de até 11,6 m<sup>3</sup>/s. A Figura 11 apresenta parte da rede de transposição da água entre as bacias, estando localizado próximo aos municípios de São Francisco e Canela.

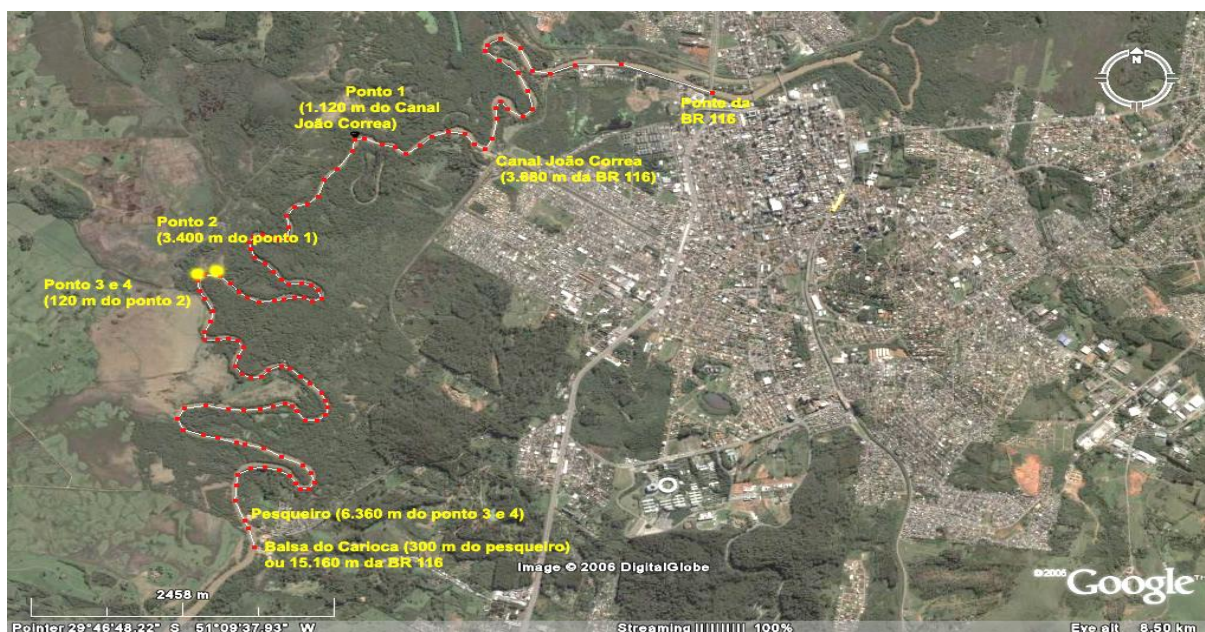


**Figura 11** – Rede de transposição entre a bacia do rio Caí e bacia do rio dos Sinos.

**Fonte** – Autor.

O trecho inferior, de Campo Bom até a foz no delta do Jacuí é de grande concentração populacional e industrial, onde os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos, como Campo Bom (arroio Schmidt), Novo Hamburgo (arroio Pampa, Gauchinho e arroio Luiz Rau), São Leopoldo (arroio Peão e canal João Corrêa), Estância Velha e Portão (arroio Portão), Sapucaia do Sul (arroio José Joaquim) e Esteio e zona norte de Canoas (arroio Sapucaia).

A Figura 12 mostra vista aérea parcial da zona urbana do município de São Leopoldo.



**Figura 12** – Vista aérea parcial da zona urbana do município de São Leopoldo.

**Fonte** - Google Earth (acesso em 2007).

Conforme MAGNA ENGENHARIA (1996) a Região Metropolitana de Porto Alegre, que inclui a região do baixo Sinos detinha na época 3,4% da concentração industrial brasileira. Destacava, já naquela época, o alto nível de emissão de material particulado e de SO<sub>2</sub> nas cidades de Canoas, Sapucaia do Sul e Novo Hamburgo inferindo a possibilidade desta contaminação atmosférica ter grande influência na contaminação nos recursos hídricos da bacia do rio dos Sinos.

### **3 ESTUDOS E PESQUISAS DISPONÍVEIS SOBRE O TEMA**

O fato de grande parte da área da bacia hidrográfica do rio dos Sinos estar localizada dentro da região metropolitana de Porto Alegre e principalmente por ser esta região densamente povoada (segundo o Instituto Brasileiro de Economia e Estatística (IBGE, 2007) sua população é de 2.005.649), diversos estudos, pesquisas e programas de monitoramentos foram ou estão sendo realizados nesta bacia.

Robaina (ROBAINA *et al*, 2005), relata pesquisa realizada para análise do grau de contaminação por metais nos sedimentos de diversos arroios afluentes do rio e no próprio rio dos Sinos. Tal estudo revelou que os processos de industrialização e urbanização estão associados com alta concentração de metais pesados nos cursos de drenagem da bacia. Os metais cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco apresentam risco ambiental muito alto a extremo, conforme critérios de avaliação da pesquisa, destacando-se suas presenças nos arroios: Luis Rau (Cd, Cu, Pb, Ni e Zn), Pampa e Gauchinho (Cr), Pampa (Pb), ambos localizados no município de Novo Hamburgo. O rio dos Sinos apresentou níveis altos de contaminação para cromo, cobre, zinco e chumbo. Por fim o estudo recomenda que as bacias de drenagem devam ser prioritárias para trabalhos de fiscalização, controle e recuperação para qualquer tentativa de minimizar a poluição na região.

O arroio Portão teve nove parâmetros em três pontos do seu percurso monitorado entre março e julho de 2004 (NAIME e FAGUNDES, 2005). Este arroio é um dos formadores do Rio dos Sinos e drena importante região de produção industrial (curtimento de couro) e esgotos de origem urbana.

Este trabalho identificou concentrações elevadas de despejos industriais e lançamento de esgotos domésticos nos pontos monitorados. Todavia, junto à foz do arroio, quando desemboca no rio dos Sinos, as cargas poluidoras são geralmente mais baixas. A pesquisa conclui ainda que, como no rio dos Sinos, no arroio Portão são verificadas grande influência

do despejo de esgotos domiciliares, indicados pelos altos índices de  $DBO_5$ . Outra conclusão foi de que o aumento da pluviosidade diminui as concentrações de poluentes e aumenta os teores de oxigênio dissolvido.

Nascimento (2007) descreve que o arroio Pampa apresentou valores significativos para os metais cromo e níquel em suas águas durante todo o período monitorado, que abrangeu de maio de 2006 a maio de 2007 e contou com nove coletas espaçadas por um período de 45 dias entre uma e outra coleta.

Em outubro de 2006, toneladas de peixes morreram no trecho inferior do rio dos Sinos. As causas apontadas foram o déficit de oxigênio dissolvido e lançamentos de efluentes industriais sem tratamento a partir do arroio Portão. A Figura 13 demonstra detalhe da mortandade de peixes no Rio dos Sinos, próximo à foz deste arroio.



**Figura 13** – Mortandade de peixes no Rio dos Sinos – Outubro/2006.

**Fonte:** Fepam.

Garcia (GARCIA, 1997) descreve que para entender o escoamento do Rio dos Sinos é necessário observar o comportamento do seu fluxo, que não apresenta um comportamento fluvial, pois sofre efeito de jusante por ação da lagoa dos Patos-Guaíba em períodos de estiagem. A lagoa dos Patos é ligada ao oceano próximo à cidade de Rio Grande. A oscilação da maré nesta região é pequena, influenciando nos níveis próximos a montante. Os ventos agem sobre a superfície da lagoa dos Patos tendendo a provocar a elevação de níveis na direção em que atua. Este tipo de efeito é denominado seiche. O aumento de níveis na lagoa dos Patos tem efeito semelhante no Guaíba. O Delta do Jacuí, formado pela foz dos rios Jacuí,

Caí, Sinos e Gravataí é o limite superior deste sistema de lagos. Outra variável citada no trabalho como influente nos níveis do Delta do Jacuí e no trecho inferior dos afluentes é a vazão proveniente das bacias citadas. Quando as vazões são baixas a montante, a energia produzida pela oscilação dos níveis das lagoas é capaz de produzir a inversão de fluxo (de jusante para montante). A situação mais crítica é característica dos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) (Zamanillo, 1988).

O COMITESINOS publicou obra em maio de 1993, onde realizou a avaliação da qualidade da água do rio dos Sinos aplicando o IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF). O período avaliado foi de novembro de 1989 a outubro de 1991. O monitoramento foi realizado em 11 pontos ao longo do rio dos Sinos. Entre as considerações do estudo estão:

- O período de cheia do rio apresenta uma tendência de recuperação da qualidade da água e por sua vez a estiagem demonstra uma tendência contrária. Neste estudo foi considerado período de cheia entre junho e outubro e período de estiagem entre novembro e maio;
- Ocorre uma tendência de redução da qualidade de montante para jusante, com pequena melhora na foz do rio em função da diluição devido ao refluxo do Guaíba;
- Na época de cheia o estudo não verificou influência na qualidade da água junto à foz devido ao efeito de seiche (refluxo do lago Guaíba), associando este fato ao maior volume de água que desce de montante do rio e desta forma o efeito deste fenômeno é minimizado, não ocorrendo diluição de poluentes;
- O rio pode se dividido em quatro segmentos, conforme a declividade do terreno e a ocupação pelo homem, que quanto mais próximo da foz menor sua declividade e maior a concentração antrópica, considerando a variação do IQA: curso superior, trecho intermediário, trecho mais crítico e foz do rio;
- O IQA permite a obtenção de conclusões importantes sobre o manancial hídricos, podendo ser utilizado como um indicador da qualidade da água, porém não demonstrou resultado satisfatório para determinação de sazonalidade;
- O IQA permite a divisão do rio em 04 trechos característicos: Superior - da nascente até o município de Santo Antonio da Patrulha (IQA entre 60 e 70);

Intermediário – entre o município de Parobé e Novo Hamburgo (IQA entre 50 e 60); Trecho mais crítico – entre o município de São Leopoldo e Esteio (IQA entre 40 e 50) e Foz do rio no município de Canoas (IQA entre 50 e 60).

Entre as recomendações, o trabalho do COMITESINOS indica que é de fundamental importância a continuidade do Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio dos Sinos e seus Afluentes.

A FEPAM divulgou em seu endereço eletrônico, em 1999, uma análise resultante de monitoramento de 21 parâmetros realizados em 17 pontos diferentes do rio dos Sinos. Uma das formas para caracterização da qualidade da água utilizada foi a Resolução CONAMA nº 20/86 (BRASIL, 1986). Entre as descrições da avaliação estão às seguintes considerações:

- A melhor qualidade do Rio está no trecho superior;
- A qualidade da água apresenta um decréscimo para os parâmetros O.D. e DBO<sub>5</sub> no trecho inferior;
- A qualidade da água para o parâmetro coliformes fecais decresce a partir do trecho médio (ponto Santa Cristina);
- O rio foi classificado em classe 4 a partir do ponto Santa Cristina até a foz, com exceção do ponto foz do Arroio Portão, considerado classe 3. Esta classificação do ponto Arroio Portão (classe 03) é definida como incerta pela alta presença de efluentes industriais;
- O maior potencial de mortalidade de peixes por deficiência de O.D. foram os pontos localizados nas confluências do arroios Peão (São Leopoldo), Luis Rau (Novo Hamburgo) e Portão (São Leopoldo);
- O arroio Luis Rau e o canal João Corrêa (São Leopoldo) são os locais mais críticos para esgotos cloacais demonstrados por valores elevados de coliformes fecais;

O antigo Departamento do Meio Ambiente – DMA do Rio Grande do Sul operou a Rede Básica de Monitoramento na Bacia Hidrográfica do Guaíba, incluindo pontos de amostragem no rio dos Sinos entre 1980 a 1989, quando então foi suspensa devido a problemas de infra-estrutura. A partir do ano de 1990 até junho de 1996 as atividades de monitoramento do rio dos Sinos passaram a ser realizadas por uma rede de instituições integradas pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), DMAE (Departamento

Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre – RS), FEPAM e METROPLAN (FEPAM, 1999).

Atualmente a FEPAM divulga em [www.fepam.com.br](http://www.fepam.com.br) trabalho de monitoramento da qualidade da água do rio dos Sinos, gerados pela Rede de Monitoramento da FEPAM, baseada em dados obtidos desde 1990. Desde janeiro de 2000, o monitoramento faz parte da Rede Integrada do Pró-Guaíba, que conta com a participação da FEPAM, CORSAN e DMAE. As coletas e análises são realizadas pelo Departamento de Laboratório da FEPAM, e os dados são armazenados e interpretados pelo Departamento de Qualidade da FEPAM. Em 2005 a frequência de amostragem no rio dos Sinos passou a ser bimestral. A localização dos pontos monitorados neste programa são identificados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Pontos monitorados pela Rede Integrada do Pró-Guaíba.

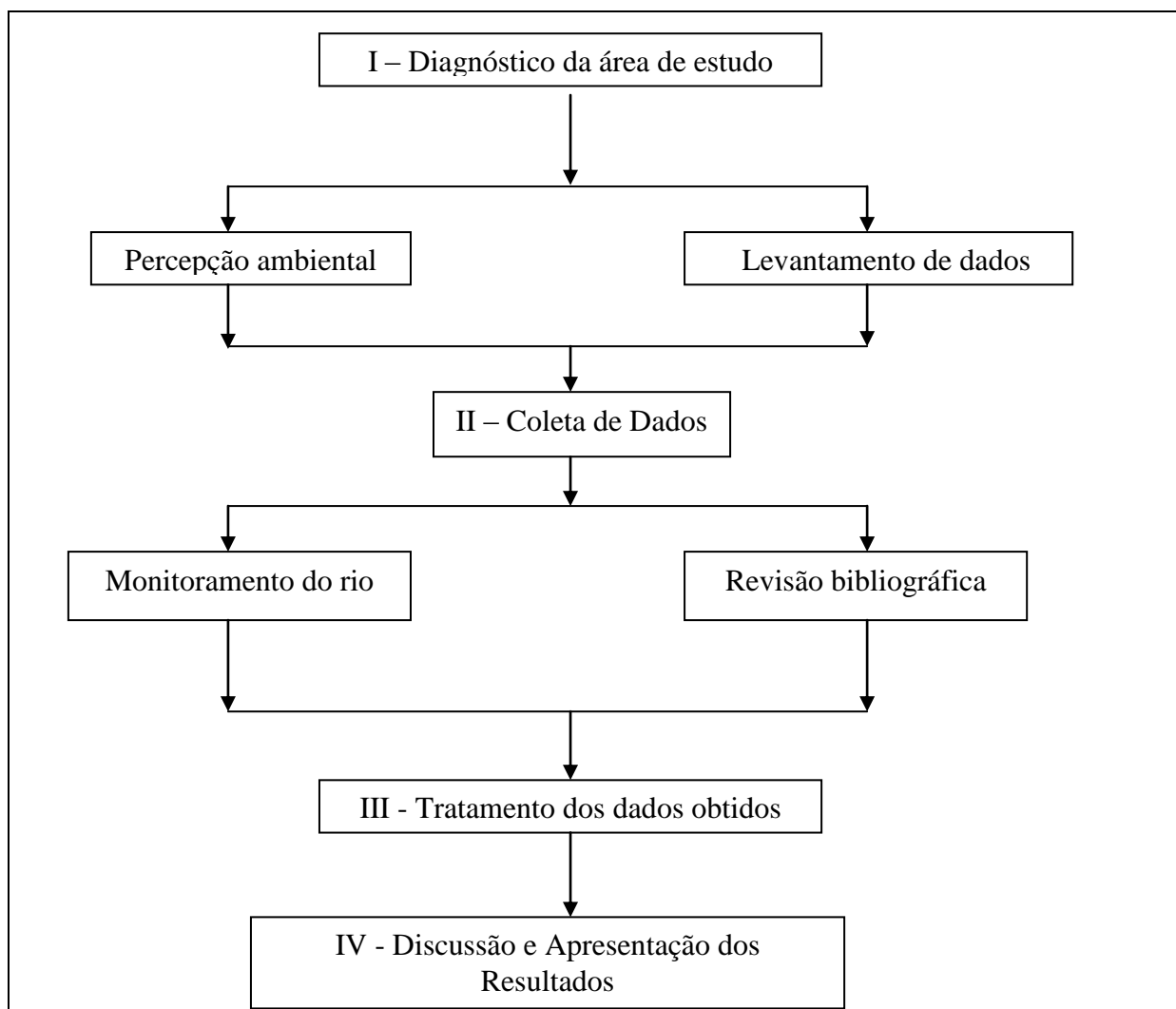
<b>CÓDIGO</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
SI 008	S 29° 52' 36"; W 51° 14' 34"	Ponte Tabaf-Canoas, Canoas.
SI 028	S 29° 47' 53"; W 51° 11' 24"	Balsa do Passo da Carioca, Sapucaia Sul.
SI 036 PO 000	S 29° 46' 34"; W 51° 11' 39"	Foz do arroio Portão, Portão
SI 038	S 29° 45' 50"; W 51° 10' 36"	Canal João Corrêa, São Leopoldo
SI 044	S 29° 45' 24"; W 51° 08' 16"	Captação do SEMAE - São Leopoldo.
SI 048 LR 000	S 29° 44' 21"; W 51° 07' 22"	Arroio Luis Rau (Arroio Preto), NH
SI 056	S 29° 43' 50"; W 51° 05' 00"	Captação COMUSA, Lomba Grande/NH
SI 096	S 29° 41' 05"; W 50° 50' 52"	Santa Cristina, Parobé.
SI 121 RO 040	S 29° 34' 53"; W 50° 28' 03"	Nascentes do Rio Rolante, Rolante
SI 188	S 29° 43' 26"; W 50° 16' 46"	Nascente Sinos, Quebrada, Caraá

Para interpretação dos dados é utilizado a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) e o cálculo do IQA-NSF. Os resultados deste monitoramento até parte de 2009 concluem que o verão de 2006, assim como o verão anterior, se caracterizou pela estiagem prolongada. Desde o segundo semestre de 2007, até fevereiro de 2009, não está apresentando estiagens rigorosas e prolongadas como em 2006, quando ocorreram mortandades de peixes no rio dos Sinos. O trecho superior do rio dos Sinos, desde as nascentes em Caraá até Campo

Bom apresenta boa oxigenação, e concentrações de matéria orgânica com predominância na Classe 1 da Resolução CONAMA 357/05. O rio dos Sinos apresenta queda de O.D. da nascente para jusante, com níveis críticos junto à foz do arroio Luiz Rau (Novo Hamburgo) e na foz do arroio Portão (Estância Velha e Portão). As concentrações de matéria orgânica também são elevadas no arroio Luiz Rau (esgotos cloacais, curtumes da área central de Novo Hamburgo) e arroio Portão (cerca de 40 curtumes de Portão e Estância Velha, e esgotos cloacais). É indicada a necessidade de saneamento básico, pois todo o trecho metropolitano do rio dos Sinos está em Classe 4 para coliformes fecais sendo que as concentrações estão acima do limite desta Classe.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida visando identificar as características físico-químicas e microbiológicas, das águas do Rio dos Sinos em 4 pontos distintos. As etapas desenvolvidas durante a realização da pesquisa são apresentadas na Figura 14.



**Figura 14** – Etapas desenvolvidas na pesquisa.

Fonte – Autor.

### 4.1 PERCEPÇÃO AMBIENTAL E LEVANTAMENTO DE DADOS GERAIS.

Para Ronchi (RONCHI *et al*, 2003), o estabelecimento de modelos e prognósticos regionais ou locais o pesquisador deve promover um levantamento prévio das características ambientais da área a ser estudada, a fim de definir os pontos significativos, parâmetros de estudo e épocas para a realização do trabalho.

Para esta avaliação foi realizado uma pesquisa preliminar da região estudada visando obter informações das características sócio-econômicos, históricos de monitoramento do rio e dos cursos de água que contribuem para sua formação, além de outras condicionantes determinantes na avaliação ambiental.

Foram avaliados dados analíticos e levantamentos ambientais já disponíveis sobre a região compreendendo os anos de 2000 a 2007 e parte de 2008, visando desta forma compor o perfil da qualidade da água do rio. As informações foram buscadas em bancos de dados, dissertações e teses acadêmicas, livros, estudos, artigos científicos, congressos, legislações entre outras.

Para avaliação das condições ambientais da área do rio foram realizadas 05 (cinco) saídas a campo, distribuídas durante o monitoramento, conforme descritas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Saídas de Campo.**

<b>DATA</b>	<b>ATIVIDADE</b>	<b>PARTICIPANTES</b>
12/07/2007	Trajetos por veículo terrestre entre São Leopoldo e localidade de Quebrada (Caraã) e caminhada até a cachoeira de nascente do rio dos Sinos	FEEVALE, Pró-sinos-São Leopoldo, Grupo Sinos.
26/07/2007	Trajetos por veículo terrestre entre os municípios de São Francisco e Três Coroas para acompanhar a transposição de água da Bacia do Rio Caí para a bacia do Rio dos Sinos	FEEVALE, Consórcio pró-sinos, SEMAM-SL, SEMAM-Três Coroas.
28/11/2007	Trajetos por barco entre a localidade de Santa Cristina (Parobé) e Canoas	FEEVALE, voluntário e Grupo Sinos.
25/06/2008	Trajetos por veículo entre Novo Hamburgo e Quebrada (Caraã) e caminhada até a cachoeira da nascente superior do rio dos Sinos	FEEVALE
07/11/2008	Trajetos por veículo entre Novo Hamburgo e Quebrada (Caraã) e caminhada até a cachoeira da nascente superior do rio dos Sinos	FEEVALE

12/07/2008 e 25/06/2008, 07/11/2008 Os trajetos terrestres compreenderam a avaliação de pontos de interesse para registros e observações ambientais, próximos ou junto à calha do rio dos Sinos e seus formadores. A saída embarcada objetivou uma percepção ambiental contínua ao longo do rio incluindo pontos de difícil acesso e as regiões de foz dos arroios e rios contribuintes ao regime hídrico do rio dos Sinos.

## 4.2 MONITORAMENTO DO RIO

### 4.2.1 Definição de Pontos e Frequência de Coletas

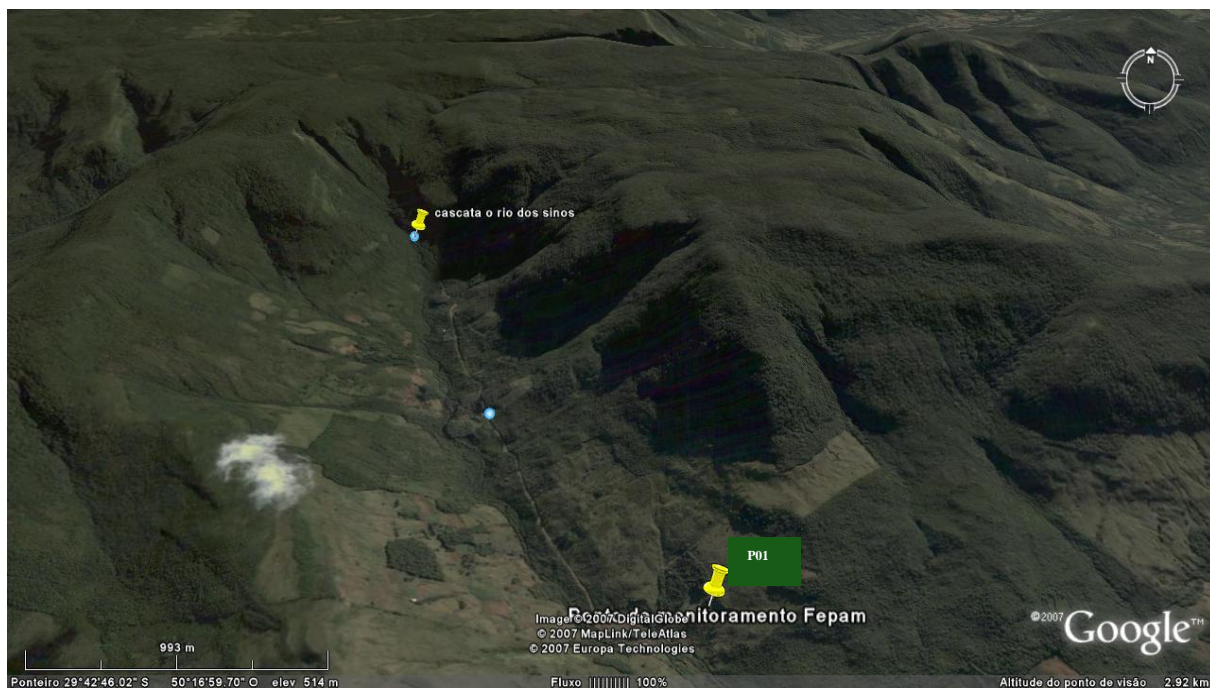
A partir das análises dos dados secundários de monitoramento, da percepção *in-loco* e das descrições de estudos anteriores sobre o rio dos Sinos, foram definidos 04 pontos de monitoramentos entre a nascente e a foz do curso d'água. A localização destes pontos de monitoramento, sua denominação bem como sua localização geográfica estão apresentados na tabela 7 abaixo.

**Tabela 7** - Localização e identificação dos pontos de monitoramento.

IDENTIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	LOCALIZAÇÃO NO RIO	IDENTIFICAÇÃO
Ponto – P01	S 29° 43' 26"; W 50° 16' 46"	Próximo à nascente – Quebrada/Caraã -Trecho Superior	Ponto – P01
Ponto – P02	S 29° 41' 05"; W 50° 50' 52"	Santa Cristina – Após foz do Rio Paranhana – Parobé - Trecho médio	Ponto – P02
Ponto – P03	S 29° 44' 35"; W 51° 07' 45"	Novo Hamburgo – Próximo a foz dos Arroios Gauchinho e Luiz Rau – Trecho Inferior	Ponto – P03
Ponto – P04	S 29° 47' 53"; W 51° 11' 24"	Sapucaia – Próximo a Foz do Arroio Portão – Trecho inferior	Ponto – P04

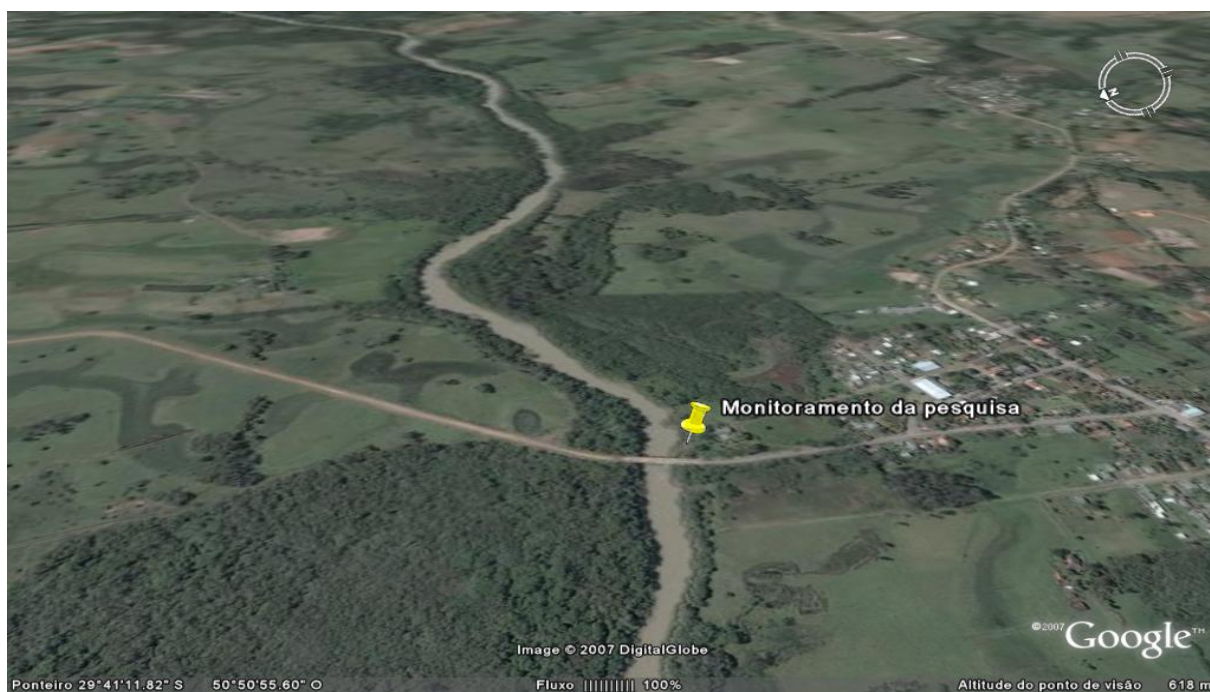
A localização das coordenadas geográfica foram verificadas pelo aparelho GPS (“*Global Positioning Satellite*”), marca *Garmin* modelo *e Trex Summit*, que no momento da obtenção destes dados apresentava precisão de 7 m, indicada pelo aparelho em função dos satélites captados.

As figuras 15, 16, 17, 18 e 19 apresentam imagens dos pontos monitorados do rio dos Sinos na pesquisa.



**Figura 15** – Ponto de monitoramento FEPAM e cascata do rio dos Sinos.

Fonte – Google Earth, 2009.



**Figura 16** – Ponto de monitoramento Pesquisa P02.

Fonte – Google Earth, 2009.



**Figura 17** – Vista aérea do ponto de monitoramento P03, junto à foz do arroio Gauchinho em Novo Hamburgo.

Fonte – FEPAM, 2006.



**Figura 18** – Localização relativa entre a foz dos Arroios Luiz Rau e Arroio Gauchinho.

Fonte – Google Earth, 2009.



**Figura 19** – Ponto de coleta P04, identificado como Sapucaia na imagem.

**Fonte** – Google Earth, 2009.

A referência local (*background* local) para caracterização da qualidade da água do recurso hídrico, foi escolhida como sendo o ponto de monitoramento mais próximo possível da nascente do rio, acreditando-se que neste local teríamos as condições de reduzida contaminação antrópica, ou seja as condições mais naturais do rio.

Os pontos P01, P02 e P04 coincidem com pontos monitorados pela FEPAM na Rede Integrada do Pró-Guaíba. O P03 da pesquisa não é monitorado pela FEPAM, mas está situado em ponto bastante próximo e a jusante do ponto SI 048 LR 000, foz do arroio Luis Rau, NH conforme pode ser observado na Figura 18. Por estes aspectos o ponto de monitoramento da FEPAM localizado na foz do arroio Luiz Rau será utilizado para comparação dos resultados obtidos no P03 do monitoramento da pesquisa com os resultados históricos da Rede Integrada do Pró-Guaíba.

A definição dos demais pontos de monitoramento, além das percepções obtidas sobre a área de estudo, consideraram a existência ou não de históricos de monitoramento de qualidade da água (dados secundários), o significado dos resultados dos dados secundários, as condições ambientais dos trechos como: vazões, declividades, atividades antrópicas e existência de contribuições significativas de arroios ou rios.

Para elaboração do calendário de coletas de amostras de água do rio foram considerados fatores como a disponibilidade da estrutura para realização das análises

laboratoriais, distribuição temporal ao longo de um ano para caracterização das diferentes estações climáticas e também se buscou manter um intervalo similar entre as datas de realização de cada coleta de campo.

A Tabela 8 apresenta o cronograma da realização de coletas realizadas por este trabalho de pesquisa. Todas as coletas foram realizadas com a direção da nascente para a foz. Cabe salientar que no mês de dezembro/2007 não foi realizada coleta por motivos técnicos.

**Tabela 8** - Cronograma de realização de coletas realizadas.

SEQUENCIA DE COLETAS	DATA	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS
01	24/10/2007	Sol
02	28/11/2007	Sol
03	08/01/2008	Sol
04	20/02/2008	Sol
05	12/03/2008	Instável com chuvas
06	24/04/2008	Sol
07	26/05/2008	Sol
08	30/06/2008	Sol
09	22/07/2008	Instável com chuvas
10	18/08/2008	Chuva
11	25/09/2008	Sol
12	23/10/2008	Instável com chuvas

#### 4.2.2 Vazões de Referencia Para os Pontos de Estudo

Para avaliação das vazões nos pontos monitorados esta pesquisa adotou como referência os dados obtidos junto a ANA gerados pela operação de três estações fluviométricas instaladas em pontos diferentes do rio dos Sinos. Estas estações são operados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Para o ponto P01 não foram encontrados dados de vazão. A Tabela 9 relaciona o ponto de coleta com a estação fluviométricas adotada como referência de vazão, além da localização destas.

**Tabela 9** - Localização geográfica das estações fluviométricas no rio dos Sinos.

PONTO DE COLETA	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA (Código)	ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS
Ponto - P02	Taquara – (V1)*	lat: 29:43:00 long: 050:44:00
Ponto - P03	Campo Bom – (V2)*	lat: 29:41:31 long: 051:02:42
Ponto – P04	São Leopoldo – (V3)*	lat: 29:45:29 long: 051:09:04

\*O termo entre parenteses (VX) é código adotado na pesquisa para identificar o ponto de medição

#### 4.2.3 Determinações físico-químicas

Os parâmetros analisados foram selecionados em função da sua importância ambiental para a caracterização da qualidade de águas superficiais e por estarem relacionados na Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Todas as determinações foram realizadas pela Central Analítica do Centro Universitário FEEVALE, laboratório certificado pela FEPAM – RS.

As coletas assim como todas as determinações realizadas observaram o descrito no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21<sup>th</sup> Ed, 2005.

A Tabela 10 abaixo apresenta os parâmetros analisados na Central Analítica da FEEVALE, suas unidades, metodologia de determinação e o limite de detecção.

**Tabela 10** - Parâmetros analisados na FEEVALE no início da pesquisa, com sua unidade, metodologia utilizada na determinação e o limite de detecção do método utilizado.

Parâmetro	Unidade	Metodologia	Limite de detecção
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	Manometria	-
Nitrogênio Total	mg/l	Titulometria	0,5
Fósforo Total	mg/l	Espectroscopia UV/VIS	0,012
Alumínio	mg/l	Absorção Atômica	0,02
Chumbo	mg/l	Absorção Atômica	0,0014
Cromo	mg/l	Absorção Atômica	0,005
Cobre	mg/l	Absorção Atômica	0,0012
Níquel	mg/l	Absorção Atômica	0,0058
Ferro	mg/l	Absorção Atômica	
Zinco	mg/l	Absorção Atômica	0,0016
Sólidos Totais	mg/l	Gravimetria	-
PH	-	Potenciometria	-
Nitrato	mg/l	Espectroscopia UV/VIS	0,09
Turbidez	NTU	Nefelometria	-
Oxigênio Dissolvido	mg/l	Winkler/Azida	-
Coliformes Fecais (E.C.)	NMP/100mL	Substrato Enzimático	-

As Figuras 20, 21 e 22 destacam alguns equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade da água do rio.



**Figura 20** – Momento de Coleta de amostras.

**Fonte** – Autor.



**Figura 21** – Determinação de  $\text{DBO}_5$ .

**Fonte** – Autor.



**Figura 22 – Inoculação microbiológica de amostra coletada.**

Fonte – Autor

## 4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO RIO DOS SINOS

### 4.4.1 Índice de Qualidade de Água

Para avaliação da caracterização da qualidade da água do Rio dos Sinos foi realizada a determinação de um Índice de Qualidade da Água (IQA). O índice escolhido foi o IQA-FEAM, que é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas aos seguintes parâmetros de qualidade de água: 1) temperatura da amostra, 2) pH, 3) O.D., 4) demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), 5) coliformes fecais, 6) nitrogênio total, 7) fosfato total, 8) sólidos totais e 9) turbidez. Para obtenção do índice é aplicada a equação 1:

**Equação 1 – IQA**

$$\text{IQA-FEAM} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Sendo:

- IQA- FEAM – Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
- $q_i$  – qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; e
- $w_i$  – peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a determinação do índice geral de qualidade, conforme equação 2:

**Equação 2** – Peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro em função da importância para determinação do Índice Geral de Qualidade da água.

$$\sum_{i=1}^n W = 1$$

Onde  $n$  é 09, sendo este o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores dos pesos atribuídos aos parâmetros analisados para cálculo do IQA, conforme metodologia empregada estão descritos na Tabela 11.

**Tabela 11** - Pesos atribuídos aos parâmetros analisados para cálculo do IQA.

PARÂMETROS	PESO - WI
Oxigênio dissolvido (%)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100ml)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l)	0,10
Nitrato (mg/l)	0,10
Fosfato (mg/l)	0,10
Variação na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
Sólidos Totais (mg/l)	0,08

Para definir a qualidade da água pelo IQA a referência utilizada são cores relacionadas com o nível de qualidade, conforme apresentado na Tabela 12.

**Tabela 12** - Classificação da Qualidade da água conforme IQA com a cor referência.

NÍVEL DE QUALIDADE	FAIXA	COR DE REFERÊNCIA
EXCELENTE	$90 < IQA < 100$	<b>AZUL</b>
BOM	$70 < IQA < 90$	<b>VERDE</b>
MÉDIO	$50 < IQA < 70$	<b>AMARELO</b>
RUIM	$25 < IQA < 50$	<b>LARANJA</b>
MUITO RUIM	$0 < IQA < 25$	<b>VERMELHO</b>

O emprego de cores é usado como forma de facilitar a identificação da qualidade atribuída à água.

#### 4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados numéricos da pesquisa foram estudados e são apresentados nesta pesquisa através de tabelas, diagramas de caixa (box-plot), gráficos de linha, gráficos matriciais e gráficos tridimensionais. Conforme a necessidade, esses gráficos foram estratificados por varredura e/ou por variáveis.

O diagrama de caixa é uma apresentação gráfica que descreve simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação de observações discrepantes (*outlier*). Este tipo de plotagem apresenta três quartis, o mínimo e o máximo dos dados em uma caixa retangular, podendo ser alinhados horizontalmente ou verticalmente. O intervalo interquartílico ( $IQR = 3^{\circ} \text{ quartil} - 1^{\circ} \text{ quartil}$ ) é muitas vezes usado como uma medida de variabilidade. Quanto maior a variabilidade da distribuição mais distantes ficam os quartis. Em distribuições simétricas a distância entre o 1º quartil e a mediana é a mesma que a distância entre o 3º quartil e a mediana, enquanto que em distribuições assimétricas essas distâncias são diferentes. No diagrama de caixa, o retângulo representa o intervalo interquartílico, representando a faixa dos 50% dos valores mais típicos da distribuição. O retângulo é dividido no valor correspondente à mediana, indicando assim, o 1º quartil, a mediana e o 3º quartil. Entre os quartis e os extremos são traçadas linhas. Caso existam valores discrepantes (além de 1,5 IQR), a linha é traçada até o último valor não discrepante, e os valores discrepantes são indicados por pontos.

Para verificar existência de diferenças significativa entre os pontos ou resultados das análises de cada parâmetro, foi aplicado o teste paramétrico ANOVA que compara a média de uma variável entre vários grupos. Para que existam estas diferenças significativas é necessário que a estatística do teste seja inferior a 0,05 (significância), caso contrário as diferenças não

serão significativas. Nos dados secundários, devido ao grande número de variáveis e amplo desvio padrão, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis Test onde os valores são ranqueados em faixas de grandeza e então é aplicado o teste estatístico de significância.

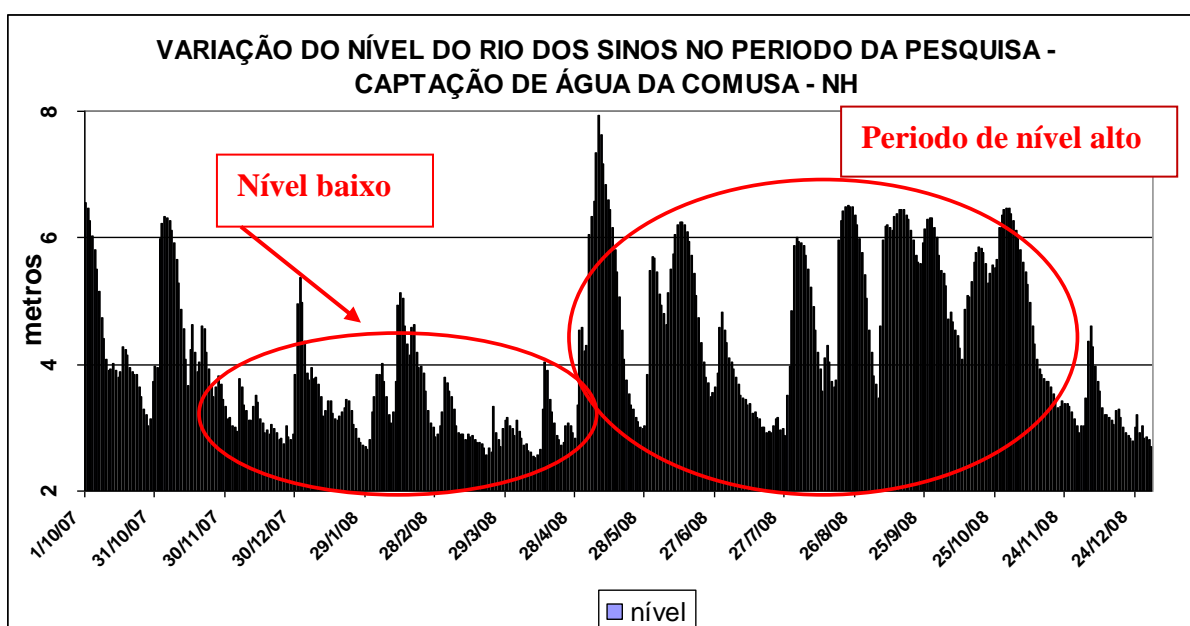
Para verificar a correlação entre os resultados de análise de cada parâmetro obtido na pesquisa foi aplicada a matriz de correlação linear de Pearson. Testou-se a significância das correlações onde a hipótese nula de interesse é de que o coeficiente de correlação seja igual a zero. Se esta hipótese for rejeitada ao nível de significância estipulada, podemos concluir que efetivamente existe uma correlação entre as variáveis.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para os parâmetros, nível do rio, pH, temperatura da água, OD, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecais (*Escherichia Coli- e.c.*), fósforo total, nitrogênio total (nitrato), sólidos totais, turbidez, cromo, chumbo, ferro, alumínio, zinco e cobre nos pontos monitorados durante o período deste trabalho, são apresentados e discutidos neste capítulo.

### 5.1 VARIAÇÕES DE NÍVEIS DE ÁGUA DO RIO DOS SINOS

As características de qualidade das águas derivam de ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas (ZILLMER apud REBOLÇAS, 2002). A variação do nível d'água em um rio provoca alterações de suas condições como a vazão, a concentração de elementos químicos e condições físicas e biológicas. O volume de água do rio dos Sinos apresenta comportamento sazonal, definido por elevações e reduções de níveis e vazões associado às condições pluviométricas das sub-bacias, intensidade das retiradas para os diversos usos (abastecimento público, agricultura, etc.). A Figura 23 exemplifica o comportamento da variação de nível do rio dos Sinos, ocorrida durante o período de pesquisa, adotando-se o ponto de captação do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (COMUSA) como sendo este representativo de um ponto de trecho inferior e que possui acompanhamento diário.



**Figura 23 – Gráfico de níveis do rio dos Sinos no ponto de captação de água da COMUSA durante o período de pesquisa.**

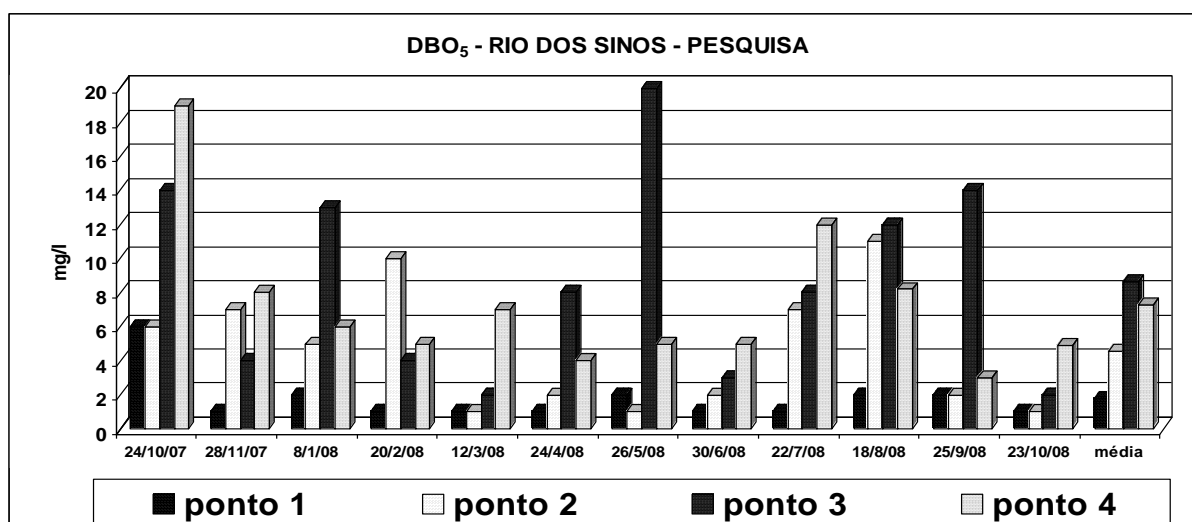
Como pode ser observado na Figura 23 o período de pesquisa ficou caracterizado por um intervalo de nível inferior no ponto de captação da COMUSA entre os meses de novembro de 2007 e abril de 2008 e de níveis superiores entre maio e outubro de 2008.

## 5.2 DBO<sub>5</sub>

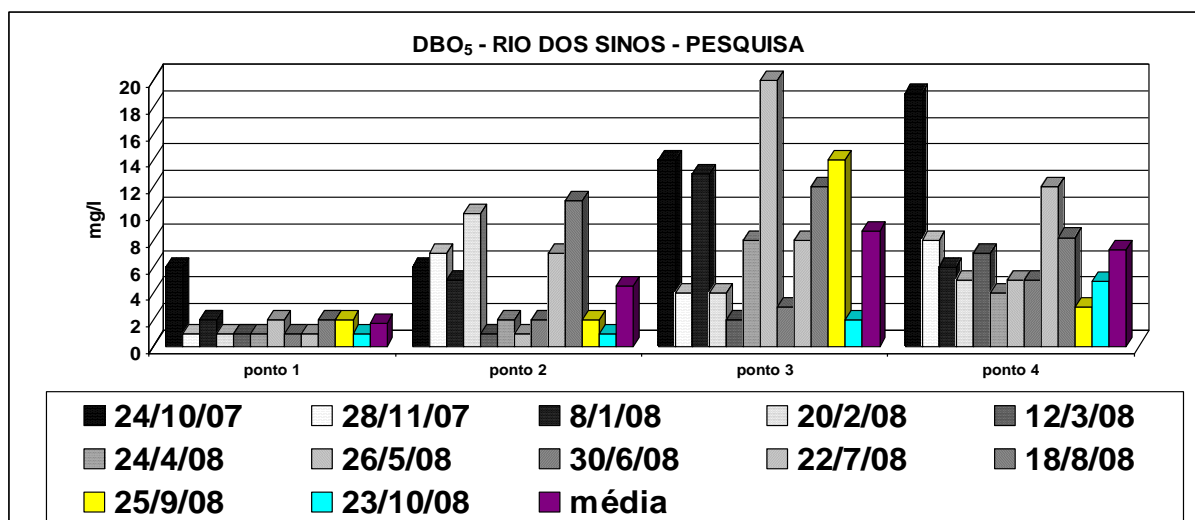
### 5.2.1 Concentrações de DBO<sub>5</sub> - Monitoramentos da Pesquisa e da FEPAM

A DBO<sub>5</sub> é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, em 05 dias. Esta análise avalia a quantidade de O.D., em mg O<sub>2</sub>/l, que será consumida pelos organismos ao degradarem a matéria orgânica. Os maiores aumentos em termos de DBO<sub>5</sub>, num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica em um recurso superficial de água pode induzir à completa extinção do O.D. no ambiente, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

A Figura 24 apresenta os resultados e médias dos valores das análises de DBO<sub>5</sub> obtidos em cada coleta ao longo do monitoramento realizado neste trabalho. Na Figura 25 está apresentado o comportamento das concentrações e da média de DBO<sub>5</sub> em cada ponto pesquisado.



**Figura 24 – Comportamento por coleta dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa.**



**Figura 25** – Comportamento por ponto de coleta dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa.

A avaliação dos resultados demonstrados nas Figuras 24 e 25 indica que ocorreu o aumento da concentração de DBO<sub>5</sub> do ponto mais próximo à região da nascente do Rio dos Sinos (P01) em direção ao ponto de maior proximidade da foz (P04). Calculando as variações ocorridas observamos que em 42% dos resultados a concentração aumentou do P01 até P03, reduzindo do P03 em relação ao P04. Na mesma quantidade de ocorrências, 42% dos resultados apontaram que a concentração de DBO<sub>5</sub> aumentou entre o P03 e P04. Observa-se nesta condição uma alternância de pontos de maior concentração de DBO<sub>5</sub> entre o ponto P03 e P04, independente do período de alta ou baixa dos volumes de água do rio dos Sinos.

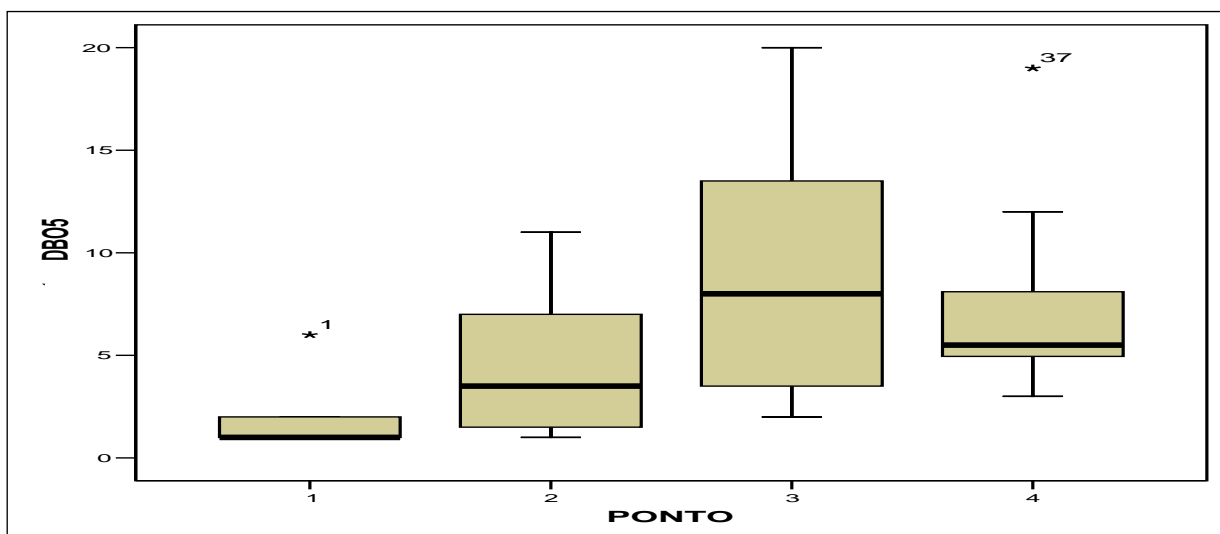
Na Figura 25 ainda pode ser verificado que o ponto P02 apresentou maior concentração entre todos os pontos amostrados na data de 20/02/08, não sendo verificada condição anormal no curso hídrico no momento da coleta.

O P01 apresentou predominância de resultados no monitoramento de DBO<sub>5</sub> em valores iguais ou inferiores a 2 mg/l. Este aspecto indica uma provável preservação ambiental com reduzida interferência de ações antrópicas na região.

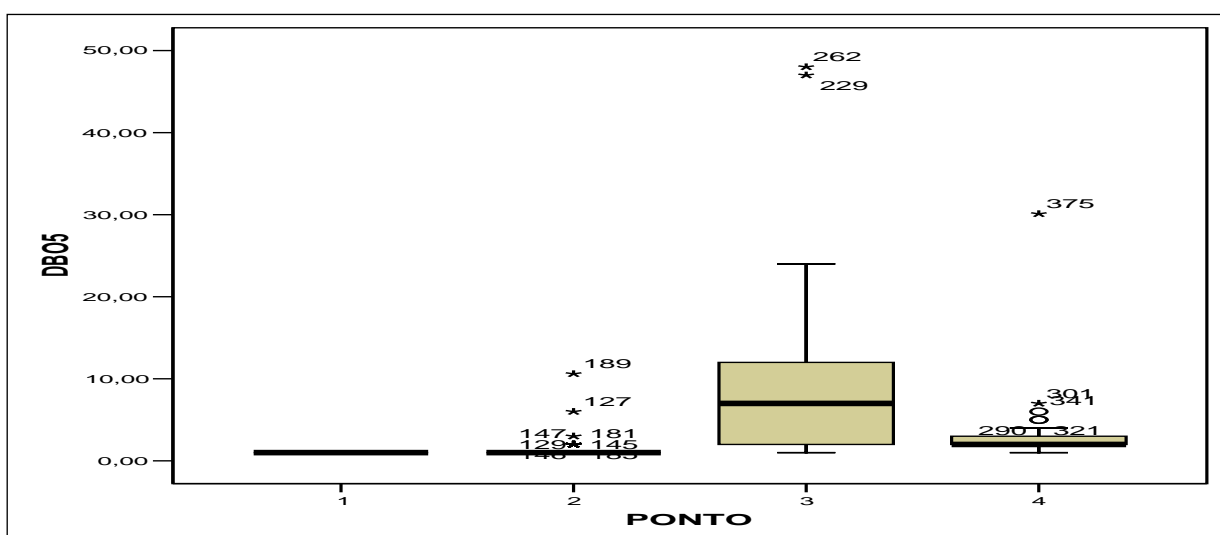
O único resultado encontrado no P01 que superou 2,0 mg/l de concentração de DBO<sub>5</sub> ocorreu na coleta do dia 24/10/2007, que apresentou valor superior a 5 mg/l. Os volumes de água no ponto P01, encontrado no dia da realização desta coleta se demonstraram reduzidos em relação às outras datas de coleta, podendo justificar um incremento na concentração por redução da diluição. Esta condição pode indicar uma possível interferência natural na qualidade da água neste ponto, nesta data.

Com relação ao comportamento geral dos resultados pode ser destacada a ocorrência de resultados relativamente superiores nos P03 e P04, indicando um acréscimo de demanda do oxigênio para estabilização da matéria orgânica nestes pontos.

As Figuras 26 e 27 apresentam os gráficos de caixa referentes aos valores de concentração de  $DBO_5$ , em mg/l, apurados no monitoramento da pesquisa e no monitoramento da FEPAM realizado de 2000 a 2008.



**Figura 26** – Resultados do parâmetro  $DBO_5$  do monitoramento da pesquisa.



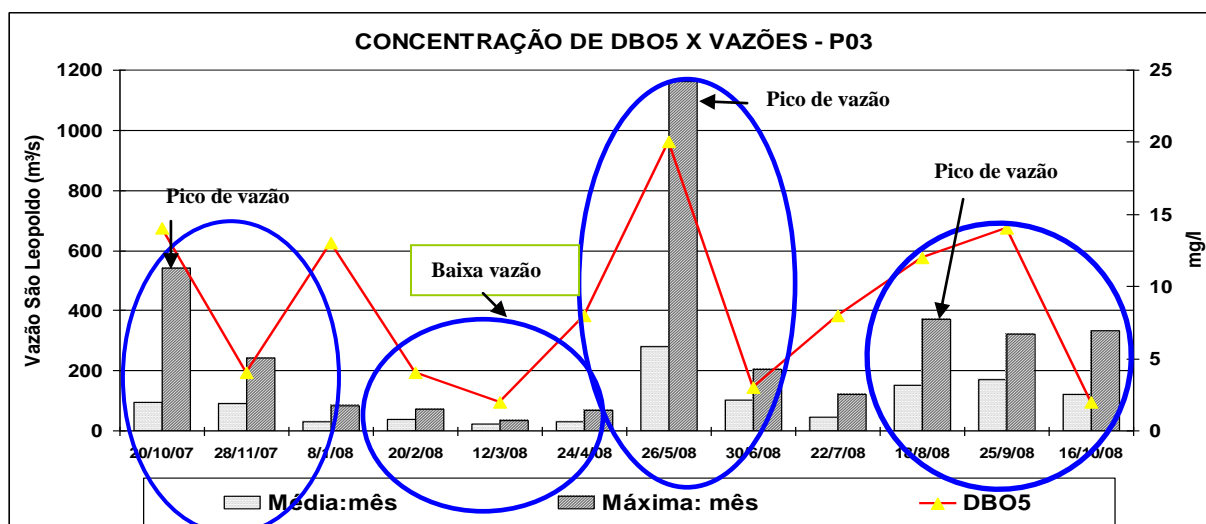
**Figura 27** – Os resultados do parâmetro  $DBO_5$  do monitoramento da FEPAM.

As Figuras 26 e 27 indicam que o valor máximo, o maior valor de mediana e a maior dispersão de resultados para o parâmetro  $DBO_5$  ocorrem no ponto 03, tanto no monitoramento

da pesquisa como no monitoramento da FEPAM. Também é verificado que a mediana da concentração de  $\text{DBO}_5$  no ponto P04 da pesquisa (próximo a 5,0 mg/l) é superior a do monitoramento da FEPAM (inferior a 5,0 mg/l).

A matriz de correlação de Pearson indicou significância de resultado na tendência de aumento de concentração de  $\text{DBO}_5$ , no P03, com o aumento da vazão média e máxima no ponto de referência CPRM V3, localizado próximo e a jusante do ponto de monitoramento.

A Figura 28 demonstra a comparação das vazões médias e máximas com a concentração de  $\text{DBO}_5$  cuja correlação foi identificada no resultado do tratamento estatístico de Pearson.



**Figura 28** – Comparativo entre vazões média e máximas mensais com a concentração de  $\text{DBO}_5$  no ponto P03 da pesquisa.

A relação estatística de Pearson pode ser confirmada na Figura 28. Os menores valores de vazões máximas e médias, ocorridas principalmente entre fevereiro a abril de 2008 no V3, apresentaram baixos valores de concentrações de  $\text{DBO}_5$  no P03, em relação à maioria das outras amostragens realizadas neste ponto de coleta. Este aspecto pode indicar que a redução de qualidade da água no ponto amostrado não tem como fator principal a redução de capacidade de diluição ou depuração das cargas poluidoras afluentes por redução de vazão no ponto P03 da pesquisa. Uma das hipóteses de justificativa a esta condição ambiental é o fato de que o período de baixa vazão no P03 do rio dos Sinos ocorre devido de uma baixa vazão de seus afluentes, incluindo sistemas de drenagem pluviais das cidades a montante e no entorno deste ponto. A redução de vazão da drenagem dos centros urbanos significa o aumento do tempo de permanência dos lançamentos de águas servidas em tubulações, arroios e outros componentes dos sistemas de drenagem. O maior tempo de detenção nestes sistemas urbanos

submetem as águas de drenagem a processos naturais de depuração e redução da carga orgânica por processos de decomposição biológica dos esgotos lançados e outras interações físico-químicas. A condição de proximidade do P03 com das sub-bacias drenadas pelo Arroio Gauchinho, Luiz Rau e Pampa que comportam uma ocupação populacional de aproximadamente 240.000 habitantes, com baixo nível de tratamento adequado de esgotos, podem determinar que esta situação seja mais intensamente observada.

A correlação de vazão e concentração também é identificada no aumento da concentração de  $DBO_5$  em amostragens que apresentaram períodos de elevação de vazão média e máxima, principalmente nas coletas realizadas nos meses de outubro/2007 e maio/2008.

O aumento da concentração de  $DBO_5$  de forma simultânea ao aumento de vazão média e máxima no P03 pode ser associado ao aumento de contribuição de vazão de escoamento nas regiões das sub-bacias do Arroio Gauchinho, Luiz Rau e Pampa, situados no entorno e a montante do ponto amostrado. Estas sub-bacias apresentam grande concentração urbana e baixo índice de tratamento de esgoto com a possibilidade deste incremento de matéria orgânica.

### 5.2.2 Testes estatísticos para o parâmetro $DBO_5$

Testes estatísticos foram aplicados ao conjunto de dados obtidos (média, máximo ou mínimo, diferenças significativas entre pontos, correlação com vazão e desvio padrão) de cada parâmetro monitorado. Os dados do resumo dos testes estatísticos apresentados neste trabalho visam apontar o ponto de maior degradação e uma possível correlação com a vazão. Os valores para demonstrar a maior degradação são determinados por concentrações máximas ou mínimas, conforme a contribuição do parâmetro para a determinação da qualidade da água, e também por médias. Os resultados apresentados na tabela 13 resumem a descritiva analítica e os testes Pos Hoc Tests e ANOVA, aplicados aos resultados do monitoramento de  $DBO_5$  da pesquisa. O resultado do teste ANOVA apresenta possíveis diferenças significativas entre as médias de cada ponto.

**Tabela 13** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da Pesquisa. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mgO <sub>2</sub> /l)	Máximo (mgO <sub>2</sub> /l)	Mínimo (mgO <sub>2</sub> /l)	Desvio Padrão	ANOVA - Diferenças Significativas(**)
P01	12	1,75	6	1	1,422	<P03 e <P04

P02	12	4,58	11	1	3,605	Não
P03	12	8,67	20	2	5,883	>P01
P04	12	7,26	19	3	4,401	>P01

A tabela 13 demonstra que os pontos P03 e P04 apresentam valores de concentração de DBO<sub>5</sub> significativamente superiores aos resultados encontrados no P01. Também é verificado que o P03 apresenta maior média, maior valor máximo e maior desvio padrão.

Os testes estatísticos aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM estão apresentados resumidamente apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mgO <sub>2</sub> /l)	Máximo (mgO <sub>2</sub> /l)	Mínimo (mgO <sub>2</sub> /l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	73	1	1	1	0,00	<P03
P02	77	1	10,6	1,41	1,273	<P03
P03	61	9,2	48	1	9,520	>P01, P02 e P04
P04	76	2,6	30,1	1	3,385	<P03

A tabela 14 demonstra que o ponto P03 apresenta valores de concentração de DBO<sub>5</sub> significativamente superiores aos resultados encontrados no P01, P02 e P04 identificado pela aplicação do teste estatístico Pos Hoc Tests. Como no monitoramento realizado na pesquisa o P03 apresentou maior média, maior valor máximo e maior desvio padrão no monitoramento da FEPAM.

Os resultados apresentados nas Tabelas 13 e 14, permitem observar que as médias do P01, P02 e P04 da pesquisa foram significativamente superiores as encontradas no monitoramento da FEPAM.

A Tabela 15 apresenta o comparativo entre valores típicos dos monitoramentos da pesquisa e da FEPAM, como a média e o valor máximo da concentração da DBO<sub>5</sub>

**Tabela 15** - Valores máximos dos monitoramentos.

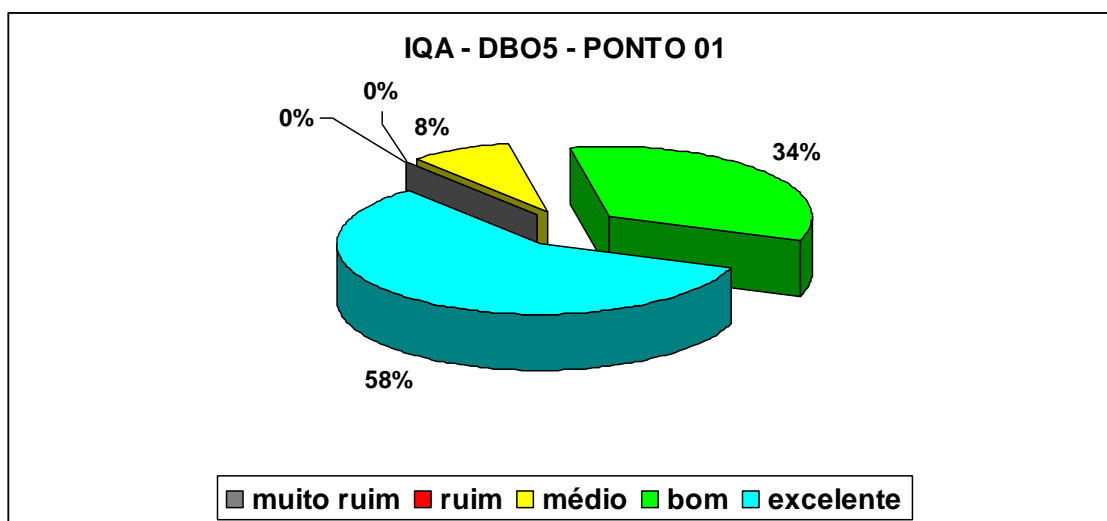
Critério	PESQUISA	FEPAM
Maior média (DBO <sub>5</sub> )	Ponto 03 (8,6 mgO <sub>2</sub> /l)	Ponto 03 (9,2 mgO <sub>2</sub> /l)
Valor máximo (DBO <sub>5</sub> )	Ponto 03 (20 mgO <sub>2</sub> /l)	Ponto 03 (48,0 mgO <sub>2</sub> /l)
Maior desvio padrão	Ponto 03 (5,8)	Ponto 03 (9,5)

Os resultados apontados na Tabela 15 demonstram que o maior desvio padrão, o valor de maior média e valor máximo, obtidos no P03 do monitoramento da Pesquisa, são inferiores aos obtidos na aplicação do mesmo teste no monitoramento da FEPAM. Estes aspectos indicam que o período monitorado na pesquisa apresentou menores concentrações de  $DBO_5$  em relação ao monitoramento da FEPAM. Tal aspecto demonstra que o monitoramento da FEPAM detectou períodos de concentrações de  $DBO_5$  de valores superiores como é o caso dos valores máximos que para a FEPAM apresentou 48 mg/l e no monitoramento foi 20 mg/l.

### 5.2.3 Índice de Qualidade da Água do Monitoramento da Pesquisa - IQA da $DBO_5$

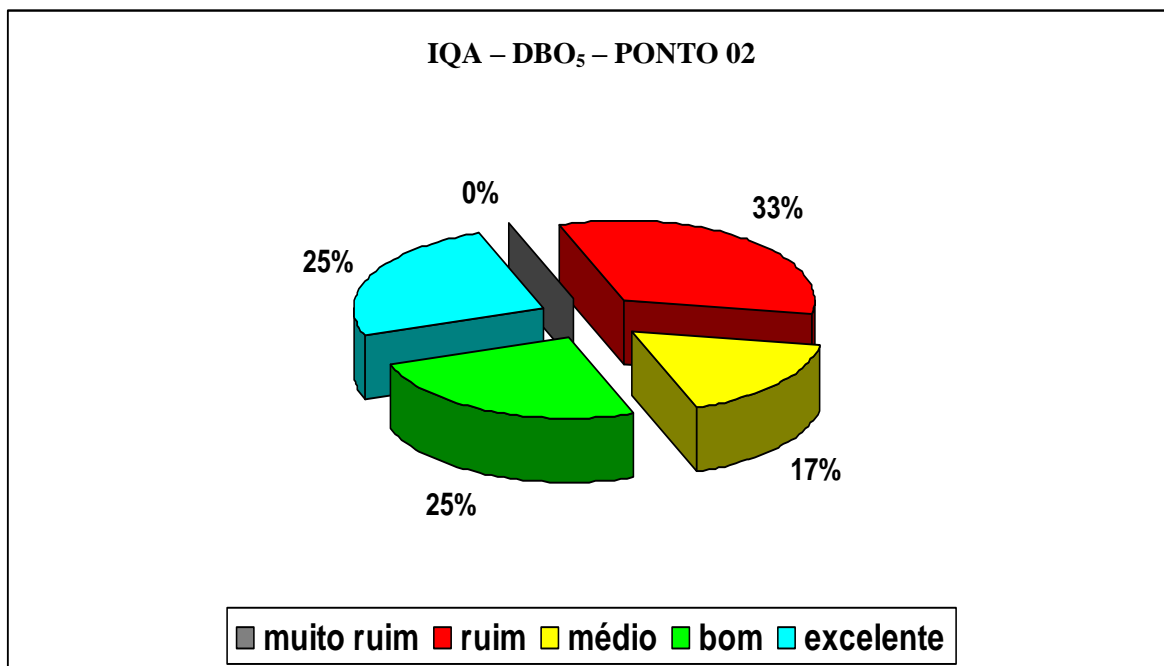
Os percentuais de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, do parâmetro  $DBO_5$ , estão demonstradas nos Figuras 29, 30, 31 e 32.

O ponto P01, conforme Figura 29, apresenta uma boa qualidade de água devido a  $DBO_5$ , apresentando resultados de 58% como excelente e 34% boa.



**Figura 29** – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01.

A redução dos valores dos IQA no P02 em relação ao P01, é verificada na Figura 30, onde é observada que 33% das amostragens apresentaram à qualidade “ruim” e 17% a qualidade "médio".

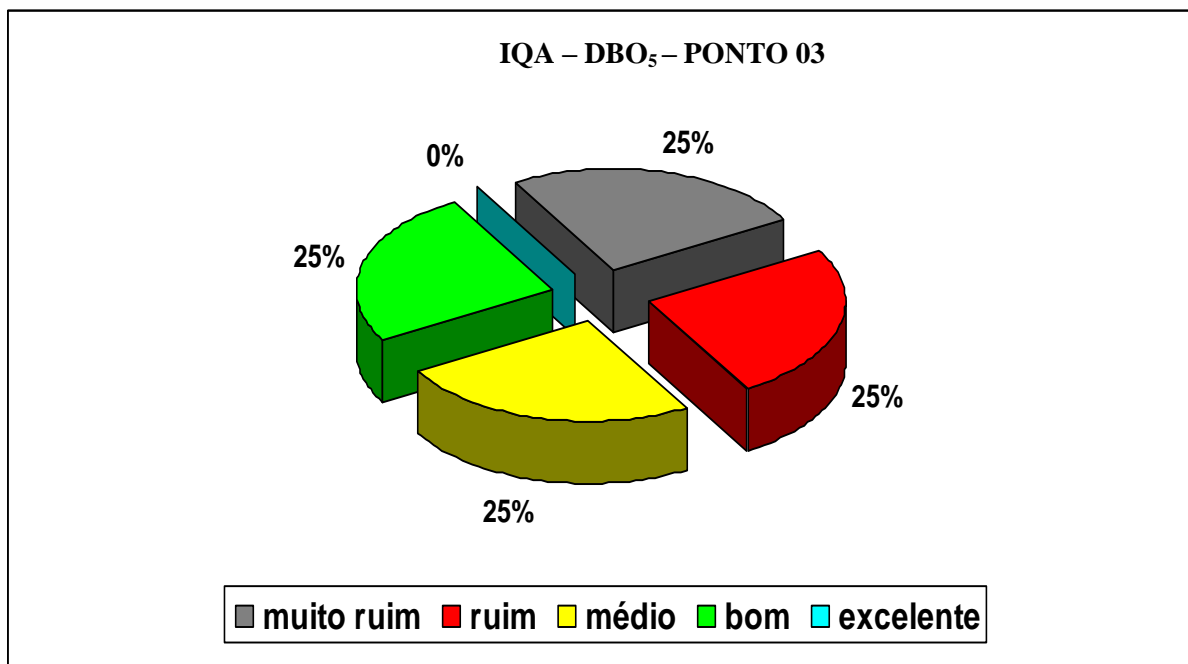


**Figura 30** – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01.

Os piores índices de qualidade do ponto P02 se concentraram em dois períodos. O primeiro período ocorreu nas coletas realizadas entre outubro de 2007 e fevereiro de 2008. Este período é quando são intensificadas as atividades agrícolas na região através da irrigação das lavouras, principalmente a de arroz, sendo esta uma atividade típica da região. Neste período também é observado o período de predominância de menores volumes de água no rio.

O segundo período de pior qualidade de água ocorreu nos meses de julho e agosto de 2008. No mês de agosto foi verificado o pior IQA da DBO<sub>5</sub> do monitoramento da pesquisa, sendo também verificada a terceira maior vazão média mensal do mesmo período monitorado. Todavia a correlação entre a vazão e o IQA da DBO<sub>5</sub>, no ponto 02, não é confirmada pelo tratamento estatístico dos resultados, realizado pela aplicação da matriz de correlação de Pearson.

O cálculo do IQA, da DBO<sub>5</sub> do monitoramento da pesquisa, para o ponto P03 apresentou índices de qualidade de água distribuídos de forma quase semelhante entre quatro classificações, de muito ruim a bom (Figura 31). Nenhum resultado apresentou índice de qualidade excelente.



**Figura 31** – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P03.

Os resultados apresentados na Figura 31 apontam a ocorrência de uma significativa redução do IQA para o parâmetro DBO<sub>5</sub> no P03 em relação aos pontos monitorados a montante. Os resultados apontam que em 50 % das coletas a classificação foi ruim ou muito ruim. A contaminação orgânica é explicada pelo fato do ponto estar localizado próximo à foz dos arroios Gauchinho, Pampa e Luiz Rau, que drenam sub-bacias importantes com alto grau de urbanização e sem infra-estrutura de tratamento de esgoto.

O ponto P04, cuja distribuição dos resultados de IQA-DBO<sub>5</sub> está apresentada na Figura 32 demonstra uma predominância de qualidade média (50 %). Em relação ao P03, a frequência de ocorrência do resultado muito ruim diminuiu de 25 % para 8%. O índice ruim no P04 foi encontrado em 34% dos resultados contra 25 % do P03. No somatório o ponto P03 apresentou 50 % de resultados entre médio e bom, pouco inferior aos resultados encontrado no P04 que foi de 58 % como vemos no gráfico da figura 32 apresentada a seguir.

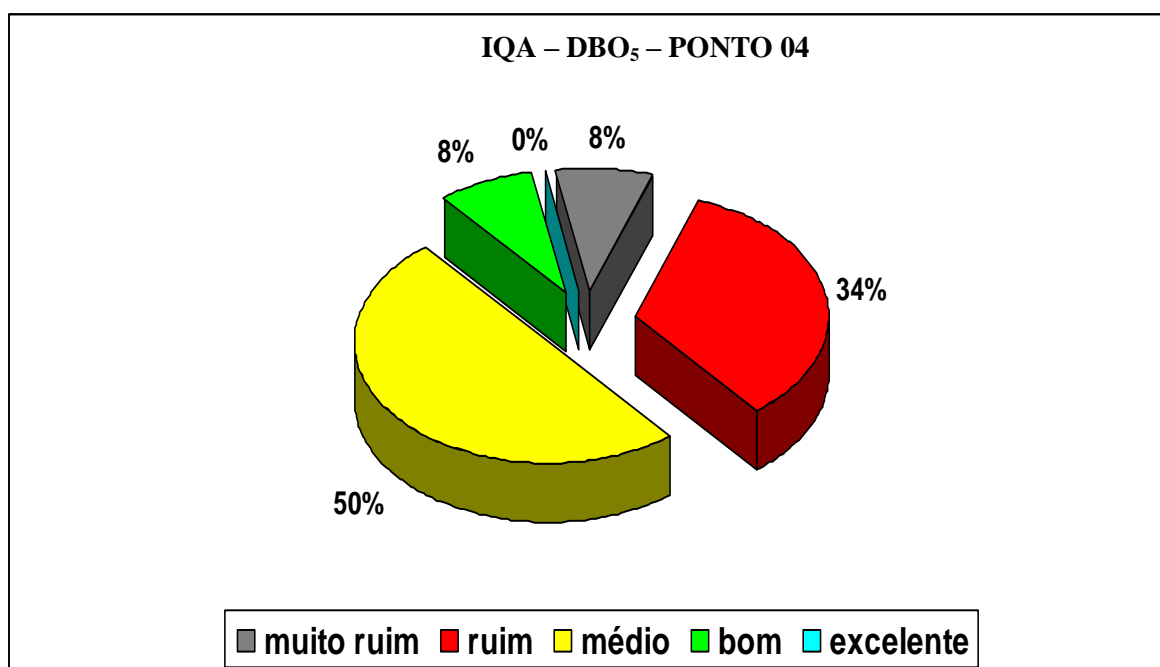
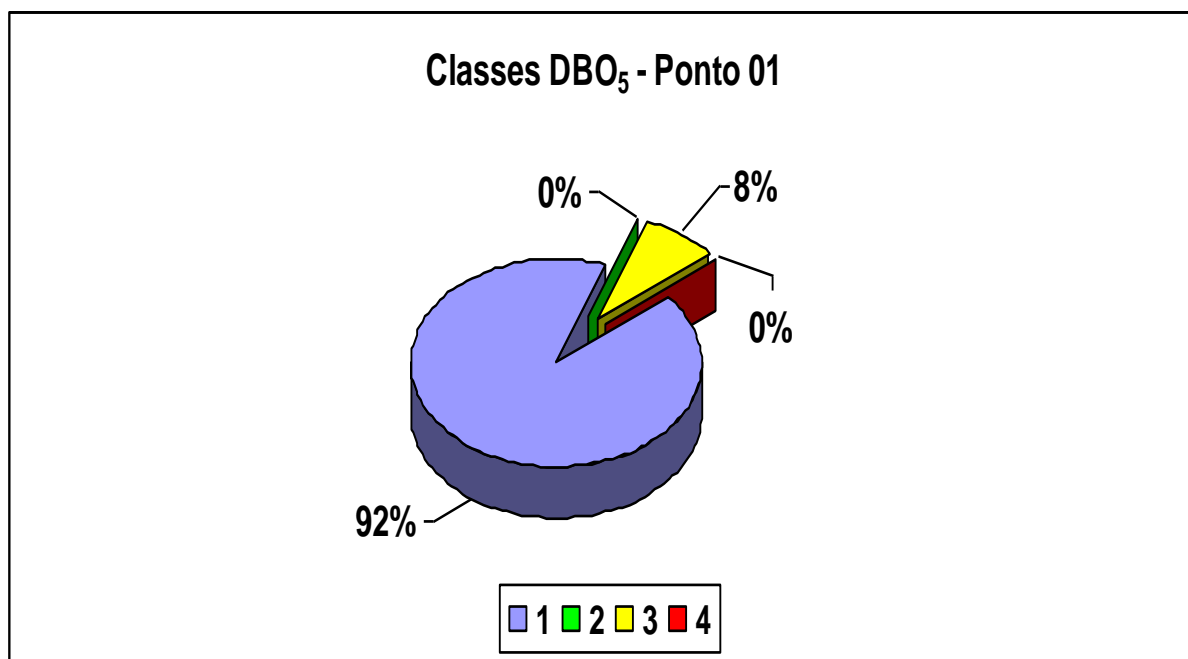


Figura 32 – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P04.

Considerando a redução de ocorrência da qualidade muito ruim e o pequeno aumento da quantidade de resultados entre médio e bom podemos verificar uma relativa melhoria da qualidade média da água no P04 em relação ao ponto P03. Apesar desta possível condição de melhora os resultados apontam que o P04 apresenta significativa degradação da qualidade da água com relação ao parâmetro DBO<sub>5</sub> de acordo com as definições estabelecidas no cálculo do IQA.

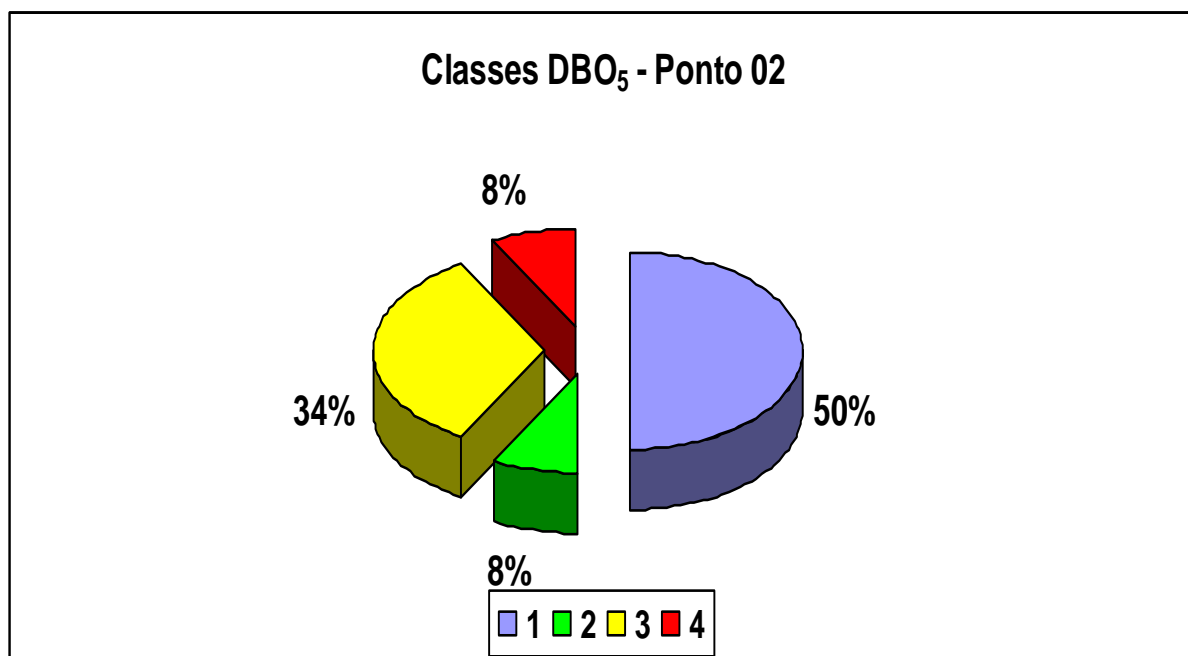
#### **5.2.4 Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de DBO<sub>5</sub> encontrados no monitoramento da pesquisa e da FEPAM**

Nas Figuras 33, 34, 35 e 36 são apresentados os percentuais de ocorrência de cada classe de enquadramento de uso da água, conforme a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para o parâmetro DBO<sub>5</sub> do monitoramento realizado na pesquisa.



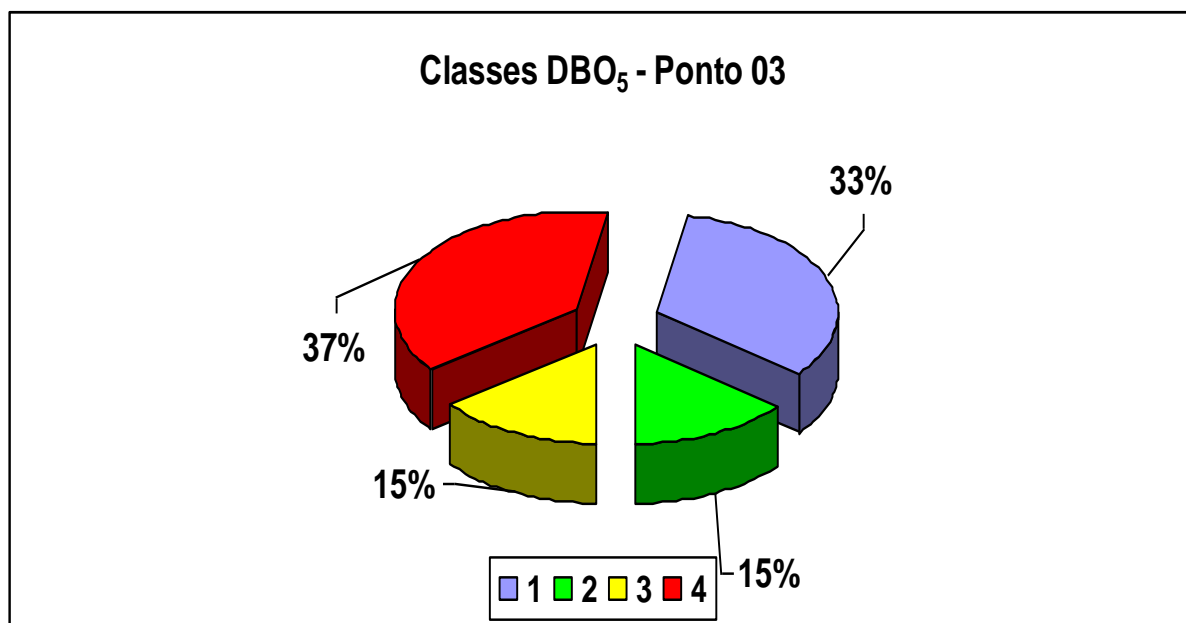
**Figura 33** – Percentual de ocorrência de classes para P01. Monitoramento da pesquisa.

A análise dos resultados apresentados na Figura 33, onde é registrada a ocorrência de 98% de Classe 1 confirma a preservação da qualidade da água encontrada no P01.



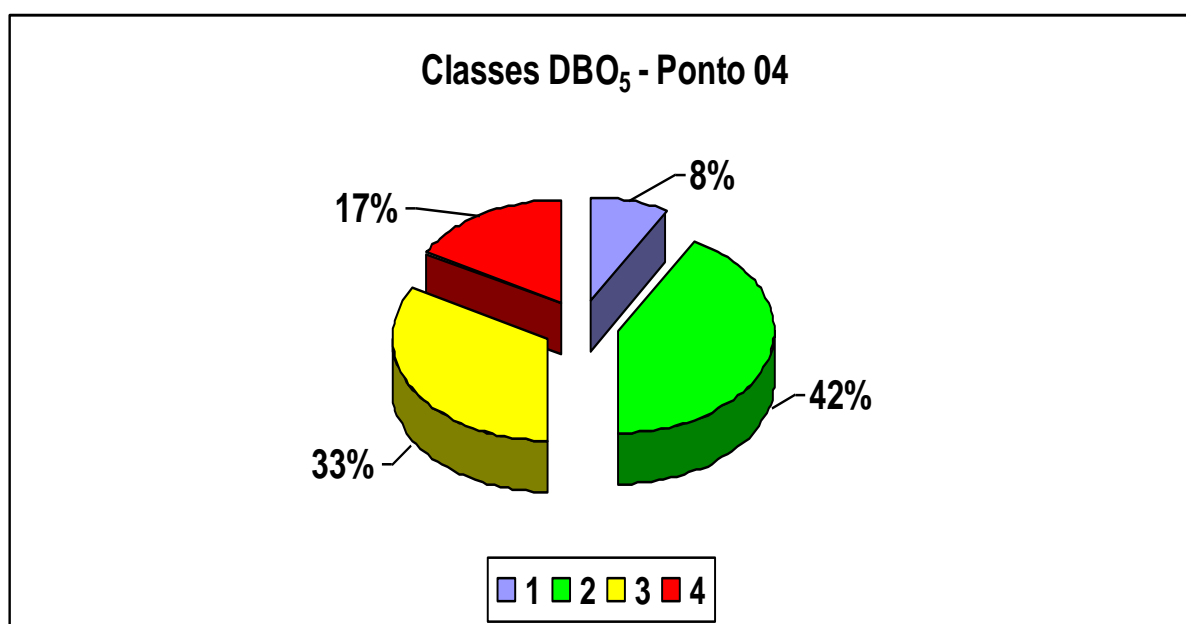
**Figura 34** – Percentual de ocorrência de classes para P02. Monitoramento da pesquisa.

A Figura 34 demonstra que o P02 apresenta redução da qualidade em relação ao P01, todavia com reduzida ocorrência de classe 04, possibilitando desta forma o uso da água para finalidade importantes e usais na região como abastecimento público e a irrigação.



**Figura 35** – Percentual de ocorrência de classes para P03. Monitoramento da pesquisa.

A Figura 35 demonstra que o P03 tem significativa degradação de qualidade da água em relação ao parâmetro DBO<sub>5</sub>, sendo que em 37% das amostragens apresentou uso apropriado apenas para navegação e paisagismo (classe 4). Todavia o ponto também apresenta uma incidência significativa de classes 1 e 2 (48%). Esta variação, entre as classes pode ser associada à variação de vazão do Rio dos Sinos, como demonstrado na análise das concentrações de DBO<sub>5</sub> apresentada na figura 28.



**Figura 36** – Percentual de ocorrência de classes para P04. Monitoramento da pesquisa.

A Figura 36 demonstra que o P04, em relação ao P03, apresenta uma redução significativa de ocorrência de classes 4 e 1 e um aumento da ocorrência das classes 2 e 3. Este aspecto pode indicar que o P04 não se demonstra tão susceptível à oscilação de concentração de  $DBO_5$  como o P03. Uma possível explicação para a oscilação de classe para o P03 pode ser atribuída à proximidade da foz dos arroios Luis Rau e Gauchinho que drenam áreas de grande concentração urbana, cuja drenagem é condicionada a condições diversas, como a saturação do solo e da condição pluviométrica da época.

A Figura 37 mostra a frequência de enquadramento das classes do rio dos Sinos referentes ao parâmetro  $DBO_5$ , conforme a Resolução CONAMA 357/05, relativamente aos pontos monitorados pela FEPAM no período compreendido entre 1990 e parte de 2009.

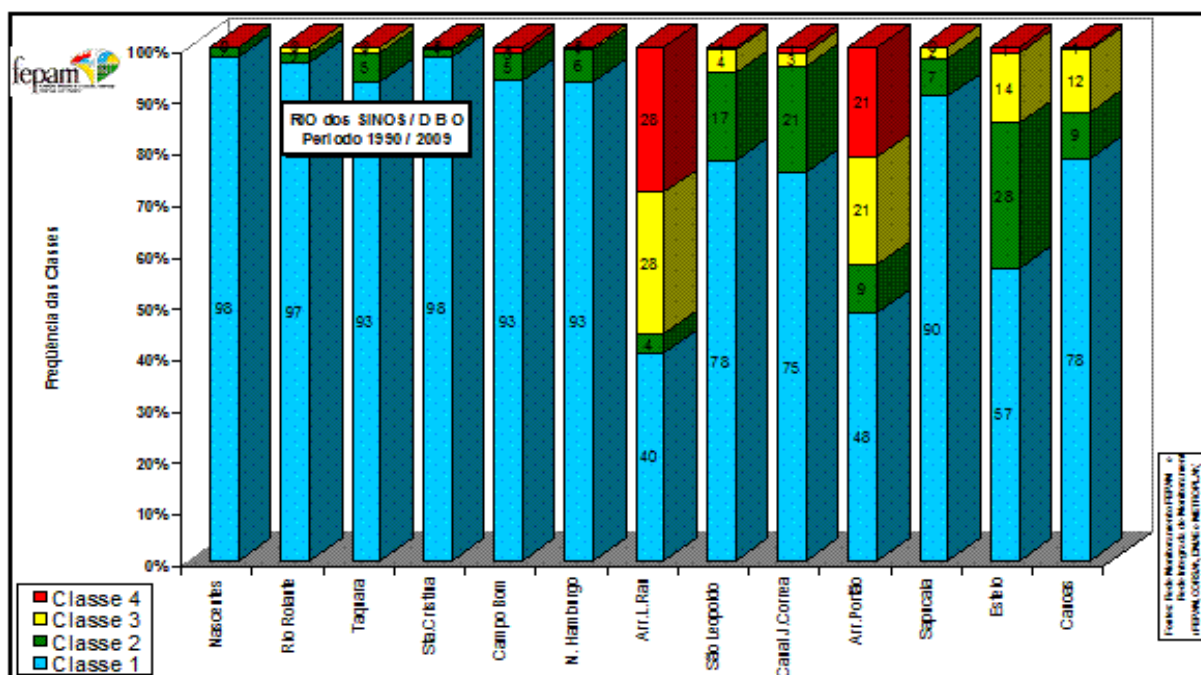


Figura 37 – Frequência de ocorrência de classes da Resolução CONAMA 357/05.

Segundo a FEPAM (2009) “O trecho superior do rio dos Sinos apresenta predominância de Classe 1, onde as concentrações de matéria orgânica são inferiores a 3,0 mg/l. Ao entrar na Região Metropolitana as concentrações de matéria orgânica aumentam, especialmente junto aos arroios Portão (Estância Velha e Portão) e Luiz Rau (área central de Novo Hamburgo). O Gráfico mostra que estes dois locais se destacam pelas altas concentrações de matéria orgânica, especialmente o arroio Portão aonde estas concentrações vem aumentando nos últimos anos, alcançando médias anuais de Classe 4

*(superiores a 10 mg/L). Em 2007 e 2008, os resultados mostram uma queda na concentração de DBO<sub>5</sub> tanto no arroio Luiz Rau como no arroio Portão.”*

Comparando os dados publicados pela FEPAM com os resultados dos pontos monitorados pela pesquisa, referente às concentrações de DBO<sub>5</sub>, podemos observar que:

\* O ponto P01 do monitoramento da pesquisa apresenta frequência de ocorrência de classes de uso da água, similares ao histórico do monitoramento da FEPAM (2009) do mesmo ponto, apresentado no gráfico como “nascentes”, sendo que a classe 1 se repetiu em 92% e 98% das amostragens, respectivamente, nos monitoramentos considerados;

\* O ponto P02 do monitoramento da pesquisa apresentou variações na classificação de classes da resolução do CONAMA 357/05 em relação ao monitoramento realizado pela FEPAM (Figura 35) no mesmo local (Santa Cristina). A ocorrência de classe 01 reduziu de 98% (FEPAM) para 50% (Pesquisa). A condição de classe 2 apresentou apenas 6% de ocorrência na Pesquisa e a classe 03 esteve presente em 34% dos resultados. Neste ponto do monitoramento da pesquisa já se verifica a ocorrência da classe 04, representando sinais de degradação e início de limitações quanto à forma ou tipo de uso da água;

\* O ponto P03 do monitoramento da pesquisa apresentou variação de classe de água no monitoramento da pesquisa em relação ao monitoramento da FEPAM, sendo verificada a redução de ocorrência de classe 01 de 40% (FEPAM) para 10% (pesquisa), o aumento de ocorrência de classe 2 de 4% para 42%, aumento da classe 3 de 28% para 33%. O número de ocorrência de classe 04 teve uma redução de aproximadamente 11% no monitoramento da pesquisa;

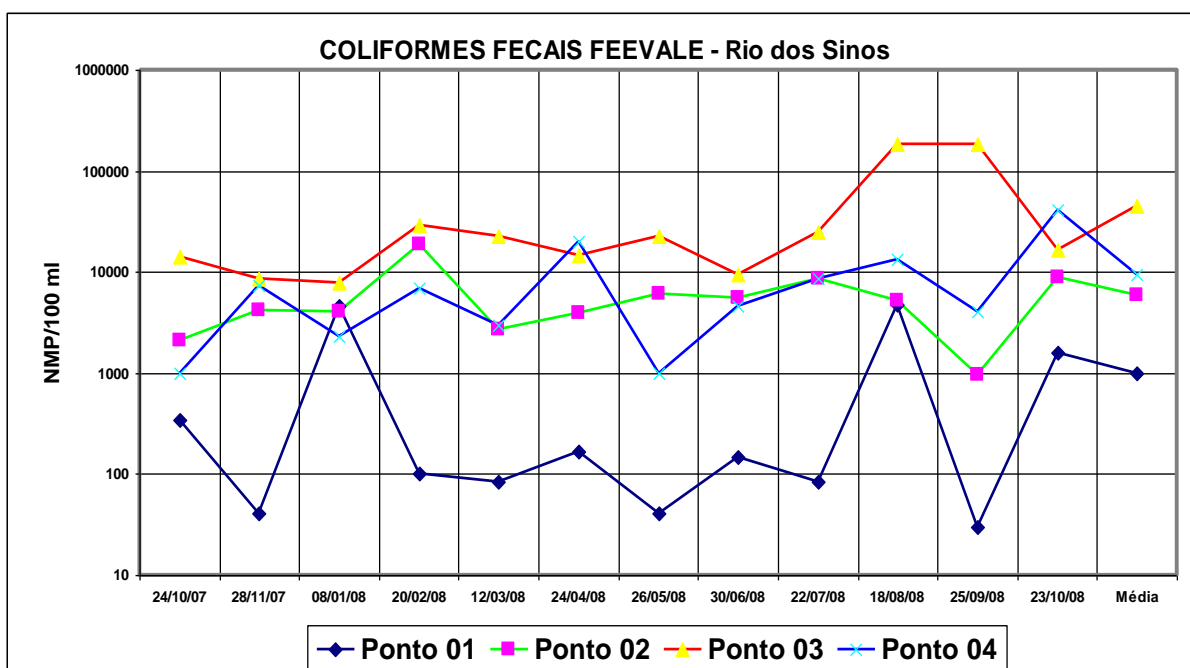
\* O ponto P04 do monitoramento da pesquisa apresentou variação de classe no monitoramento da pesquisa em relação ao monitoramento da FEPAM, sendo verificada pela redução de ocorrência de classe 1 de 90% (FEPAM) para 8% (pesquisa). O monitoramento da pesquisa apresentou aumento de ocorrência de classe 2 de aproximadamente 26%, em relação ao monitoramento da FEPAM. A classe 04 que não ocorreu no histórico da FEPAM mas ocorreu em 17% das análises realizadas na pesquisa. Este aspecto indica que o monitoramento da pesquisa detectou níveis IQA inferiores em relação ao monitoramento da FEPAM.

### **5.3 PARÂMETRO COLIFORMES FECAIS (*ESCHERICHIA COLI* – *E.C.*)**

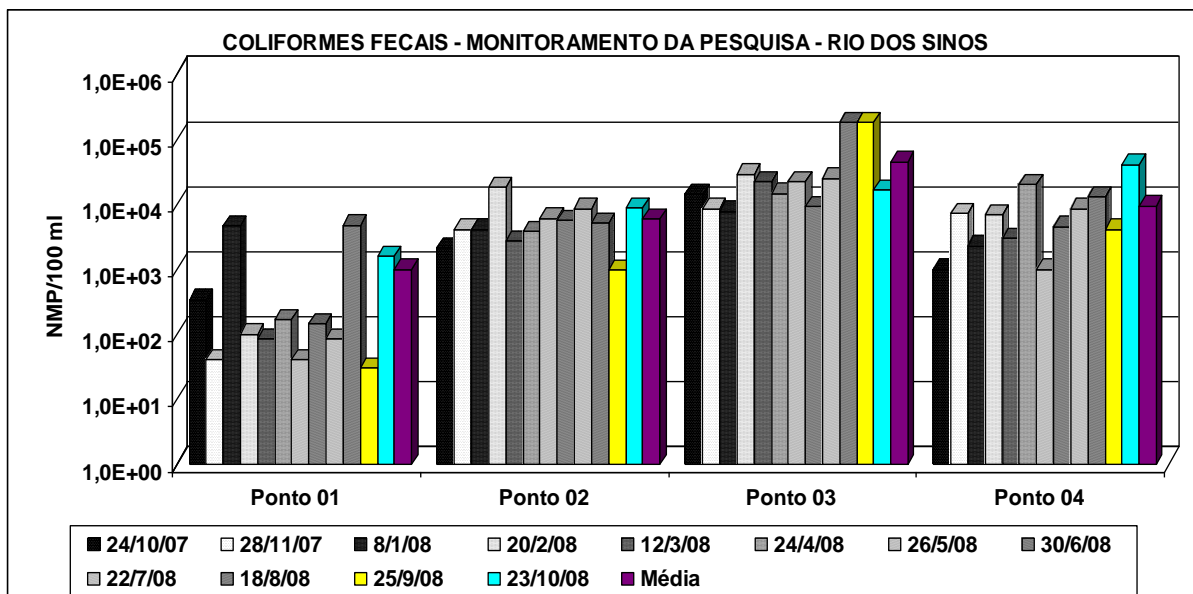
#### **5.3.1 Coliformes Fecais – Resultados do Monitoramento da Pesquisa**

Segundo a Portaria 36 do Ministério da Saúde, os coliformes são definidos como todos os bacilos gram-negativos, aeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (surfactantes) com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de aldeído e gás a 35°C, em 24-48 horas. As bactérias do grupo coliforme são uns dos principais indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e de outros animais. Essas bactérias reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera.

As Figuras 38 e 39 apresentam o comportamento dos resultados do parâmetro de coliformes fecais (e.c.) do monitoramento da pesquisa realizado nos pontos P01, P02, P03 e P04. Os valores são apresentados por coleta e por ponto, incluindo suas médias.



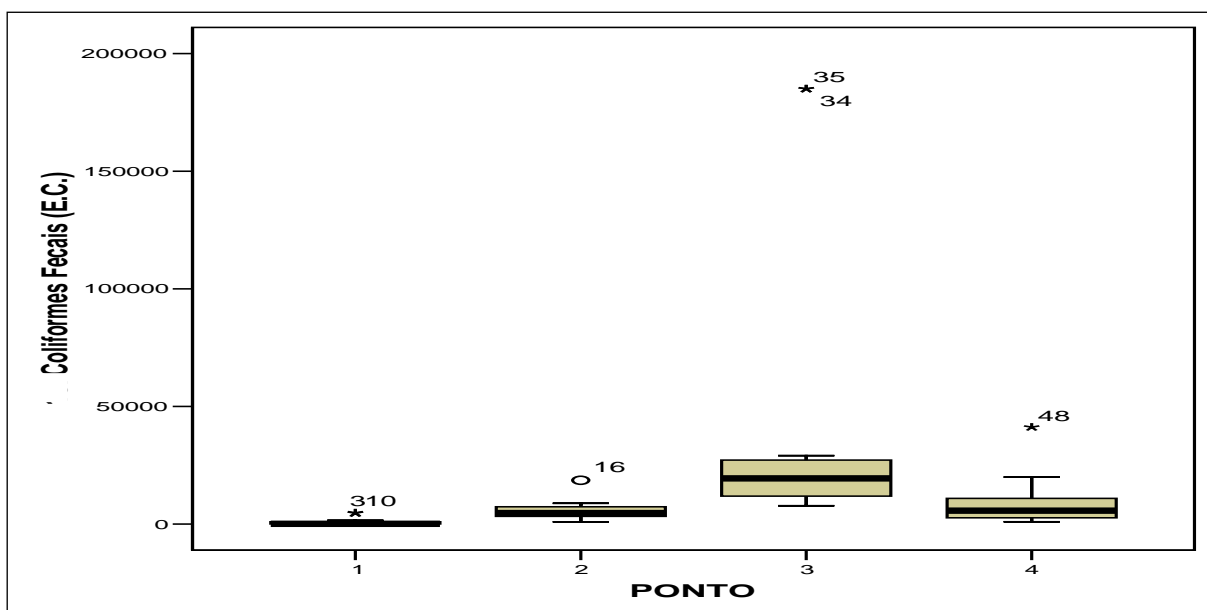
**Figura 38** – Comportamento dos resultados por ponto de coleta - monitoramento da pesquisa.



**Figura 39** – Comportamento por ponto dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa.

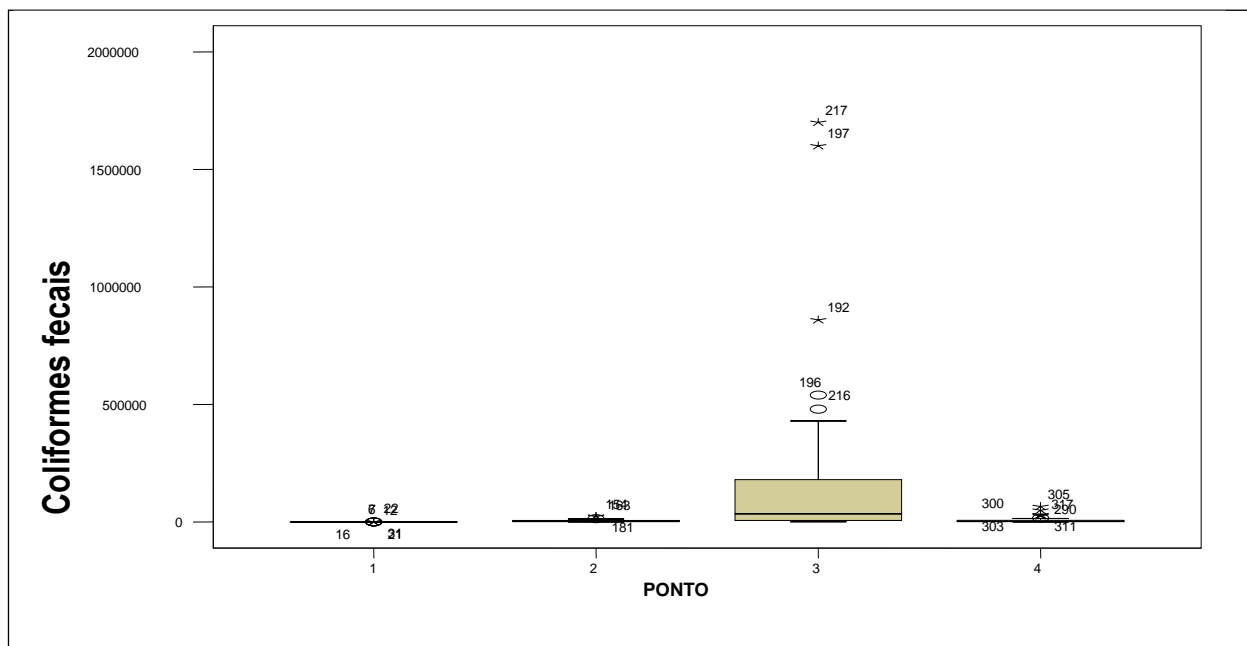
Nas Figuras 38 e 39 podemos verificar o aumento da concentração de coliformes fecais a partir do P01 até o P03, reduzindo então até o P04. Comparando os resultados dos pontos P02 e P04 apresentados na Figura 38 é possível constatar a alternância de maior valor de Coliformes Fecais e que as médias dos resultados deste parâmetro são próximas.

A Figuras 40 apresenta o gráfico de caixas referente à variação da concentração de coliformes fecais (e.c.) apurados no monitoramento da pesquisa.



**Figura 40** – gráfico de caixas referente aos valores de concentração de Coliformes Fecais (E.C.) apurados no monitoramento da Pesquisa.

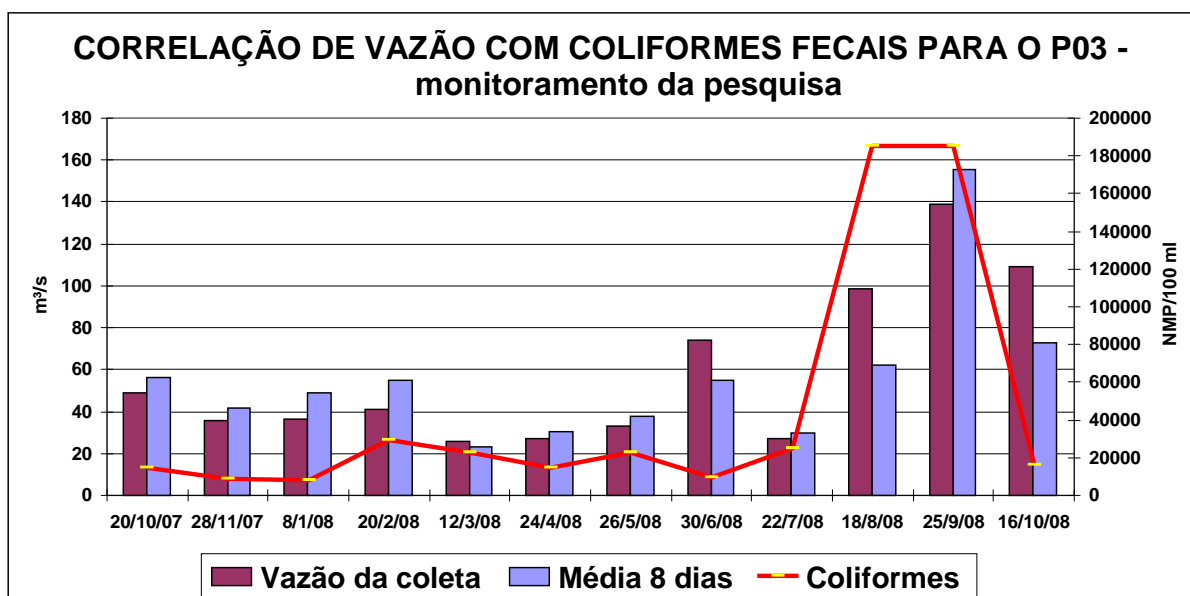
O monitoramento da FEPAM não disponibiliza informações sobre a concentração de coliformes fecais (e.c.). Para avaliar a variação de coliformes ocorrida ao longo do monitoramento das FEPAM foram utilizados os resultados de coliformes termotolerantes cujo gráfico é apresentado na Figura 41.



**Figura 41** – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de Coliformes Termotolerantes apurados no monitoramento da FEPAM (2000-2008).

A Figura 40 demonstra que o monitoramento da pesquisa apresentou a ocorrência de maior mediana e dispersão de resultados da concentração de coliformes fecais (e.c.) no P03. Da mesma forma a maior mediana e dispersão de resultados de concentração de coliformes termo-tolerantes do monitoramento da FEPAM foi encontrada também no P03.

A matriz de correlação de Pearson indicou significância de resultado na tendência de aumento de concentração de coliformes fecais (e.c.) no P03 associada ao aumento da vazão do dia da coleta e da média dos últimos 8 dias no ponto de referência CPRM V3, localizado próximo e a jusante do ponto de monitoramento. A Figura 42 apresenta a variação das vazões e da concentração de coliformes fecais (e.c.) no P03 ao longo do monitoramento.



**Figura 42** – Vazões e concentração de coliformes fecais (e.c.) no P03 ao longo do monitoramento.

Conforme demonstrado na Figura 42, as coletas realizadas nos meses de agosto e setembro apresentaram valores extremos para concentração de coliformes fecais (e.c.) coincidentemente com a ocorrência das maiores vazões do dia da coleta e da média dos últimos 8 dias, relativamente a todas realizadas no período de monitoramento. Este fato pode ser associado à condição de maior vazante de drenagem, principalmente da sub-bacia de Novo Hamburgo, através dos arroios Luis Rau, Gauchinho e Pampa apresentando acréscimos de vazões, podendo significar a ocorrência da “lavagem” dos sistemas de drenagem da região urbana, como das canalizações e caixas, além dos próprios arroios incrementando a descarga de esgotos no rio. Esta pior condição encontrada no P03 com maior concentração de coliformes fecais (e.c.) se demonstra similar a condição de  $DBO_5$  conforme já apresentado.

### 5.3.2 Testes estatísticos para o parâmetro Coliformes Fecais

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, Pos Hoc Tests e ANOVA, aplicados aos resultados de coliformes fecais do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma completa no forma resumida na Tabela 16.

**Tabela 16** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (nmp/100ml)	Máximo (nmp/100ml)	Mínimo (nmp/100ml)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	12	1,0E+03	4,8E+03	3,0E+01	513	<P03
P02	12	5,9E+03	1,9E+04	9,7E+02	1340	<P03
P03	12	4,5E+04	1,9E+05	7,8E+03	1897	>P01 e >P02
P04	12	9,4E+03	4,1E+04	1,0E+03	3295	Não

O teste estatístico ANOVA aplicado aos resultados obtidos na pesquisa indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos nas médias do parâmetro coliformes fecais (e.c.). O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média do parâmetro ocorre dos pontos P01 e P02 em relação ao ponto P03. Afora estas indicações não é verificado diferença significativa entre os pontos P01, P02 e P04, assim como entre os pontos P03 e P04. O descritivo estatístico demonstra a ocorrência do valor máximo, maior média e maior desvio padrão no ponto P03.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM estão apresentados de forma resumida na Tabela 17.

**Tabela 17** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (nmp/100ml)	Máximo (nmp/100ml)	Mínimo (nmp/100ml)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	73	5,7E+01	6,0E+02	2,0E+00	94	<P03
P02	77	5,4E+03	2,4E+04	1,5E+01	6021	<P03
P03	61	1,6E+05	1,7E+06	9,8E+02	313908	>P01, >P02 e > P04
P04	76	6,8E+03	6,6E+04	2,1E+01	11047	< P03

O teste estatístico ANOVA aplicado aos resultados obtidos no monitoramento da FEPAM indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos nas médias do parâmetro coliformes fecais (e.c.). O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média do parâmetro ocorre dos pontos 01, 02 e 4 com o ponto 03. O P03 é o ponto que apresenta média significativamente superior aos demais. Afora estas indicações não é verificado diferença significativa entre os pontos 01, 02 e 04. O descritivo estatístico demonstra a ocorrência do valor máximo, maior média e maior desvio padrão no ponto 03, sendo este apontado pelos relatórios da FEPAM como o de maior degradação devido a

lançamentos de esgotos sem tratamento. A condição apontada no monitoramento da FEPAM é similar a encontrada no monitoramento da pesquisa pois ambas indicam uma maior concentração de coliformes fecais no P03 que, associado à condição de maior DBO<sub>5</sub> podem determinar a maior condição de contaminação por efeitos de recebimento de cargas de esgoto ao longo dos pontos monitorados.

A Tabela 18 apresenta o comparativo dos pontos que apresentaram maior média, valor máximo e maior desvio padrão do monitoramento da pesquisa e da FEPAM.

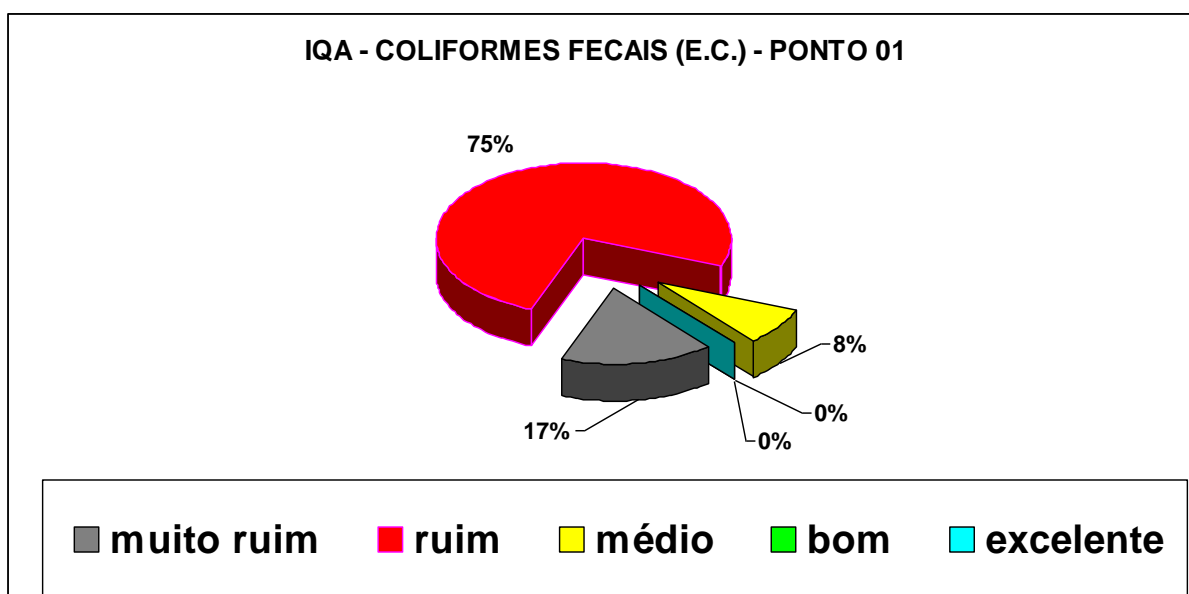
**Tabela 18** - Valores máximos dos monitoramentos.

Critério	PESQUISA	FEPAM
Maior média (Coliformes Fecais)	Ponto 03 (4,5E+04)	Ponto 03 (1,6E+5)
Valor máximo(Coliformes Fecais)	Ponto 03 (1,9 E+05)	Ponto 03 (1,7E+06)
Maior desvio padrão	Ponto 03 (18.972)	Ponto 03 (313.908)

Os resultados apontados na Tabela 18 demonstram que o maior desvio padrão, o valor de maior média e valor máximo, obtidos no P03 do monitoramento da pesquisa, são inferiores aos obtidos na aplicação do mesmo teste estatístico no monitoramento da FEPAM.

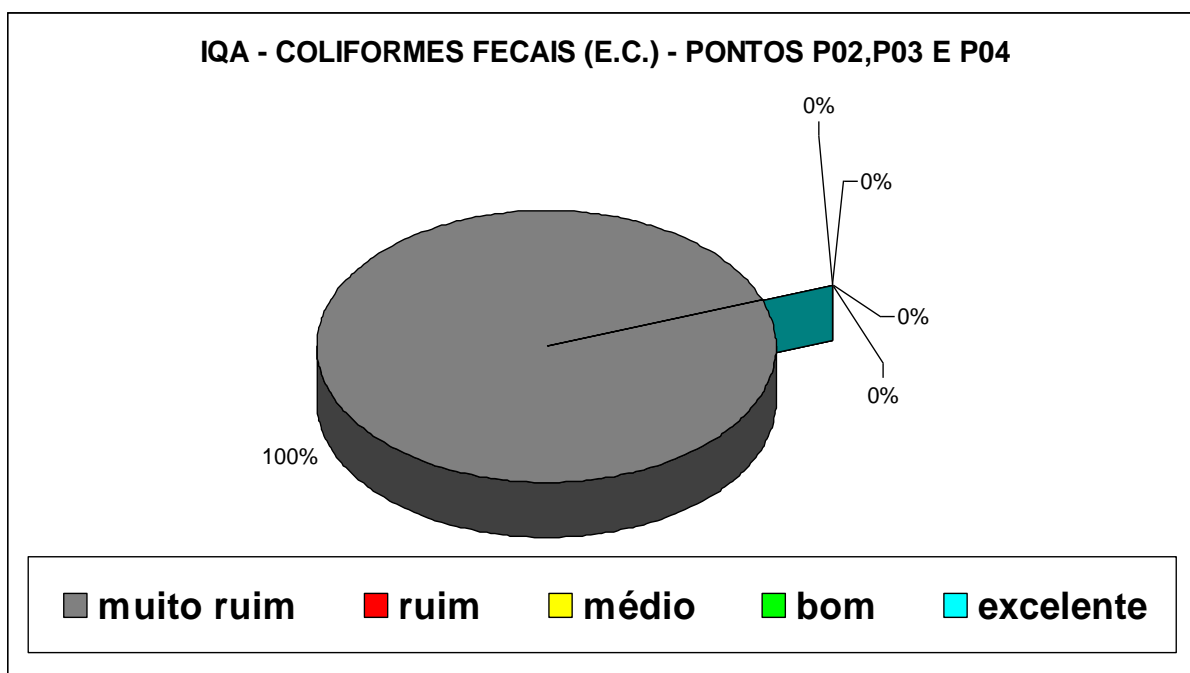
### 5.3.3 Índice de Qualidade da Água do Monitoramento da Pesquisa – COLIFORMES FECAIS (E.C)

Os percentuais de ocorrência de cada classe de classificação do IQA nos pontos P01, P02, P03 e P04 estão demonstradas nas Figuras 43 e 44.



**Figura 43** – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P01.

A Figura 43 demonstra que o P01 apresenta baixa qualidade do IQA relativo a coliformes fecais (e.c.), com 75% dos resultados indicando qualidade ruim e 17% com qualidade muito ruim 17%. Em zona rural, como a região do P01, a ocorrência de concentração de coliformes fecais pode ser causada por atividades pecuárias, como a criação de suínos. Os poucos habitantes próximos e a montante do ponto de coleta utilizam principalmente carroças tracionadas por bovinos para transporte.



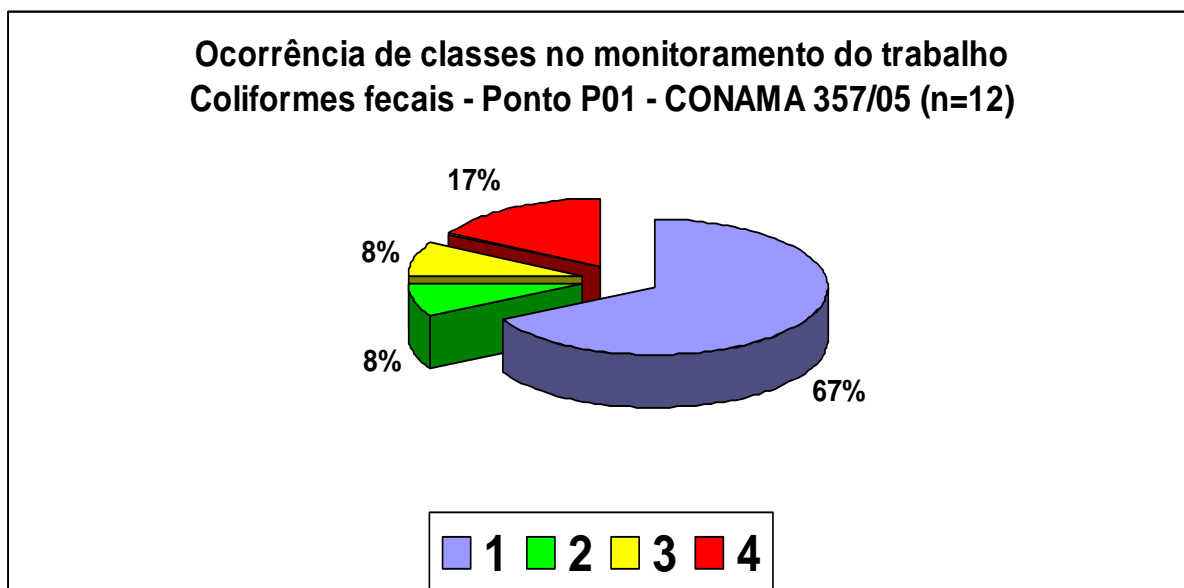
**Figura 44** – Frequência de ocorrência de cada índice de qualidade da água no monitoramento realizado na pesquisa - P02, P03 e P04.

Os pontos P02, P03 e P04, apresentados na Figura 44 do monitoramento da pesquisa apresentaram uma qualidade de água muito ruim em 100% das análises realizadas. Tal constatação confirma a falta de saneamento básico em relação ao tratamento de esgotos ao longo da bacia hidrográfica do rio dos Sinos e também pelo manejo inadequado na atividade pecuária.

Destaca-se a severidade que o cálculo do IQA atribui ao indicador coliformes fecais atribuindo alta severidade de queda de qualidade em sua fórmula de cálculo, demonstrando baixa tolerância a possíveis lançamentos de esgotos não tratados nos cursos de água ou de manejos inadequados de pecuária. Tal condição poderá ser confirmada na classificação dos resultados na Resolução CONAMA 357/2005 que estão apresentadas a seguir.

### 5.3.4 Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de coliformes fecais (e.c.) encontrados no monitoramento da pesquisa e com base nos resultados de análises de coliformes termotolerantes do monitoramento da FEPAM

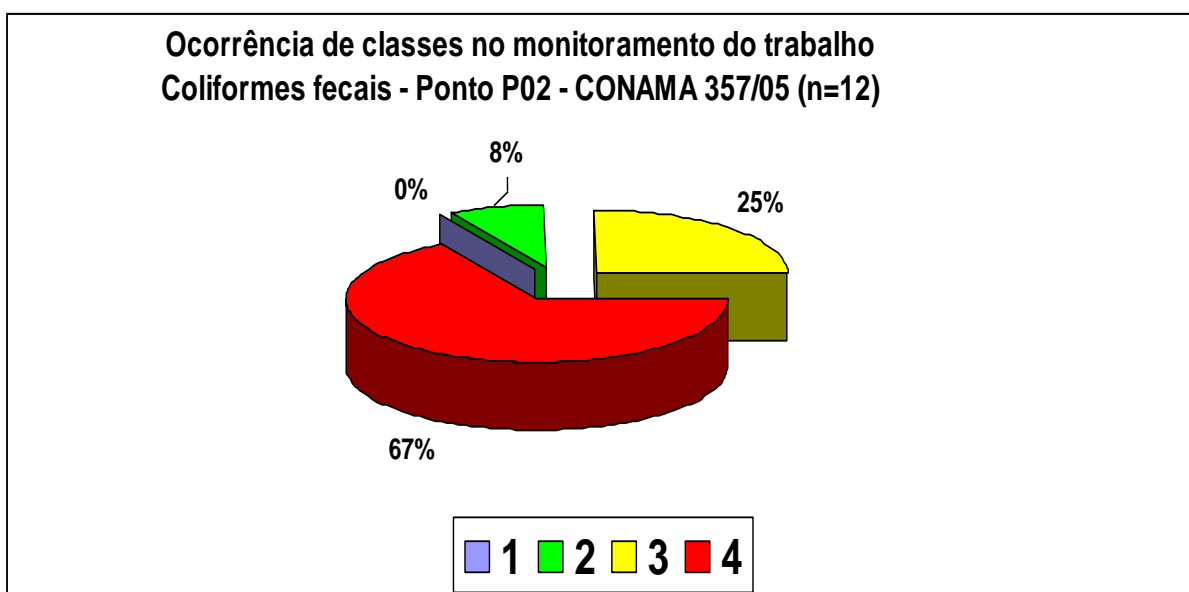
A Figura 45 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P01 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro coliformes fecais (e.c.).



**Figura 45** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P01, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

A Figura 45 apresenta resultados onde o P01 da pesquisa teve 67 % dos resultados classificados como classe 1. A alta frequência de classe 1, quando comparada à alta ocorrência do IQA “ruim” (75 %) apresentado na Figura 43, demonstra que a legislação brasileira, através da resolução CONAMA 357, é menos restritiva e mais tolerante para o parâmetro coliformes fecais (e.c.) quando utilizada para avaliação de qualidade de água.

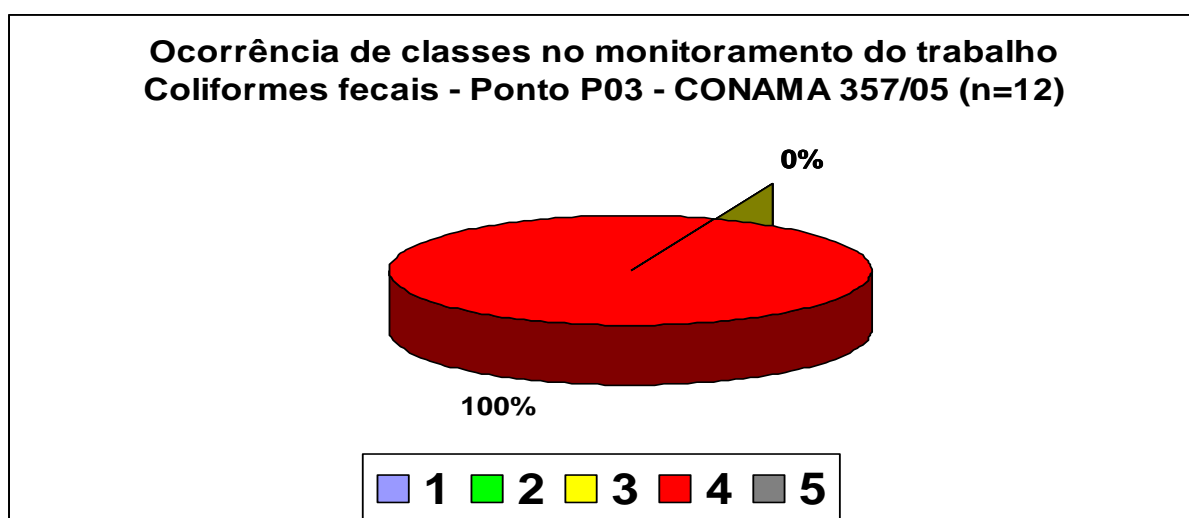
A Figura 46 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P02 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro coliformes fecais (E.C.).



**Figura 46** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P02, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

A alta ocorrência da classe 4 (67 %) demonstra que neste ponto já é identificada a degradação da qualidade da água, determinando restrição ao seu uso.

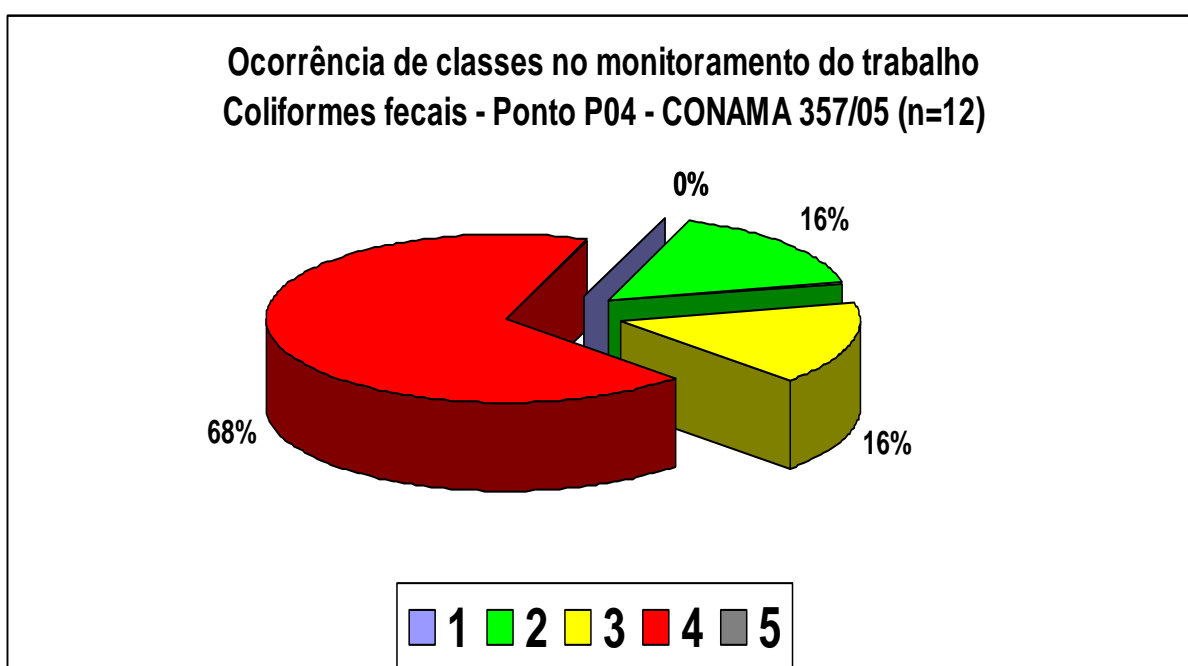
A Figura 47 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P03 de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro coliformes fecais (E.C.).



**Figura 47** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P03, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

A ocorrência de 100% de classe 4 no P03 indica que este ponto apresentou o pior comportamento ao longo do monitoramento e que este trecho do rio apresenta possibilidade de uso apenas para navegação e paisagismo. Cabe destacar que o local é utilizado como balneário e local de pesca amadora por habitantes da região.

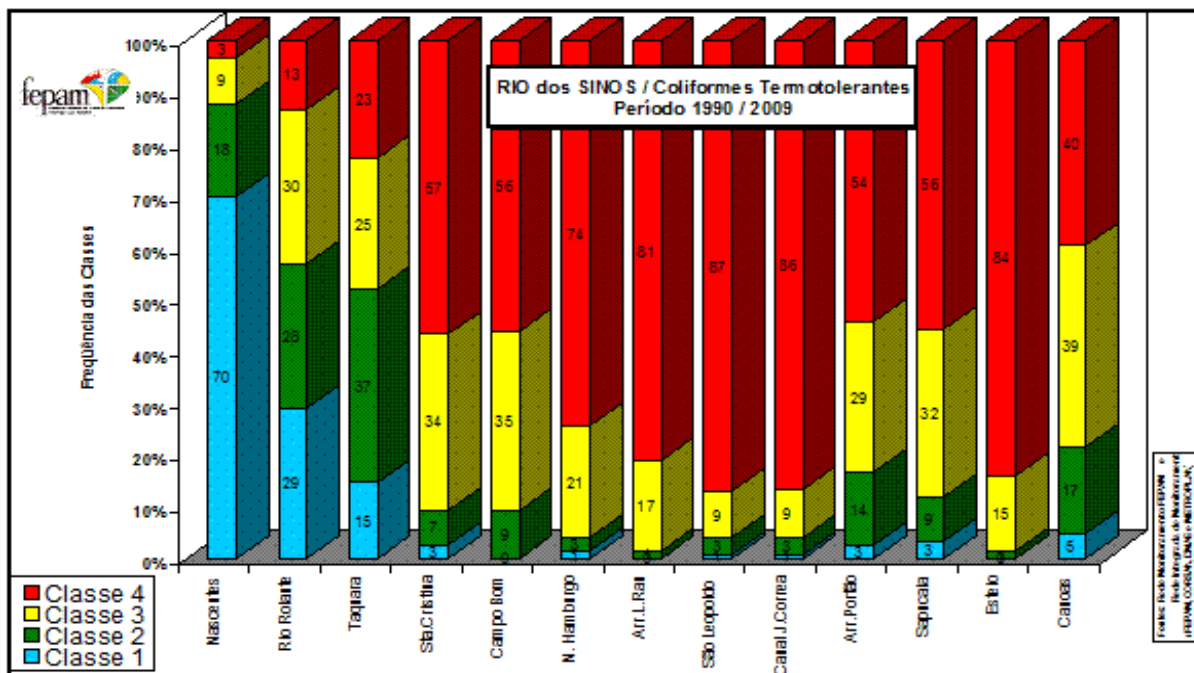
A Figura 48 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P04 de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro coliformes fecais (e.c.).



**Figura 48** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro coliformes fecais no ponto P04, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

A Figura 48 demonstra uma pequena melhoria em relação ao P03, apresentando enquadramento de 16 % dos resultados em classe 2 e 16 % em classe 3.

A Figura 49 mostra a frequência de enquadramento das classes do rio dos Sinos referentes ao parâmetro coliformes termotolerantes, conforme a resolução CONAMA 357/05, referente aos pontos monitorados pela FEPAM no período compreendido entre 1990 e parte de 2009.



**Figura 49** – Frequência de ocorrência de classes da Resolução CONAMA 357/05 para o parâmetro Coliformes termotolerantes no monitoramento da FEPAM (1990-2009).

Na comparação de ponto a ponto dos resultados obtidos no monitoramento da Pesquisa com os resultados do Monitoramento da FEPAM observa-se que:

- O P01 apresentou resultados similares aos obtidos no ponto equivalente “nascentes” do monitoramento da FEPAM, sendo verificado, respectivamente, a ocorrência de 68 % e 70 % dos resultados para a classe 1;
- O P02 apresentou resultados similares aos obtidos no ponto equivalente “Santa Cristina” do monitoramento da FEPAM, sendo verificado, respectivamente, a ocorrência de 67 % e 57 % dos resultados para a classe 4, 25 % e 34 % dos resultados para classe 3 e 8% e 7% dos resultados para a classe 2;
- 100 % dos resultados no P03 apresentaram classe 4 contra 81 % dos resultados obtidos no monitoramento da FEPAM que pode indicar uma redução de qualidade no período monitorado na pesquisa em relação ao histórico do monitoramento da FEPAM;
- O P04, com 68 % de ocorrência de classe 4 também supera o número de ocorrências desta classe no monitoramento da FEPAM que foi de 56 %. Entretanto para classe 2 o monitoramento da FEPAM supera em 16 % o percentil de ocorrência desta classe no P04.

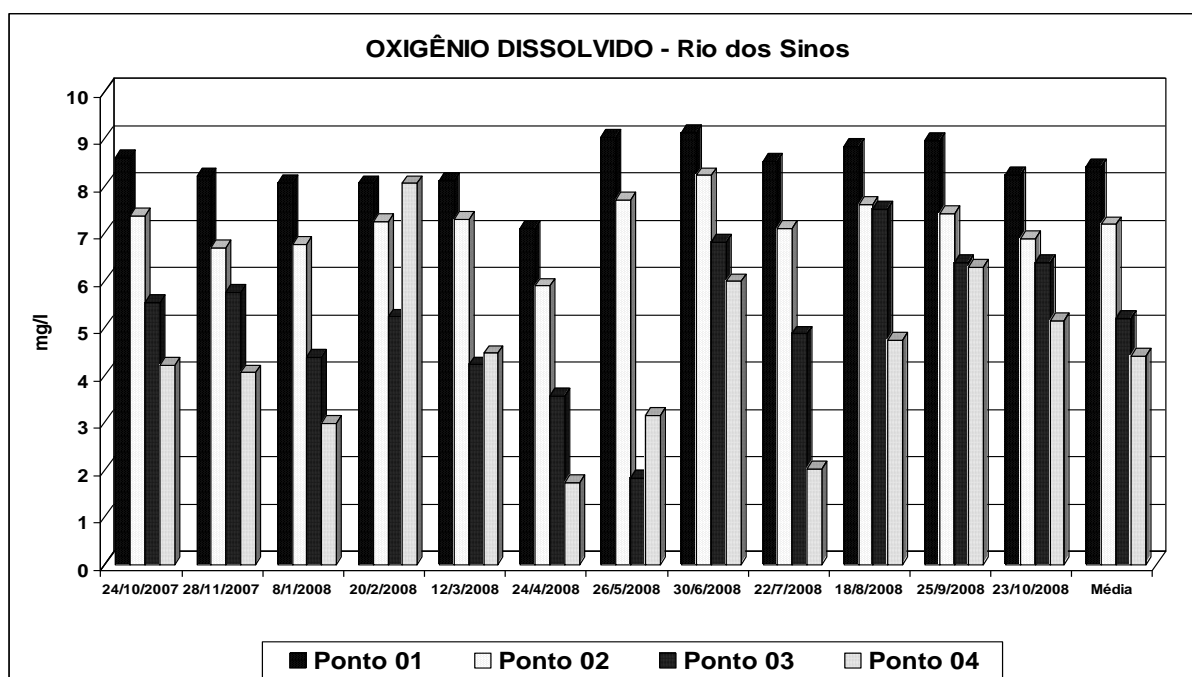
## 5.4 PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO (O.D.)

### 5.4.1 O.D. – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM

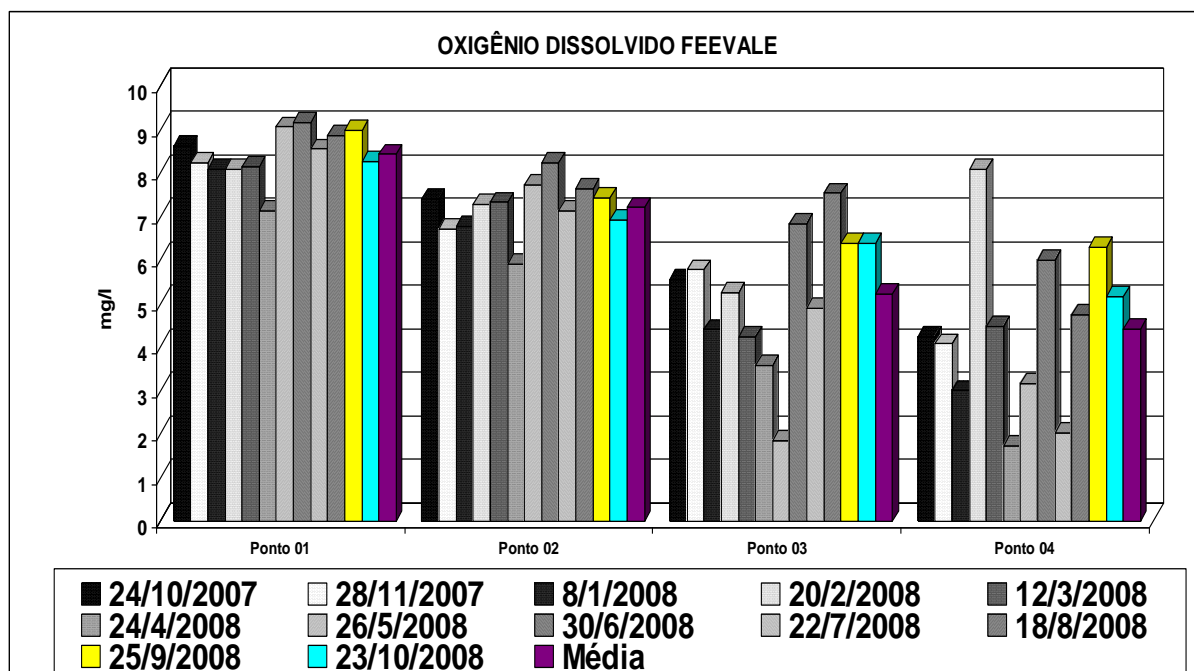
O oxigênio dissolvido (O.D.) no meio líquido, ou o seu déficit, são indicadores usados freqüentemente para avaliar a qualidade de água em diferentes reservatórios ou cursos de água. Estes parâmetros são influenciados fortemente por uma combinação de aspectos físicos, químicos e as características biológicas dos ambientes aquáticos, incluindo a biomassa de algas, a matéria orgânica dissolvida, a amônia, os sólidos suspensos e a demanda do oxigênio dos sedimentos (SANCHEZ *et al.*, 2006, apud QUINN, et al., 2005).

De um modo geral e simplificado, com base nos critérios de qualidade para O.D. publicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), as faixas de concentração definem que: de 0 a 2 mg/l é insuficiente para manter a vida aeróbica aquática, de 2 a 4 mg/l algumas espécies de peixes podem sobreviver, de 4 a 7 mg/l é aceitável para peixes de águas quentes e de 7 a 11 mg/l é ideal para peixes de águas frias.

A Figura 50 apresenta os resultados e médias dos valores das análises de O.D. obtidos em cada coleta ao longo do monitoramento realizado na pesquisa. Na Figura 51 está apresentado o comportamento das concentrações e da média de O.D. em cada ponto pesquisado.



**Figura 50** – Comportamento dos resultados por ponto de coleta - monitoramento da pesquisa.



**Figura 51** – Comportamento por ponto dos resultados obtidos no monitoramento da pesquisa.

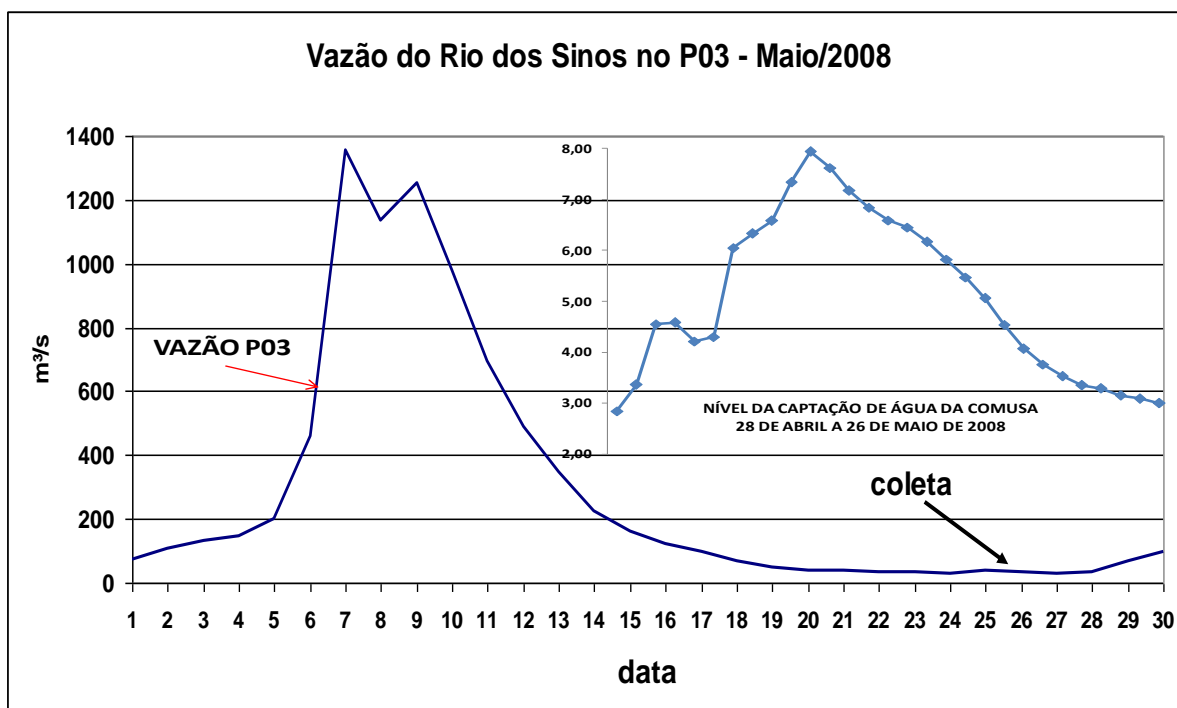
As Figuras 50 e 51 demonstram claramente a redução da concentração do O.D. da nascente do rio dos Sinos em direção à sua foz.

A alta concentração de O.D. no P01 é justificada pela alta declividade, quedas de água (cachoeiras), escoamento típico de corredeiras, leito de escoamento rochoso e com seixos. Estas condições determinam grande turbilhonamento ao curso de água incrementando a transferência de oxigênio da atmosfera para o meio líquido.

No P02 observa-se uma queda na concentração do O.D., porém, os resultados apresentados sempre superaram o valor de 5,0 mg/l. O local monitorado se encontra no trecho de média declividade do Rio dos Sinos, com leito curvilíneo. Atividades antrópicas como a agricultura, pecuária e o lançamento de esgotos sem tratamento são agentes que passam a influenciar a ocorrência da queda de concentração deste parâmetro. Todavia neste ponto as contribuições com baixo teor de O.D., anóxicas ou anaeróbicas advindas de arroios poluídos ainda não são perceptíveis a ponto de reduzir de forma significativa os níveis de O.D. no rio.

No P03 é verificada uma queda significativa dos teores de O.D.. O ponto de monitoramento está localizado no trecho inferior do rio dos Sinos, onde as declividades são extremamente baixas. A única coleta neste ponto que apresentou resultado inferior a 2,0 mg de O<sub>2</sub>/l aconteceu na data de 26/05/08. O período que antecedeu esta coleta foi caracterizado por vazões excessivas e anormais, apresentando uma máxima de 1358 m<sup>3</sup>/s, bastante superior a segunda maior vazão verificada no ano que foi de 335 m<sup>3</sup>/s e maior ainda que a média do

ano, que foi de 98 m<sup>3</sup>/s. A Figura 52 apresenta o gráfico de comportamento da vazão em São Leopoldo, utilizado como referência para o P03, no mês de maio. O gráfico menor sobreposto apresenta a variação de nível entre o final do mês de abril e final do mês de maio de 2008, no ponto da captação de água da COMUSA que fica localizada próxima e a montante do P03.



**Figura 52** – Variação de vazão no P03 e nível na captação da COMUSA no período de ocorrência da menor concentração de concentração de oxigênio no ponto.

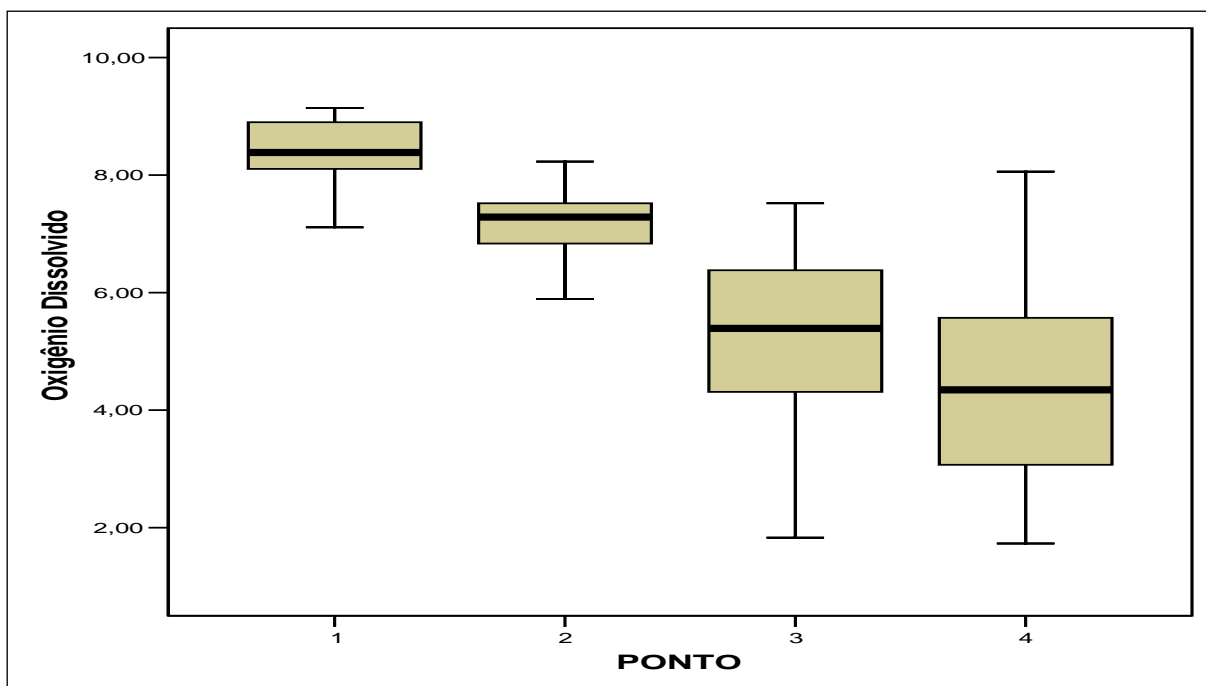
A Figura 53 apresenta o cenário verificado na coleta realizada no P03, no dia 26/05/08, onde a imagem demonstra evidências de significativa redução da vazão e nível em relação a período anterior pela presença de materiais (plásticos e outros resíduos) fixados nas partes superiores da vegetação ciliar, os quais foram arrastados pela correnteza do rio.



**Figura 53** – Imagem do P03 na data de coleta de ocorrência da menor de concentração de oxigênio no ponto P03 (26/05/08).

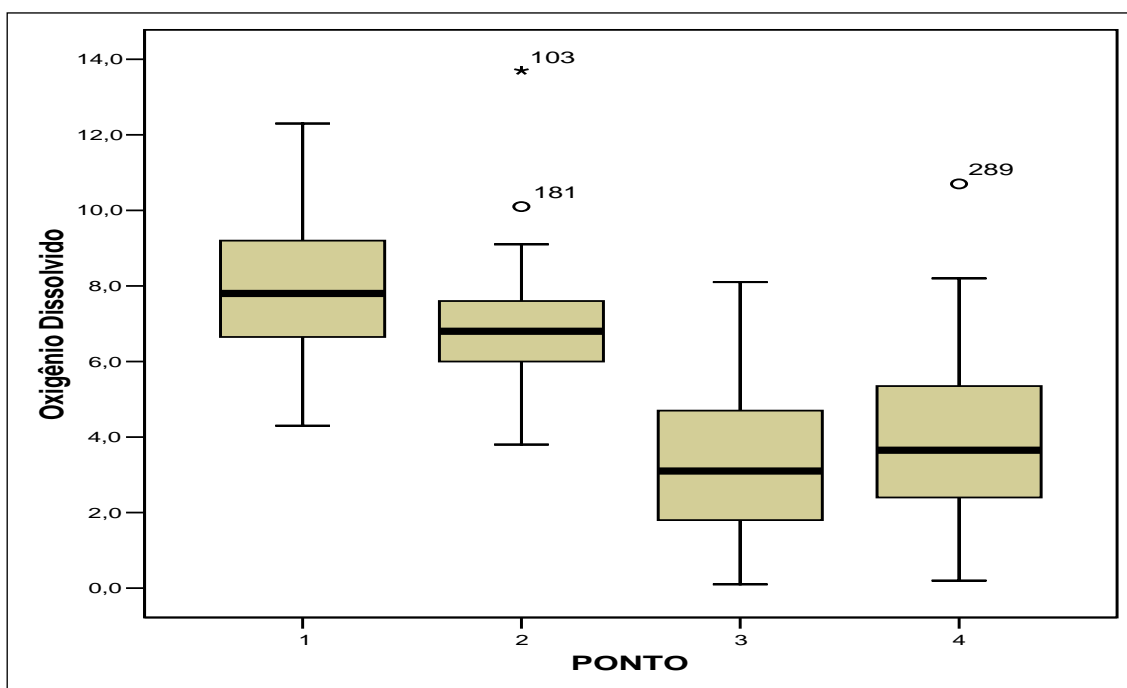
Os resultados encontrados no monitoramento da pesquisa referente à concentração de O.D., no P04, caracterizam este ponto com a menor média no monitoramento da pesquisa. As amostragens realizadas no P04 nas datas de 24/04/2008 e 22/07/2008 apresentaram resultados de concentração de O.D. inferior a 2,0 mg/l, não sendo verificadas anormalidades das condições ambientais do ponto monitorado nestas datas.

A Figura 54 apresenta o gráfico de caixas referentes aos valores de concentração de O.D. (em miligramas por litro) apurados nas amostragens do monitoramento da pesquisa.



**Figura 54** – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de O.D. apurados no monitoramento da Pesquisa.

A Figura 55 apresenta o gráfico de caixas referente aos valores de concentração de O.D. apurados nas amostragens do monitoramento da FEPAM realizado entre o ano de 2000 e 2008.



**Figura 55** – Gráfico de caixas referente aos valores de concentração de O.D. apurados no monitoramento da FEPAM (2000-2008).

Conforme observado na Figura 55 o monitoramento realizado na pesquisa identificou uma redução significativa da mediana de concentração de O.D. entre os pontos pesquisados declinando do P01, para o P02, deste para o P03 e por fim destes em relação ao P04. Parcialmente contrário a este resultado, o histórico do monitoramento da FEPAM indica uma queda de mediana deste parâmetro entre o P01 e o P03, indicando um aumento de concentração no P04.

As Figuras 54 e 55 demonstram uma diferença de comportamento da concentração de O.D. encontrada no P03, entre os monitoramentos realizados na pesquisa e na FEPAM. O monitoramento da FEPAM apresenta uma dispersão de resultados com limites próximos ao intervalo de 02 a 04 mgO<sub>2</sub>/l. Por sua vez, o monitoramento da pesquisa apresenta valores superiores, com limites próximos ao intervalo 4 a 6 mgO<sub>2</sub>/l. Este aspecto apresenta uma melhoria no comportamento da mediana da concentração de O.D. na água do rio nas análises realizadas pela pesquisa em relação ao histórico do monitoramento da FEPAM.

#### 5.4.2 Testes estatísticos para o parâmetro O.D.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de O.D. do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma resumida na Tabela 19.

**Tabela 19** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do trabalho. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/L)	Máximo (mg/L)	Mínimo (mg/L)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	12	8,4	9,1	7,1	0,56731	>03 e > 04
P02	12	7,2	8,2	5,9	0,59257	>03 e > 04
P03	12	5,2	7,5	1,8	1,56481	<P01 e <P02
P04	12	4,4	8,1	1,7	1,82371	<P01 e <P02

O teste estatístico ANOVA aplicado aos resultados obtidos na pesquisa indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos nas médias do parâmetro O.D.. O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média do parâmetro ocorre dos pontos P01 e P02 com os pontos P03 e P04.

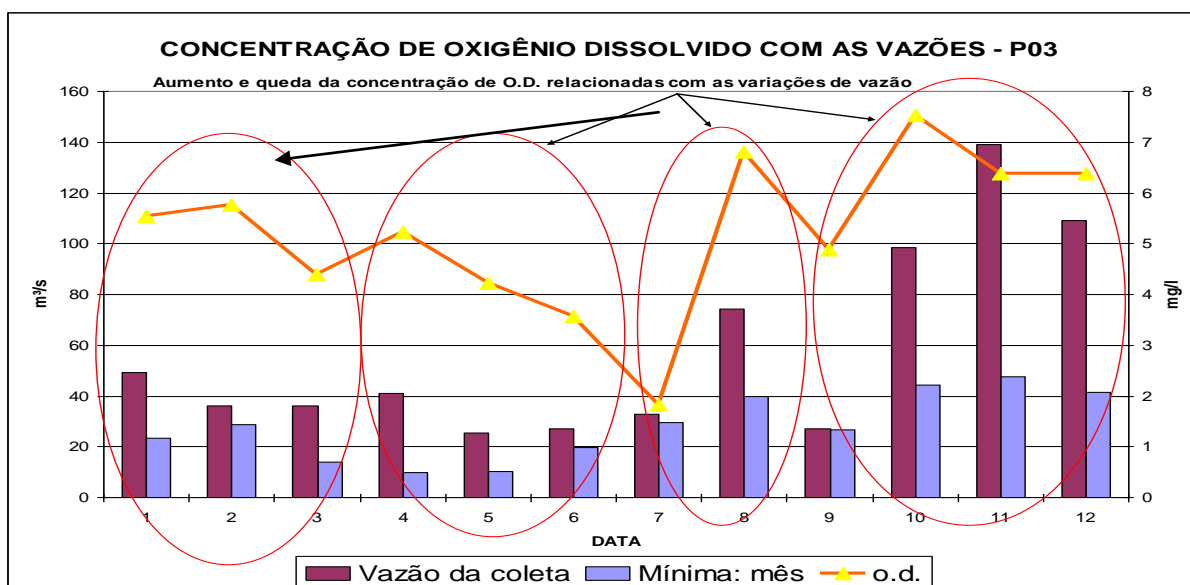
Os resultados obtidos no descritivo estatístico da pesquisa demonstram a existência de uma clara diferença entre os valores mínimos e de forma menos acentuada na média da concentração de O.D. dos pontos P01/P02 em relação aos pontos P03/P04.

Uma característica ambiental que separa os pontos P01 e P02 em relação aos pontos P03 e P04 é a transição do curso do rio dos trechos superior e médio para trecho inferior. Entre estes pontos ocorre a modificação de certas características físicas do ambiente que interferem no escoamento das águas do rio, tais como: redução de variação de relevo, declividade, sinuosidade, velocidade, entre outras condições que diferenciam os regimes de escoamento entre dos trechos e que interferem na transferência dos gases em água e ar.

A diferença da condição de manutenção ou recuperação dos níveis de O.D. ao longo do curso do rio dos Sinos, diagnosticada nos resultados obtidos nos pontos P01/P02 em relação ao P03/P04, também pode ser atribuída à redução dos níveis de oxigenação das suas águas contribuintes e formadoras. Ao contrário da condição ambiental observada durante o monitoramento da pesquisa, nos trechos superior e médio, o trecho inferior do rio dos Sinos (P03 e P04) se destaca por ter afluência de arroios e canais utilizados para afastamento de significativas concentrações de esgotos urbanos de regiões de alta concentração populacional e atividades industriais de alto potencial poluidor. Estas águas superficiais são normalmente comparadas a esgoto, sendo algumas vezes definidas como “esgoto misto”.

Um terceiro fator observado é a questão ambiental de degradação das matas ciliares, com redução crescente da nascente para a foz.

A matriz de correlação de Pearson indicou significância de resultado na tendência de aumento de concentração de O.D. no P03, com o aumento da vazão do dia da coleta e da mínima encontrada em cada mês encontrada no V3. A Figura 56 apresenta o gráfico comparativo da variação da concentração de O.D. na água verificada no P03 com a vazão do rio dos Sinos apurada no ponto V3.



**Figura 56** – variação da concentração de O.D. na água verificada no P03 coma vazão do Rio dos Sinos apurada no ponto V3.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM de forma resumida na Tabela 20.

**Tabela 20** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	73	7,9	12,3	4,3	1,7239	<P03<P04
P02	77	6,8	13,7	3,8	1,4670	<P03<P04
P03	61	3,3	8,1	,1	2,0234	>P01, >P02
P04	76	4,0	10,7	,2	2,0011	>P01>P02

Os resultados do descritivo estatístico do monitoramento da FEPAM confirmam a indicação da existência de diferenças significativas do P01 e P02 em relação ao P03 e P04, fato que coincide com a transição do curso do rio do trecho superior e médio para trecho inferior conforme descrito na avaliação dos resultados encontrados do monitoramento da Pesquisa. Novamente o comportamento dos valores mínimos e das médias do P01/P02 em relação P03/P04 destaca a redução do parâmetro ao longo do rio.

A Tabela 21 apresenta resultados comparativos dos resultados da Pesquisa e da FEPAM.

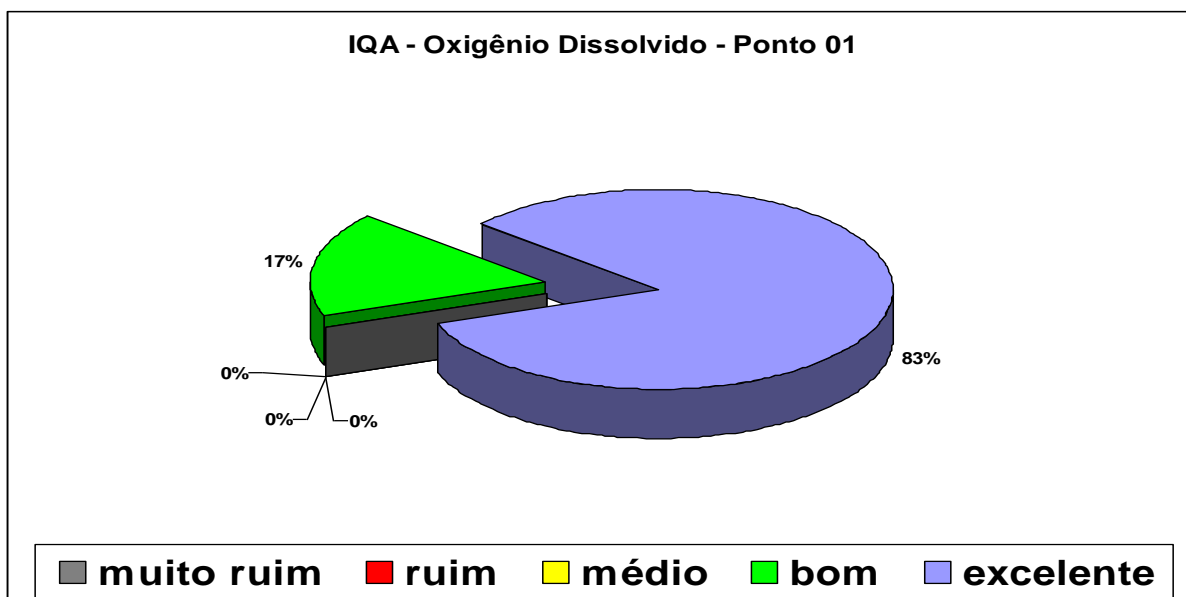
**Tabela 21 - Concentrações de O.D. verificadas nos monitoramentos.**

Critério	PESQUISA	FEPAM
Menor média	Ponto 04 (4,4)	Ponto 03 (3,3)
Valor mínimo	Ponto 04 (1,7)	Ponto 03 (0,1)
Maior desvio padrão	Ponto 04	Ponto 03

A Tabela 21 demonstra uma diferença entre os monitoramentos realizados, pois as menores médias e os valores mínimos de concentrações de O.D. encontradas na Pesquisa ocorreram no P04 enquanto no monitoramento da FEPAM estas condições são verificadas no P03.

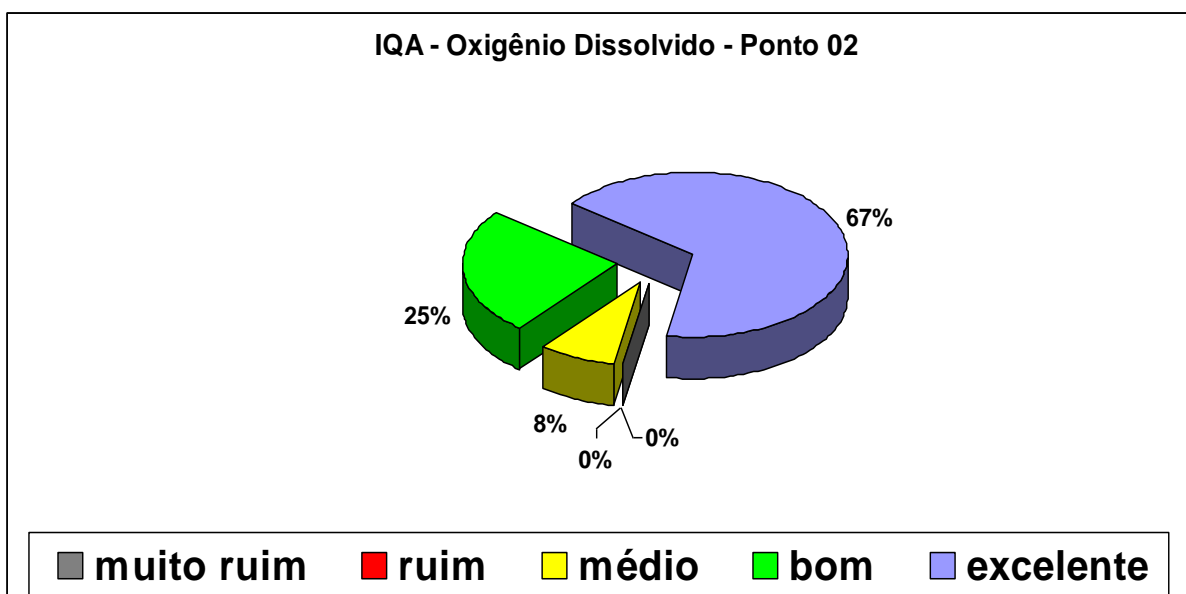
#### 5.4.3 IQA – O.D.

Os percentuais de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, do parâmetro O.D. na água, estão demonstradas nos Figuras 57, 58, 59 e 60.



**Figura 57** – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P01.

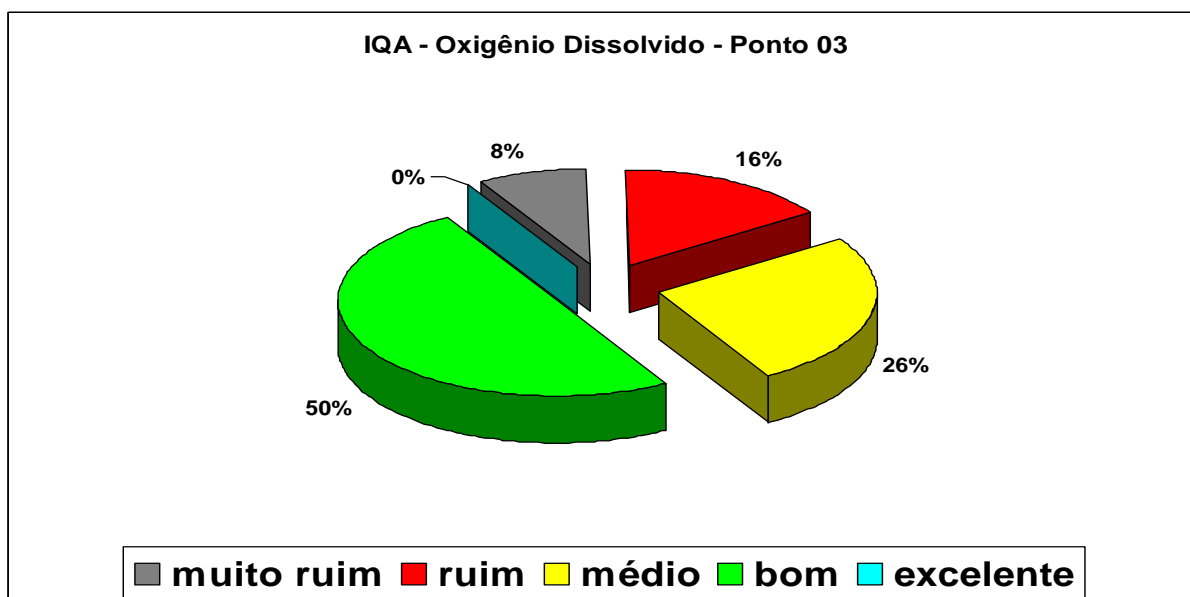
Com relação ao parâmetro O.D. a Figura 57 apresenta 83 % dos resultados identificados como excelentes e 17 % como bom.



**Figura 58** – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P02.

A Figura 58, com relação ao parâmetro O.D., apresenta 67 % dos resultados identificados como excelentes, 25 % como bons e 8 % como médios. Novamente a predominância da qualidade da água se apresenta como IQA excelente para o parâmetro O.D.,

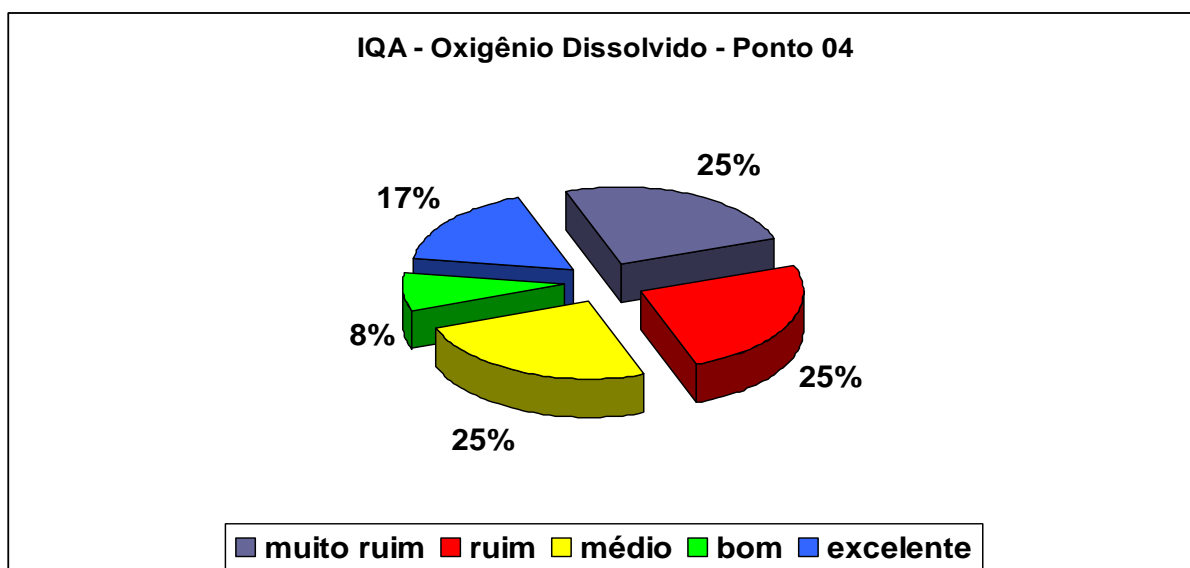
porém, apresenta uma redução de 83 % para 67 % dos resultados em relação à nascente. Neste ponto já é verificada a ocorrência de qualidade de IQA médio para o parâmetro.



**Figura 59** – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P03.

A Figura 59 demonstra a ocorrência de IQA ruim (8 %) e muito ruim (16 %) com relação ao parâmetro O.D.. O IQA médio foi verificado em 26 % e o IQA bom em 50 %, sendo este último resultado o predominante no ponto. O P03 apresenta significativa redução de IQA, em relação ao P01 e P02, conforme as seguintes observações resultantes da comparação das Figuras 57, 58 e 59:

- As ocorrências de IQA excelente, predominante no P01 e P02, foram nulas no P03;
- O P03 passa a apresentar ocorrência de condição de IQA ruim e muito ruim no P03 que no P01 e P02 não ocorriam;
- O IQA médio calculado no P03 foi significativamente superior aos resultados encontrados nos pontos P01 e P02.



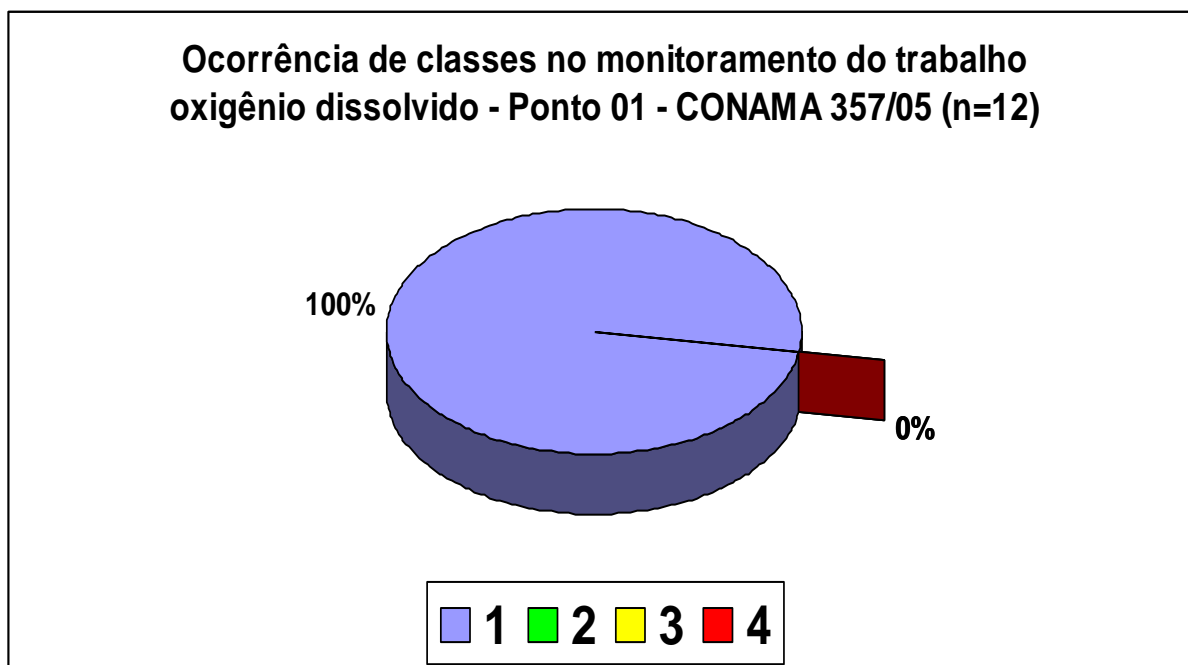
**Figura 60** – Frequência de ocorrência de cada IQA no monitoramento realizado na pesquisa - P04.

A Figura 60 demonstra que o monitoramento da pesquisa constatou no P04 um aumento significativo da ocorrência de IQA ruim (25 %) e muito ruim (25 %) totalizando o dobro de ocorrência na soma destes IQA ocorridos no P03. Este aspecto pode indicar que o P04 manteve um comportamento de pior IQA em relação aos demais pontos do monitoramento.

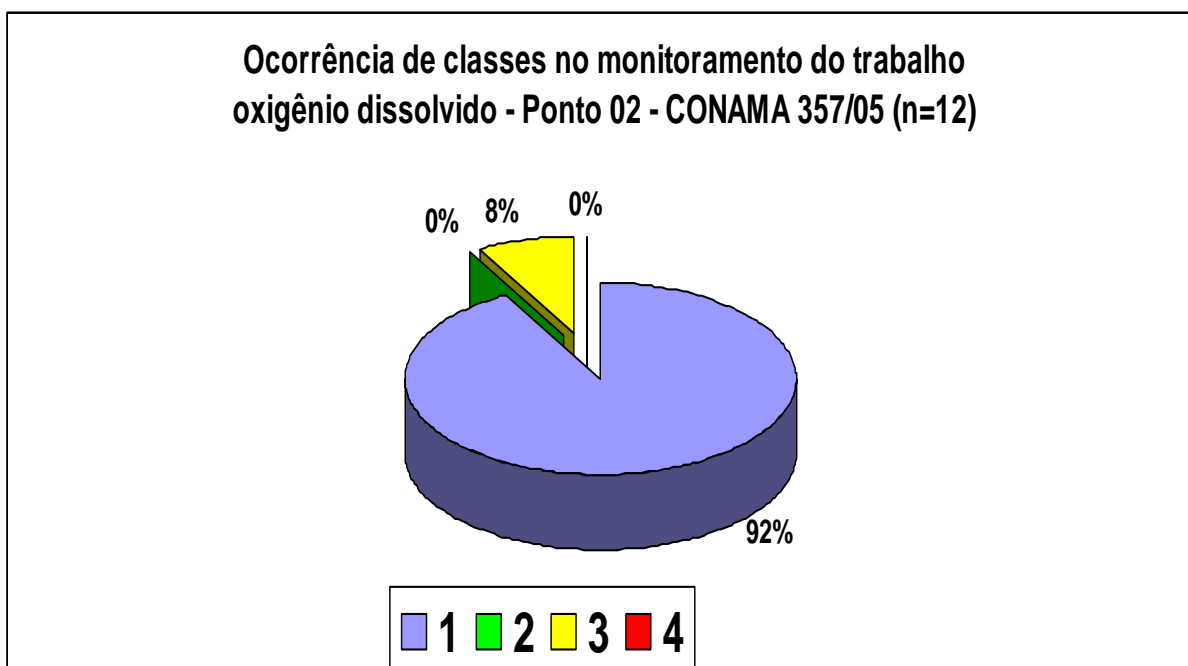
Para realizar o cálculo de determinação do IQA do O.D. são utilizados os resultados de concentração de cloretos nas mesmas amostras de água. Um maior teor de cloretos reduz o nível de saturação de O.D. na água melhorando o resultado do cálculo do IQA em relação a uma mesma medida de O.D. de outra amostra com menor concentração deste elemento químico. A concentração de cloretos foi monitorada e apresentou correlação na matriz de Pearson sendo que para o P04 manteve relação de aumento com o aumento das vazões médias e máximas do mês da coleta porém não apresentando correlação de O.D. com as vazões de referência. No P03, onde o teor de O.D. aumentou com o aumento da vazões da coleta e maior vazão mínima do mês, o teor de cloretos apresentou correlação com as vazões máximas e médias dos mês não determinando lógica direta de avaliação entre os parâmetros em função das vazões verificadas.

#### **5.4.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de O.D. encontrados no monitoramento realizado e do monitoramento da FEPAM**

Nas Figuras 61, 62, 63 e 64 são apresentados os percentuais de ocorrência de cada classe de enquadramento de uso da água conforme a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado durante a pesquisa para o parâmetro O.D..

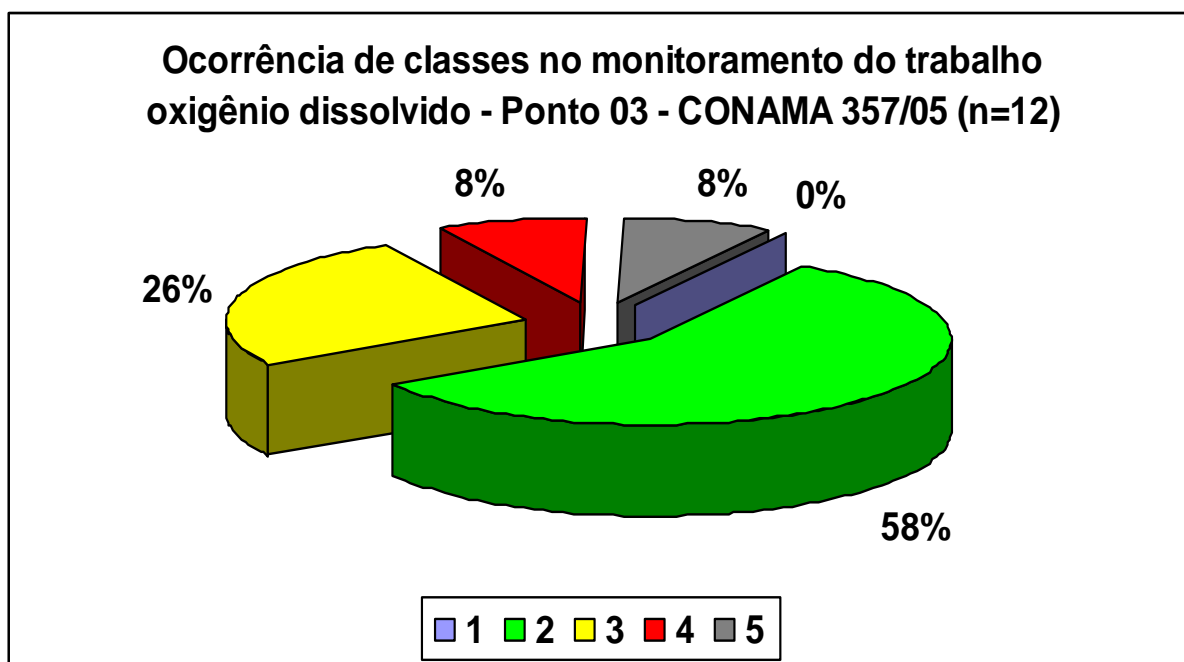


**Figura 61** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P01, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

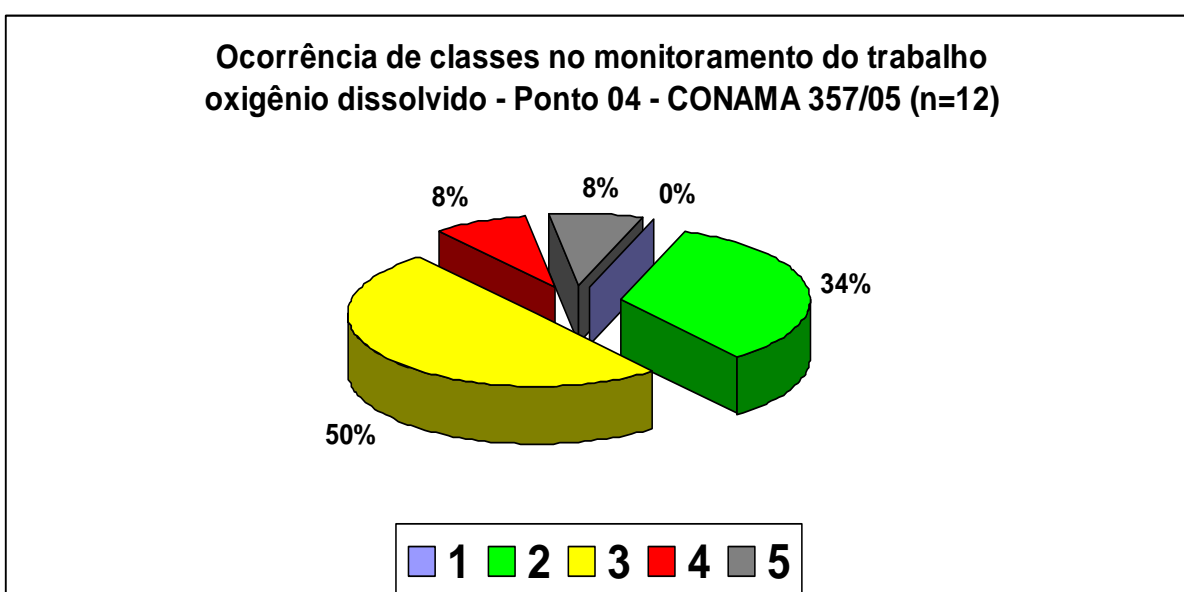


**Figura 62** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P02, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

A ocorrência da classe 1, em 100 % das coletas realizadas no P01 e 92 % no P02, demonstrada nas Figuras 61 e 62, indicam que o O.D. se manteve ao longo do monitoramento em ótimas condições para os diversos usos da água nestes pontos monitorados, conforme determina a resolução do CONAMA 357/05.



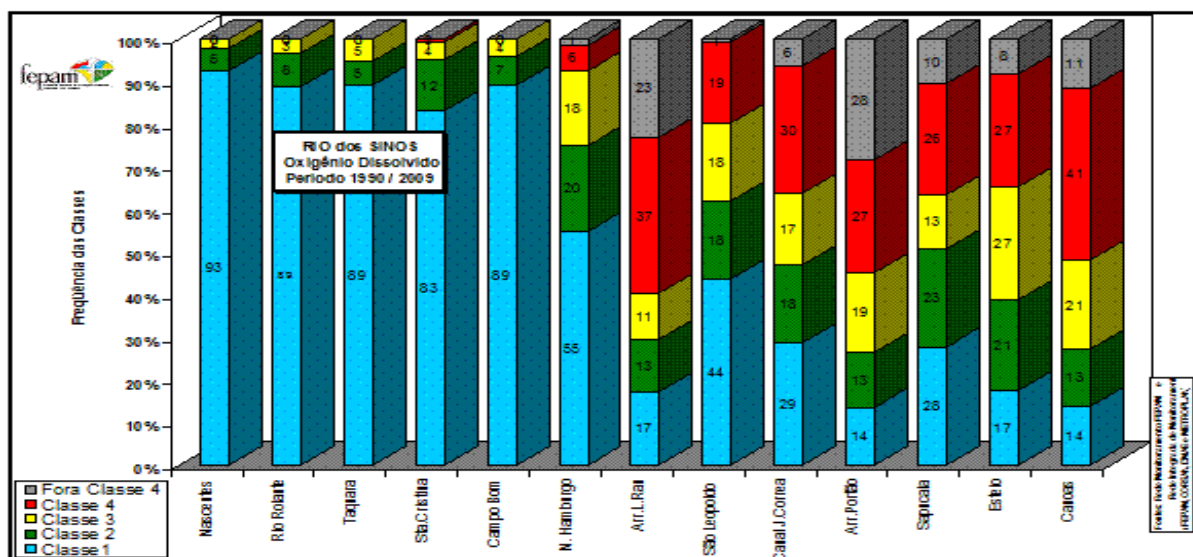
**Figura 63** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P03, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.



**Figura 64** – Frequência de ocorrência de cada classe para o parâmetro O.D. no ponto P04, conforme resultados encontrados no monitoramento realizado durante a pesquisa.

As Figuras 63 e 64 indicam a predominância significativa da ocorrência das classes 2 e 3, com momentos de classificação de classe 4 ou fora de classe.

A Figura 65 mostra a frequência de enquadramento das classes do rio dos Sinos referentes ao parâmetro O.D., conforme a Resolução CONAMA 357/05, referente aos pontos monitorados pela FEPAM no período compreendido entre 1990 e parte de 2009.



**Figura 65** – Frequência de ocorrência de classes da resolução CONAMA 357/05 para o parâmetro O.D. no monitoramento da FEPAM (1990-2009).

Na comparação de ponto a ponto dos resultados obtidos no monitoramento da Pesquisa com os resultados do Monitoramento da FEPAM observa-se que:

- O P01 apresentou resultados similares aos obtidos no ponto equivalente “Nascentes” apresentado no gráfico do monitoramento da FEPAM, sendo verificado, respectivamente, a ocorrência de 100 % (Pesquisa) e 93 % (Nascentes) dos resultados para a classe 1;
- O P02 apresentou resultados similares aos obtidos no ponto equivalente “Santa Cristina” apresentado no gráfico do monitoramento da FEPAM, sendo verificado, respectivamente, a ocorrência de 92 % e 83 % dos resultados para a classe 1;
- O P03 em relação ao ponto similar do monitoramento da FEPAM (Foz do arrio Luiz Rau) apresenta distribuição de percentil de ocorrência em melhores qualidades de classe quando relacionado ao parâmetro O.D.. No P03 a classificação em classe 2 ocorreu em 58% dos resultados enquanto na classe 3 foram 26 % as ocorrências. Por sua vez o monitoramento da FEPAM apresentou uma maior ocorrência de classificação como fora de classe (23 %) e classe 4 (37 %);

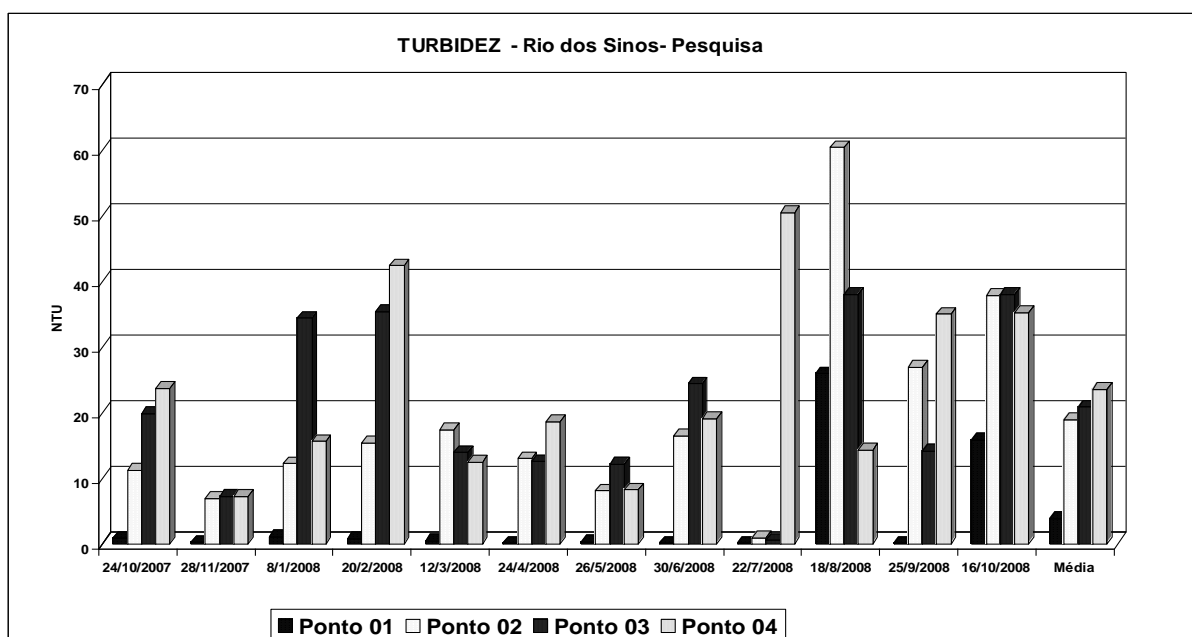
- O P04 apresenta na pesquisa 34 % de resultados classificados na classe 2 e 0 % na classe 1, enquanto o monitoramento da FEPAM, apresenta 28% de classe 1 e 23 % de classe 2.

## 5.5 PARÂMETRO TURBIDEZ

### 5.5.1 Turbidez – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM

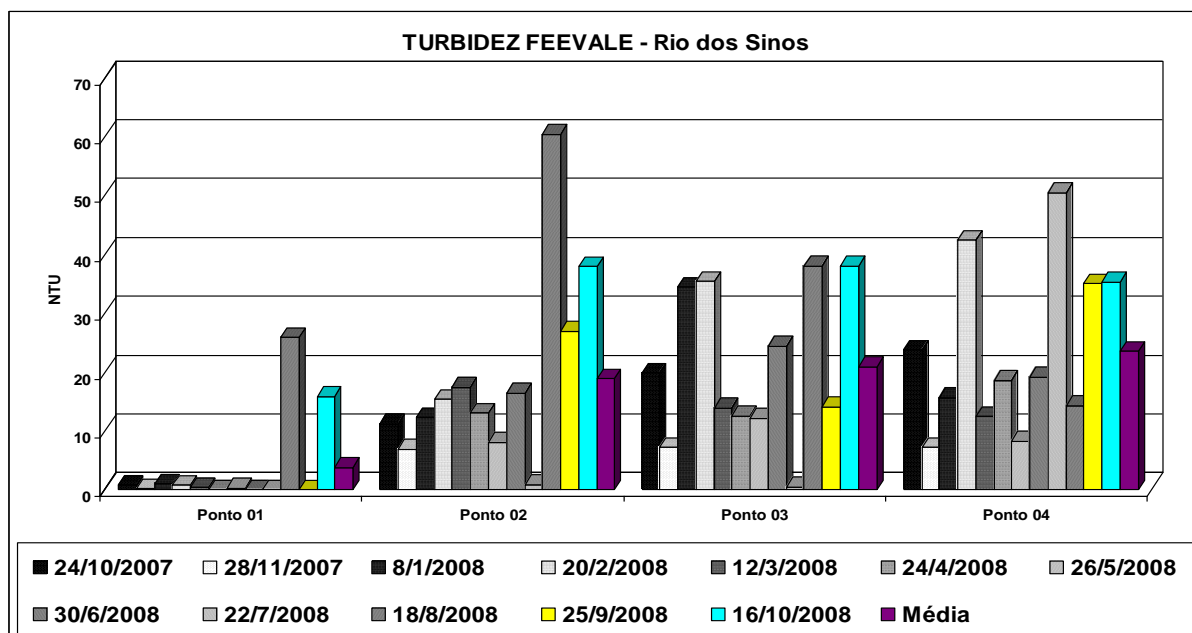
A alteração de penetração da luz devido à presença de material em suspensão é medida pelo parâmetro turbidez. Esta por sua vez é influenciada pelo tamanho e características superficiais da partícula suspensa, diferindo portanto da conceituação de sólidos suspensos. Assim sendo, se o material suspenso estiver finamente dividido a turbidez será alta e o teor de sólidos suspensos baixo. Em caso da presença de material grosseiro a situação se inverterá. A presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas geram elevação de turbidez. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, reduzir a produção de O<sub>2</sub> no interior da água. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas

As Figuras 66 e 67 apresentam os resultados e suas médias no monitoramento realizado na Pesquisa para o parâmetro turbidez.



**Figura 66** – Resultados para o parâmetro turbidez por coleta realizada.

A Figura 66 demonstra que o P01 apresentou nível médio de turbidez significativamente inferior aos demais pontos, que apresentaram valores médios aproximados



**Figura 67** – Resultados para o parâmetro turbidez por ponto monitorado.

A Figura 67 demonstra uma elevação significativa do valor da turbidez nas coletas realizadas em 18/08 e 16/10 de 2008 no P01. Estas datas coincidem com coletas realizadas em dia de chuva ou de tempo instável e que apresentaram um cenário de vazão muito superior ao encontrado nas outras coletas.

Tal aspecto está demonstrado com as imagens captadas no P01 nas duas datas mencionadas e em outras duas datas diversas, apresentadas nas figuras 68 e 69 (alta vazão) e 70 e 71 (baixa vazão).



**Figura 68** – Coleta realizada no P01 no dia 18/08/2008.

**Fonte** – Autor.



**Figura 69** – Coleta realizada no P01 no dia 16/10/2008.

**Fonte** – Autor.



**Figura 70** – Coleta realizada no P01 no dia 24/10/2007.

**Fonte** – Autor.



**Figura 71** – Coleta realizada no P01 no dia 25/09/2008.

**Fonte** – Autor.

As condições de vazão superior verificadas no P01 nas Figuras 68 e 69 comparadas aos cenários verificados nas coletas realizadas em 24/10/2007 e 25/09/2008, demonstrados nas Figuras 70 e 71, são associadas à causa do aumento de turbidez, pelo carregamento de materiais particulados da superfície da região de drenagem da bacia caracterizada por matas, solo “barrento” e com grande concentração de matéria orgânica vegetal combinado com o

regime de escoamento característicos de turbilhonamento do leito que leva à manutenção da suspensão de sólidos.

As Figuras 72 e 73 apresentam o cenário da coleta nos dias 18/08/08 e do dia 24/10/07 no P02.



**Figura 72** – Coleta realizada no P02 em 18/08/2008.

**Fonte** – Autor.

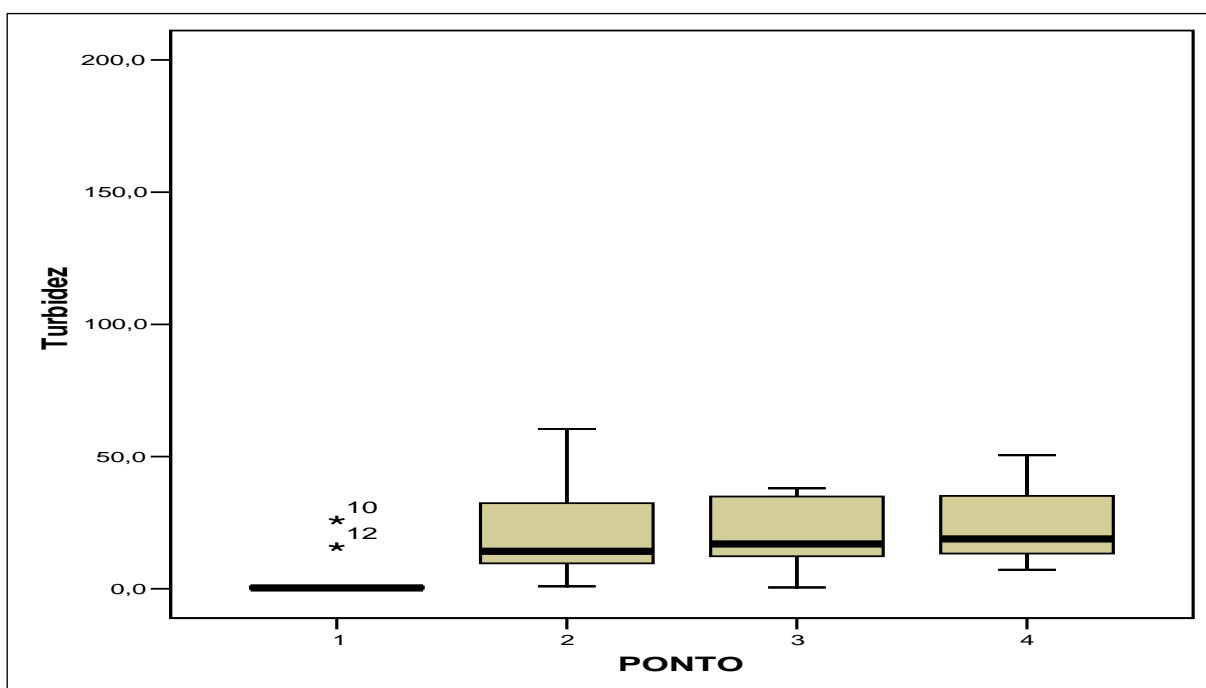


**Figura 73** – Coleta realizada no P02 em 24/10/2007.

**Fonte** – Autor.

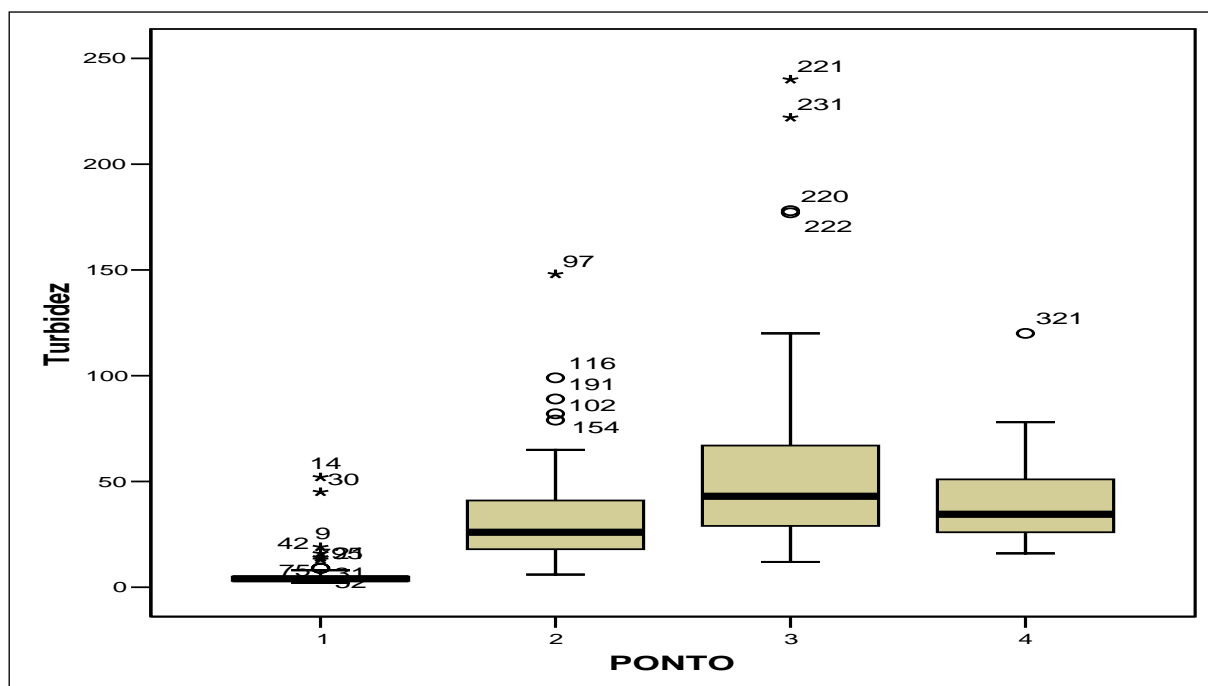
Como pode ser visto nas Figuras 72 e 73 o nível do rio no P02 na coleta realizada em 18/08/08 apresenta elevação em relação ao encontrado na coleta de 25/10/07. Este nível pode ser associado de forma proporcional à vazão de escoamento do rio no ponto. A verificação das diferenças de cenário no P02, observadas nas Figuras 72 e 73, justificam a significativa elevação do resultado do parâmetro turbidez na coleta realizada no dia 18/08/08 (Fig. 72), pois a alta vazão e a coincidente época de vazante do rio após intensa elevação de nível, carregam e mantém no interior do leito do rio grande concentração de partículas suspensas.

A Figura 74 apresenta o gráfico de caixas referente aos valores de turbidez apurados nas amostragens do monitoramento da Pesquisa.



**Figura 74** – Gráfico de caixas dos resultados de turbidez do monitoramento da Pesquisa.

A Figura 74 confirma a proximidade dos resultados de turbidez do monitoramento da pesquisa no P02, P03 e P04 pois apresenta mediana e dispersão muito próximas entre estes pontos.



**Figura 75** – Gráfico de caixas dos resultados de turbidez do monitoramento da FEPAM.

Os resultados apresentados no monitoramento da FEPAM no gráfico de caixas demonstrado na Figura 75 apresentam o crescimento dos valores de mediana, dispersão e valor máximo de turbidez da nascente até o P03 entre os pontos avaliados. Entre este ponto e o P04 ocorre uma redução destes parâmetros.

### 5.5.2 Testes estatísticos para o parâmetro Turbidez

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de turbidez do monitoramento da pesquisa estão de forma resumida na Tabela 21.

**Tabela 21** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da pesquisa. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (NTU)	Máximo (NTU)	Mínimo (NTU)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
<b>P01</b>	<b>12</b>	3,8	25,9	0,0	8,3	<b>&lt;P02;&lt;P03;&lt;P04</b>
<b>P02</b>	<b>12</b>	18,9	60,4	0,9	16,2	<b>&gt;P01</b>
<b>P03</b>	<b>12</b>	20,8	38,0	0,5	12,9	<b>&gt;P01</b>
<b>P04</b>	<b>12</b>	23,5	50,5	7,2	14,0	<b>&gt;P01</b>

Na Tabela 21 podemos observar que o descritivo estatístico do monitoramento da pesquisa aponta o P02 valor máximo e maior desvio padrão enquanto o P04 apresenta maior média entre os resultados dos pontos monitorados.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM deste trabalho e de forma resumida na Tabela 22.

**Tabela 22** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (NTU)	Máximo (NTU)	Mínimo (NTU)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	72	6,03	52	2	7,988	<P02;<P03;<P04
P02	75	33,57	148	6	23,867	>P01;<P03
P03	65	56,58	240	12	45,199	>P01; >P02;>P04
P04	74	39,55	120	16	18,613	<P01;<P03

Na tabela 22 podemos observar que o descritivo estatístico do monitoramento da FEPAM aponta o P03 com maior média, valor máximo e maior desvio padrão entre os resultados dos pontos monitorados.

O Teste ANOVA indicou existir diferenças significativas entre no mínimo as médias de dois pontos monitorados da FEPAM. Com a aplicação do Post Hoc Tests foi identificado que a diferença significativa ocorreu no ponto P01 em relação ao demais pontos e como pode ser observado na tabela 22.

A Tabela 23 apresenta resultados comparativos dos resultados da pesquisa e da FEPAM.

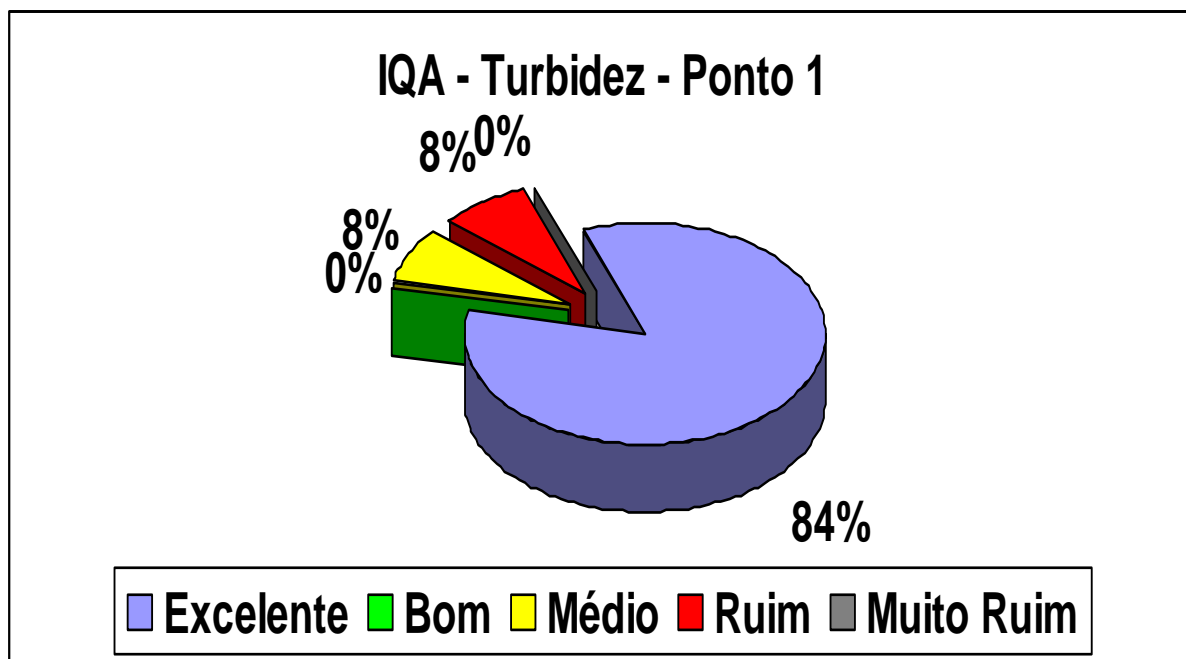
**Tabela 23** – Concentrações de turbidez verificadas nos monitoramentos.

Critério	PESQUISA	FEPAM
Maior média	Ponto 04 (23,5)	Ponto 03 (56,58)
Valor máximo	Ponto 02 (60,4)	Ponto 03 (240)
Maior desvio padrão	Ponto 02	Ponto 03

A comparação entre os resultados de turbidez dos monitoramentos da pesquisa e da FEPAM, apresentada na Tabela 23, demonstra uma diferença significativa, eis que o valor máximo encontrado na pesquisa ocorreu no P02 e o médio no P04, enquanto a FEPAM indica estas duas condições no P03.

### 5.5.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – Turbidez

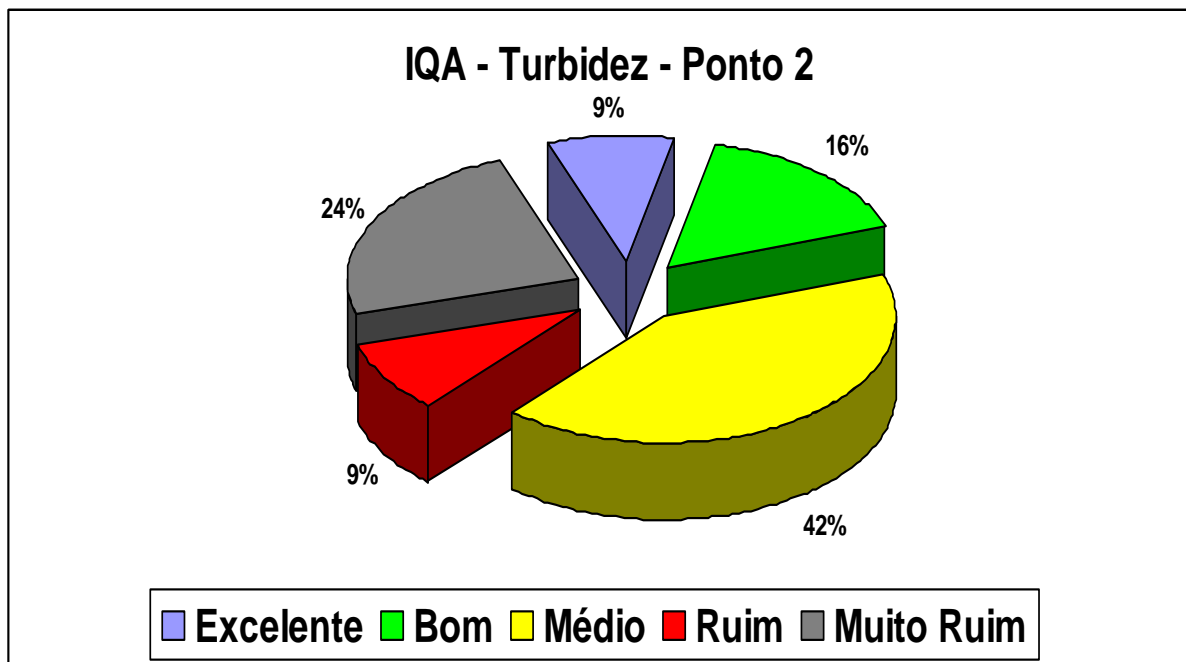
Os percentuais de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, do parâmetro turbidez, estão demonstradas nas Figuras 76, 77, 78 e 79.



**Figura 76** – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P01.

Com relação ao IQA-turbidez, a Figura 76 apresenta 84 % dos resultados identificados como excelentes sendo os restantes distribuídos de igual forma entre IQA's ruim e médio. A predominância do IQA excelente para o ponto pode ser justificada por alguns aspectos observados durante as coletas realizadas, como:

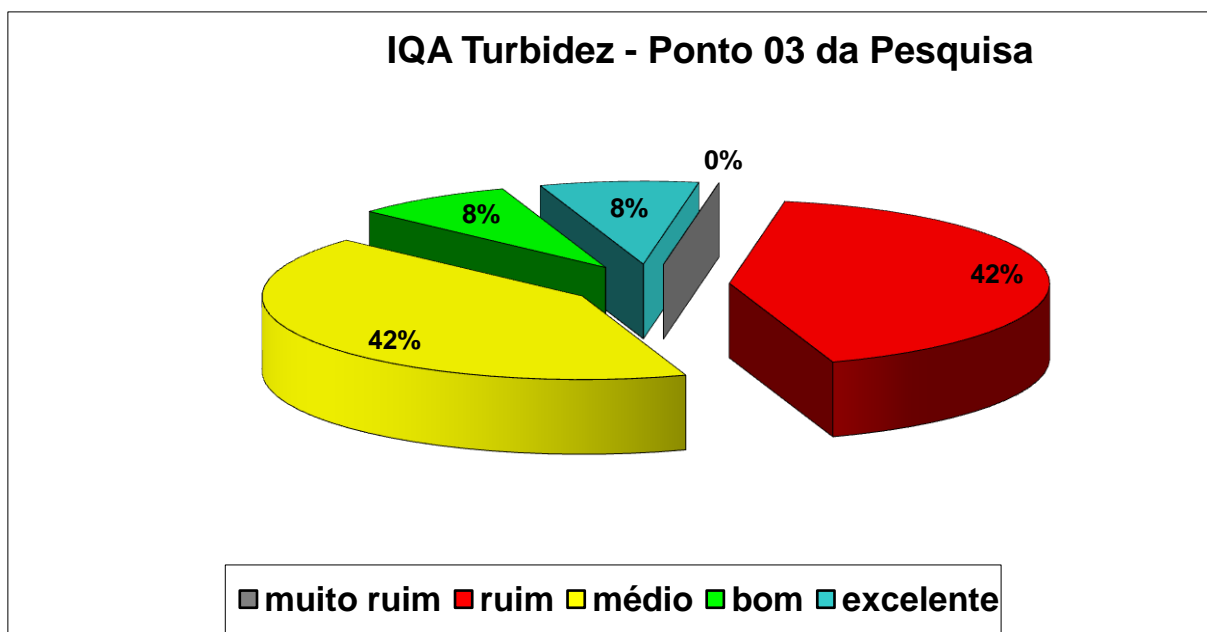
- Rápida drenagem da área contribuinte da bacia situada a montante do ponto, passando o regime de alta vazão para baixa vazão em curto espaço de tempo, reduzindo o tempo de drenagem desta área e também do arraste significativo superficial nas áreas próximas as margens do rio;
- Conservação da mata ciliar e de áreas adjacentes situadas a montante e junto ao P01 evitando a erosão;
- Reduzida atividade antrópica.



**Figura 77** – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P02.

A Figura 77 demonstra que o monitoramento da pesquisa constatou no P02 um aumento significativo da ocorrência de IQA médio (42 %) e desaparecimento da condição excelente em relação ao P01. Entre os pontos monitorados do rio dos Sinos, o P02 é o único que apresenta IQA muito ruim, que somado ao IQA ruim totalizam 42 % da ocorrência dos resultados. Estes aumento de ocorrência de baixo IQA no P02 foram verificados nos períodos de maiores volumes de água observadas no rio dos Sinos, podendo ser associados à contribuição direta a montante às características das ocupações de solos da bacia e região, pois a turbidez dos corpos de água é particularmente associada a solos erodíveis que recebem precipitação pluviométrica, podendo carrear partículas componentes do solo.

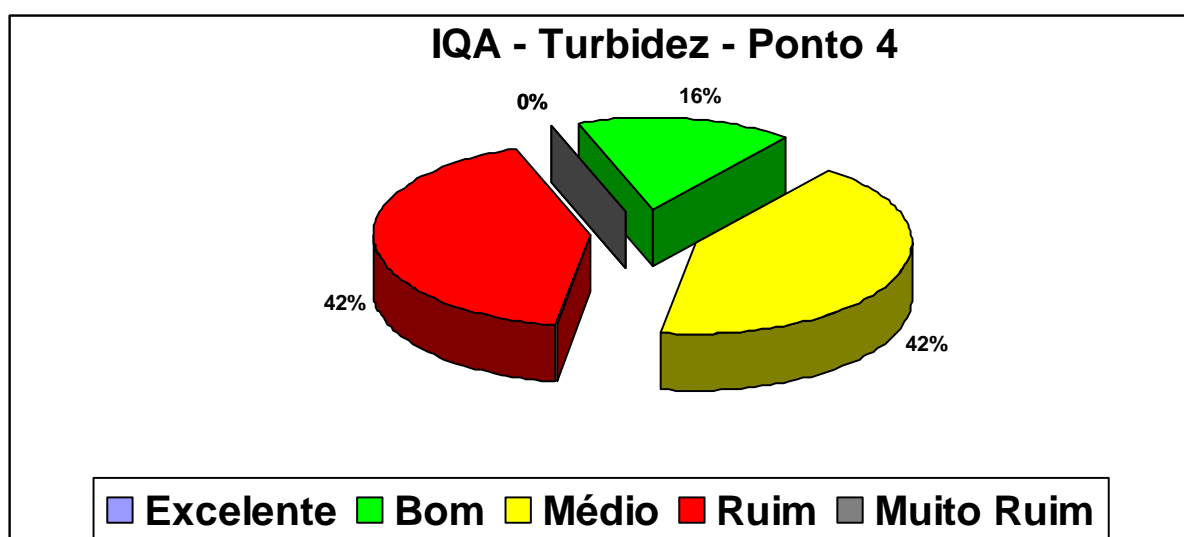
A Figura 78 destaca a distribuição dos resultados de cálculo do IQA para o P03.



**Figura 78** – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P03.

A Figura 78 demonstra que o monitoramento da pesquisa constatou no P03 apresentou a ocorrência de 42 % dos resultados de IQA médio e 42 % de IQA ruim para o parâmetro turbidez.

A Figura 79 apresenta as frequências de resultados de IQA para o P04.

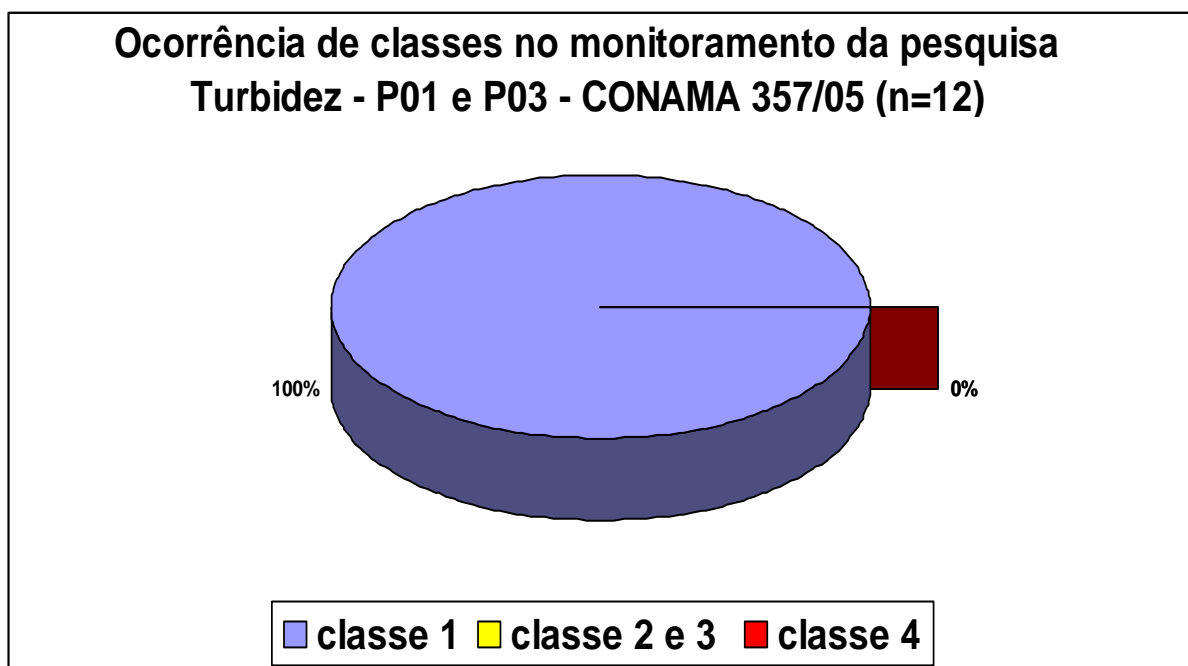


**Figura 79** – Resultados para o parâmetro turbidez no ponto P04.

A Figura 79 demonstrou que o P04 apresenta resultados similares ao P03, sendo 42 % tanto para IQA ruim como para IQA médio. A diferença entre os pontos é que o P04 passou a não apresentar resultados de IQA excelente.

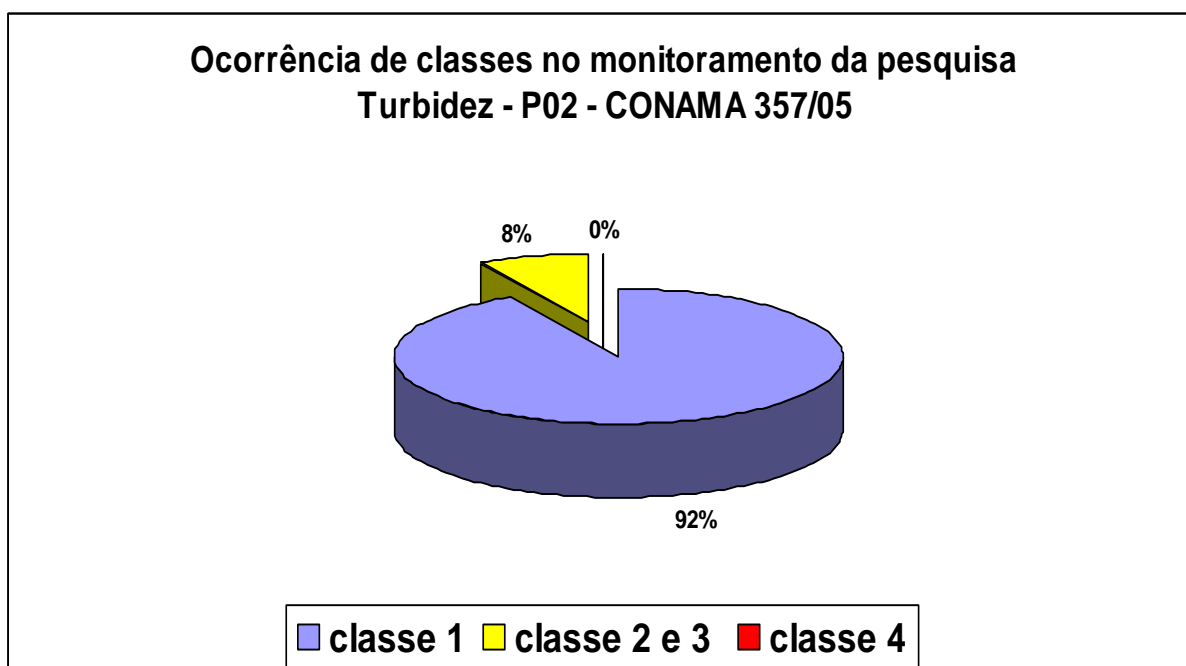
#### 5.5.4 Gráficos de enquadramento na Resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de Turbidez encontrados no monitoramento da pesquisa e no monitoramento da FEPAM

As Figuras 80, 81 e 82 apresentam o percentil de ocorrência das classes no P01/P03, P02 e P04 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro turbidez .



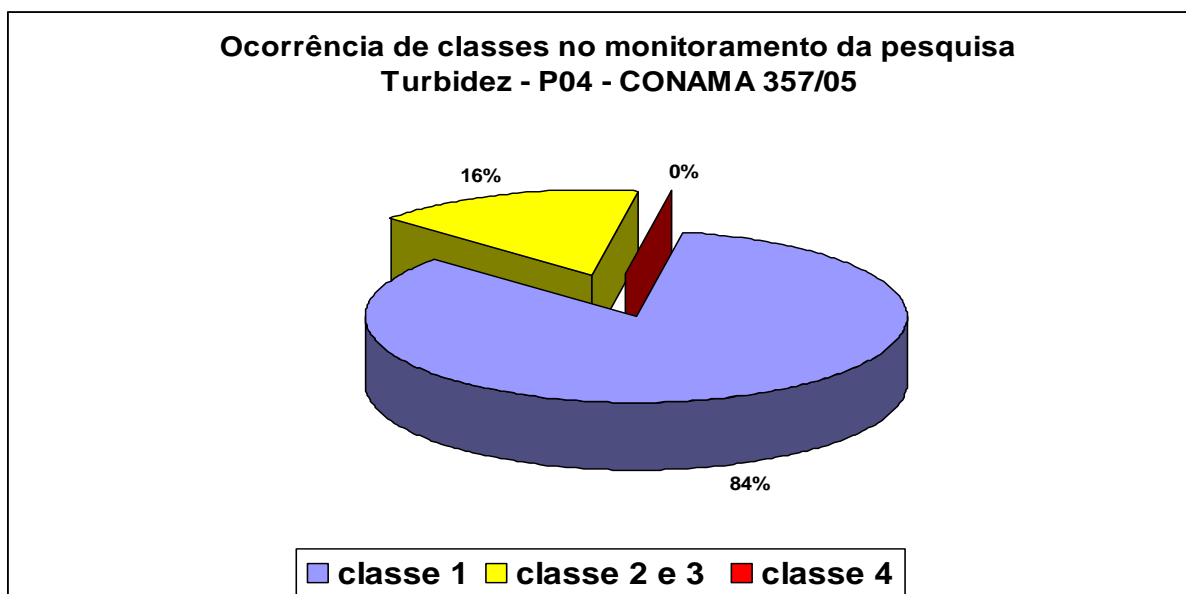
**Figura 80** – Resultados para o parâmetro turbidez no P01 e P03 (CONAMA 357/05).

A Figura 80 demonstra que os pontos P01 e P03 demonstraram a ocorrência de 100% de resultados de IQA da turbidez como excelente.



**Figura 81** – Resultados para o parâmetro turbidez no P02 (CONAMA 357/05).

O limite superior de enquadramento da Resolução CONAMA/357 referente às classes de uso 2 e 3 para o parâmetro turbidez são iguais. A Figura 81 demonstra que no ponto P02 apresentou em 92 % das análises realizadas como classe 1.



**Figura 82** – Resultados para o parâmetro turbidez no P04 (CONAMA 357/05).

Comparando os resultados da classificação do CONAMA 357/05 com os resultados apresentados no item 5.4.3, referente aos resultados de IQA encontrados para o parâmetro turbidez, nos resultados da pesquisa, pode ser destacado que:

- O ponto P01 apresentou 100% de classe de uso classe 1 na CONAMA357/05 e IQA de 8 % na classe “médio” e 8 % na classe “ruim”;
- O ponto P03 apresentou 100% de classe de uso classe 1 na CONAMA357/05 e IQA de 42 % na classe “médio” e 42 % na classe “ruim”;
- O ponto P02 apresentou 92 % de classe de uso classe 1 no CONAMA357/05 e o IQA ocorreu em 42 % como “médio”, 9 % como “ruim” e 24 % como “muito ruim”;
- O ponto P04 apresentou 84 % de classe de uso classe 1 no CONAMA357/05 e o IQA apresentou 42 % de resultados “muito ruim”.

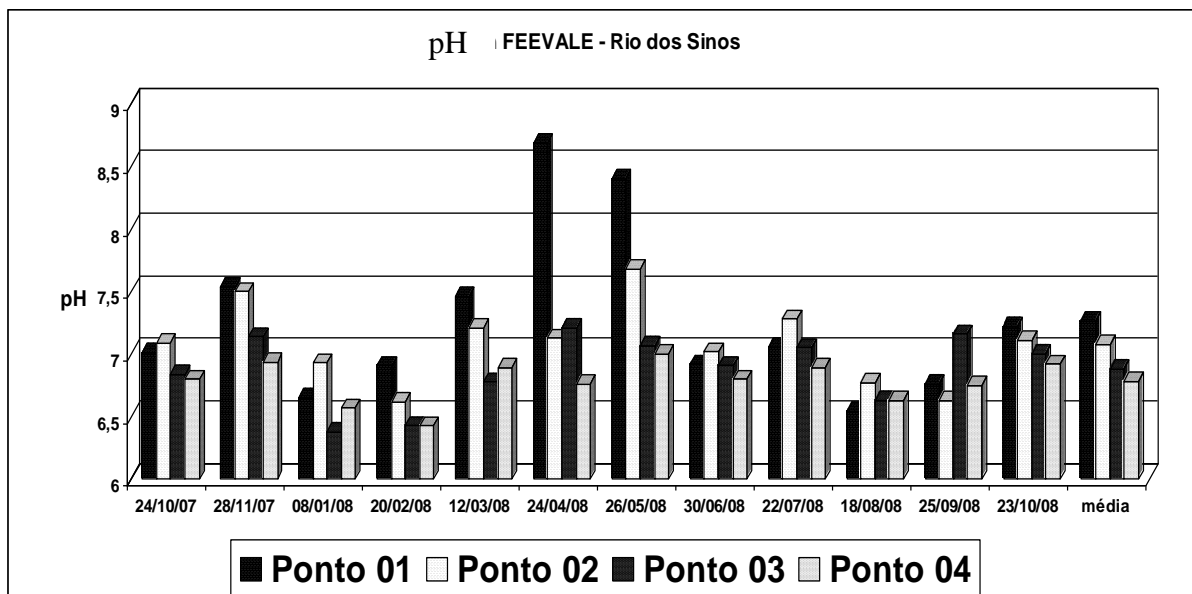
A comparação entre o IQA e a classificação por classes de uso conforme a resolução CONAMA357/05 indicaram que para o parâmetro turbidez, o IQA calculado é mais restritivo que à classificação quanto ao uso da água obtida na resolução do CONAMA357/05.

## **5.6 PARÂMETRO pH**

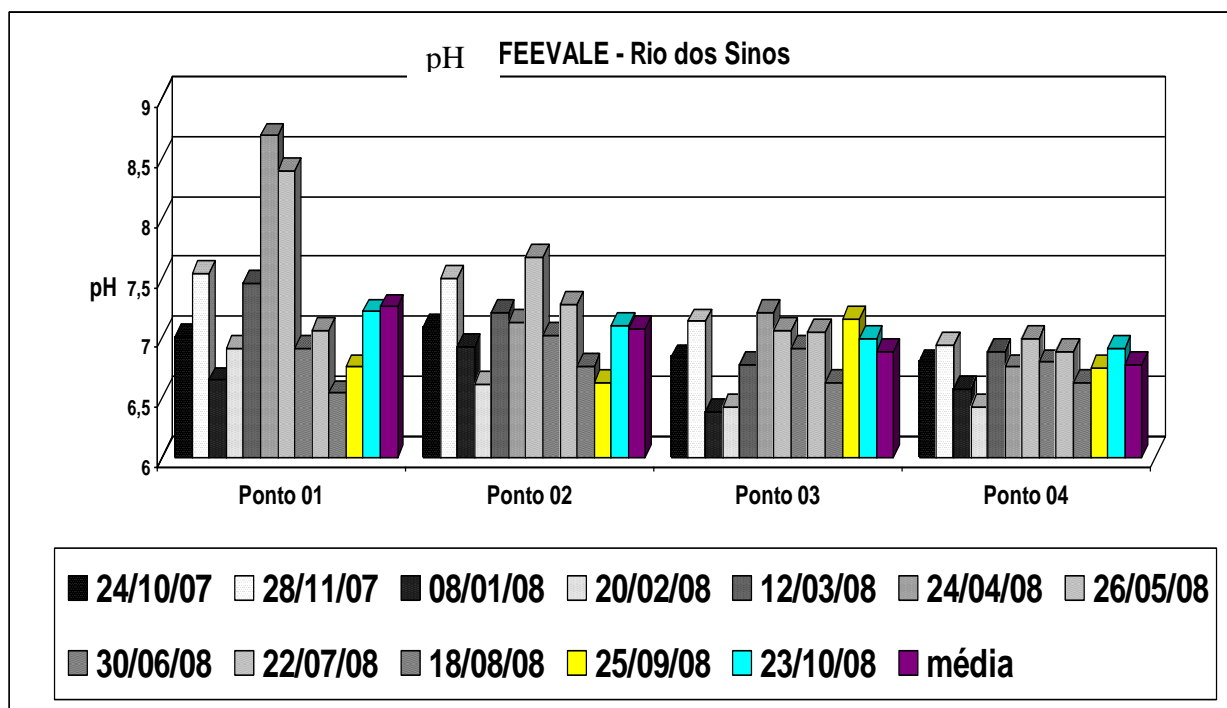
### **5.6.1 pH – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM**

O potencial hidrogeniônico (pH) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução aquosa. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem resultar no desaparecimento dos organismos presentes na mesma.

As Figuras 83 e 84 apresentam os valores de pH encontrados durante o monitoramento da pesquisa.



**Figura 83** – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa.



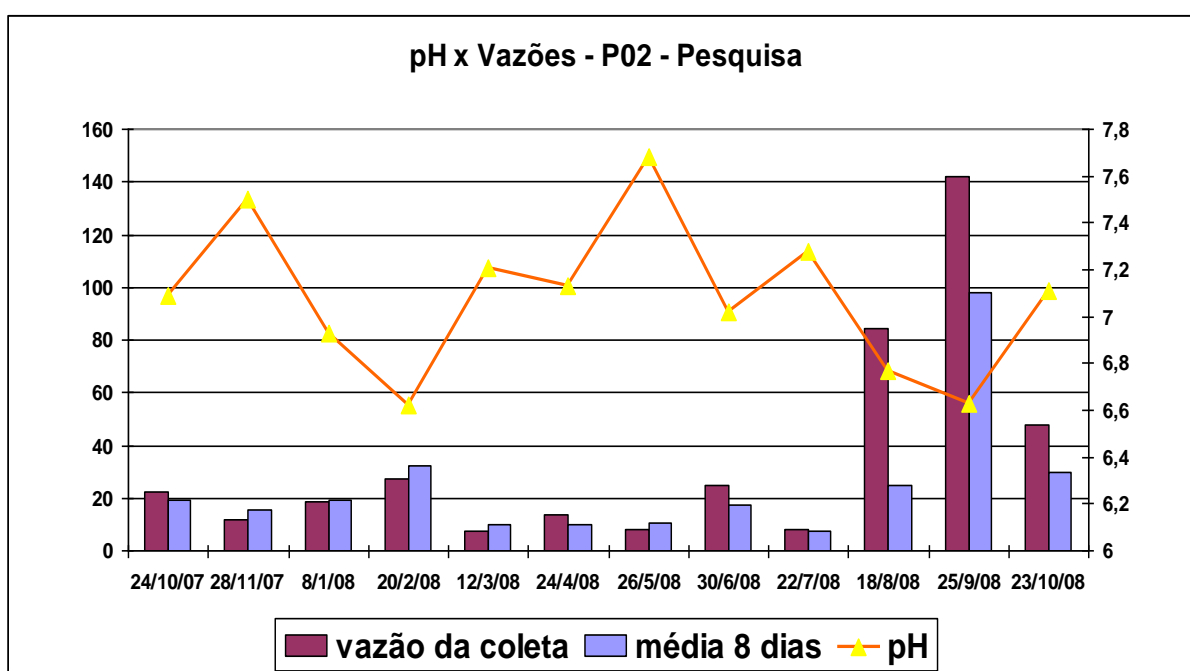
**Figura 84** – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa, com sua média.

As Figuras 83 e 84 demonstram um comportamento de queda do pH de montante a jusante do rio dos Sinos.

O P01 apresentou valores superiores à normalidade nas datas de 24/04 e 26/05 de 2008. Neste ponto não foram verificadas ou encontradas referências quantitativas de vazão, porém no momento da coleta foi observado um fluxo de água bastante baixo em relação ao restante das coletas realizadas. Uma possível hipótese para esta condição de pH mais elevado é devido à possível ação do intemperismo da água sobre as rochas liberando cálcio e

magnésio que devido ao contato com a água transformam-se em carbonatos de cálcio e magnésio que por sua vez tendem a elevar o pH, agravado pela ocorrência de baixa diluição dos íons em função do reduzido volume de água no ponto (ZILLMER, 2007).

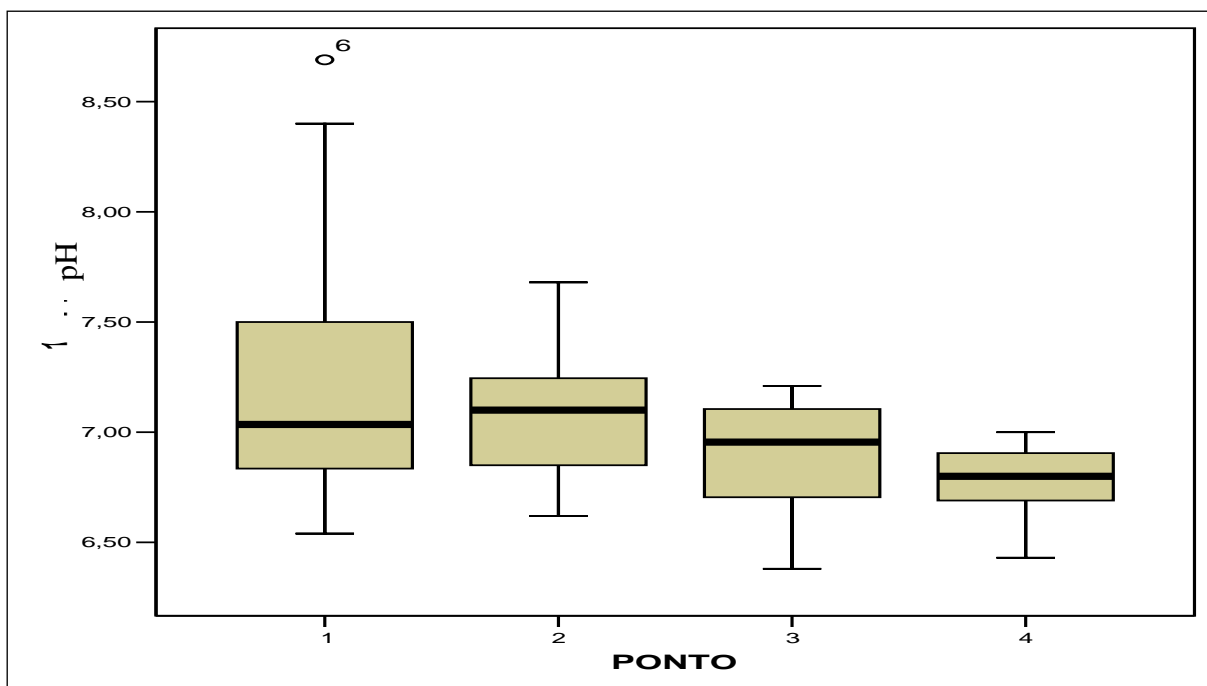
Para o P02 a matriz de correlação de Pearson indicou correlação inversa de resultado de pH em relação ao aumento das vazões medidas no V1 nos dias das coletas e nas médias dos 08 dias que a antecederam. A Figura 85 compara a variação de pH encontrado no P02 com a variação das vazões medidas no V1.



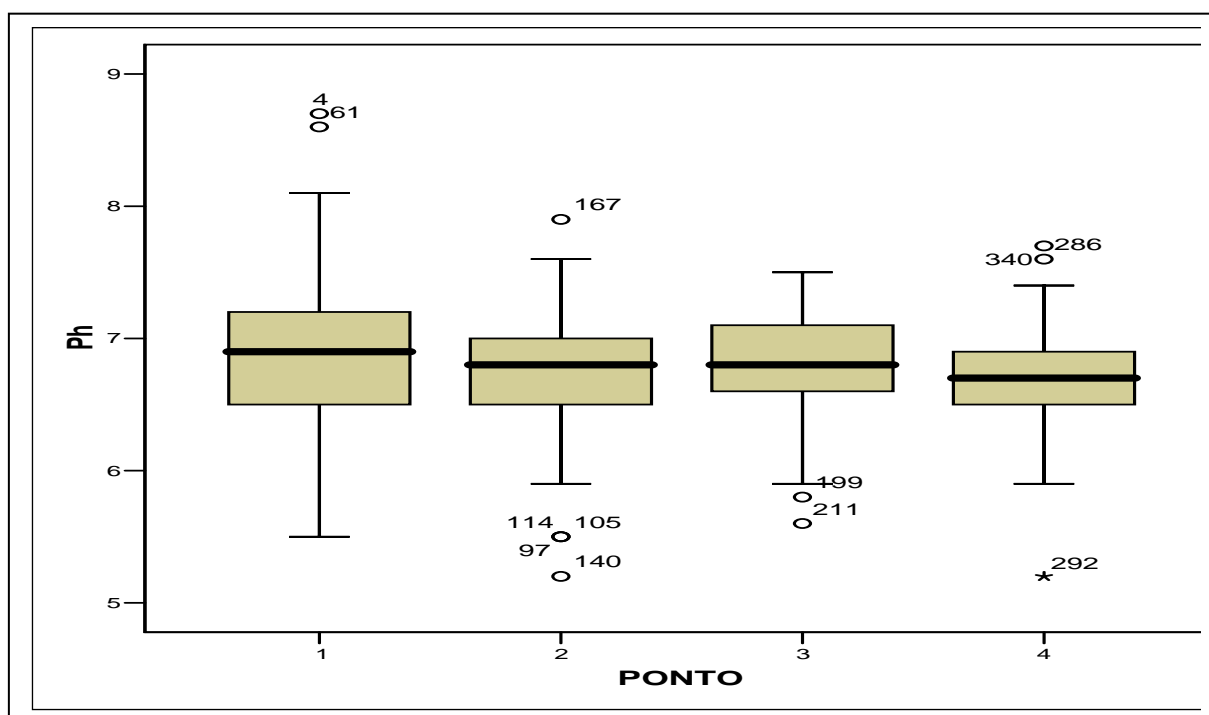
**Figura 85** – Variação de pH com a variação das vazões medidas no V1.

Na Figura 85 é verificado a tendência de redução de pH com o aumento de vazão para o ponto P02 no período de amostragem, em relação à vazão do dia da coleta e da média dos últimos 08 dias. Algumas das hipóteses referentes a estes aspectos são a intensificação da decomposição de matéria orgânica, que reduz o pH da água devido ao aumento da concentração de gás carbônico, que ao dissolver-se na água forma o ácido carbônico.

As Figuras 86 e 87 apresenta os gráficos de caixa dos resultados obtidos no monitoramento referente ao parâmetro pH.



**Figura 86** – Gráfico do comportamento do parâmetro do pH monitorado na pesquisa.



**Figura 87** – Gráfico do comportamento do parâmetro do pH monitorado pela FEPAM.

A Figura 86 referente ao monitoramento realizado na pesquisa apresenta uma variação de aumento de mediana entre o P01 e P02 e queda a partir deste ponto até o P04. A maior quantidade de resultados é verificada no P01.

Por sua vez a Figura 87 que resume os resultados da pesquisa da FEPAM apresenta pequenas variações de mediana, diminuindo levemente do P01 ao P02, mantendo em relação ao P03 e reduzindo para o P04.

### 5.6.2 Testes estatísticos para o parâmetro pH

Os testes estatísticos, descritivo analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de pH do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma resumida na Tabela 22.

**Tabela 22** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da Pesquisa. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (pH)	Máximo (pH)	Mínimo (pH)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	12	7,3	8,7	6,5	0,67051	>P04
P02	12	7,1	7,7	6,6	0,32095	NÃO
P03	12	6,9	7,2	6,4	0,27988	NÃO
P04	12	6,8	7,0	6,4	0,16759	<P01

Na tabela 22 pode ser constatado que a análise estatística apresentou resultados muito próximos entre os diversos pontos, considerando-se os valores médios e mínimos. Por sua vez o valor máximo apresenta uma variação um pouco maior, de 1,7 unidades na relação do P01 (8,7) ao P04 (7,0).

O teste estatístico ANOVA indicou a existência de diferença significativa nas médias dos resultados das análises de pH entre os obtidos na pesquisa. O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média ocorre entre os pontos 01 e 04. A variação das médias de pH entre o P01 e o P04 foi de 0,5 unidades (7,3 - 6,8) fatos que podem também serem atribuídos aos diversos aspectos ambientais, como o incremento de efluentes industriais e de esgotos domésticos ao longo do curso do rio.

Os testes estatísticos, descritivo analítico e TuKey HSD aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM são apresentados de forma resumida na Tabela 23.

**Tabela 23** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (pH)	Máximo (pH)	Mínimo (pH)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	72	6,8	9	6	,62	não
P02	75	6,7	8	5	,53	não
P03	68	6,8	8	6	,41	não
P04	70	6,7	8	5	,39	não

O teste estatístico ANOVA indicou não existir diferença significativa nas médias dos resultados das análises de pH entre os obtidos no monitoramento da FEPAM.

A Tabela 24 apresenta comparativos entre os resultados da Pesquisa e da FEPAM.

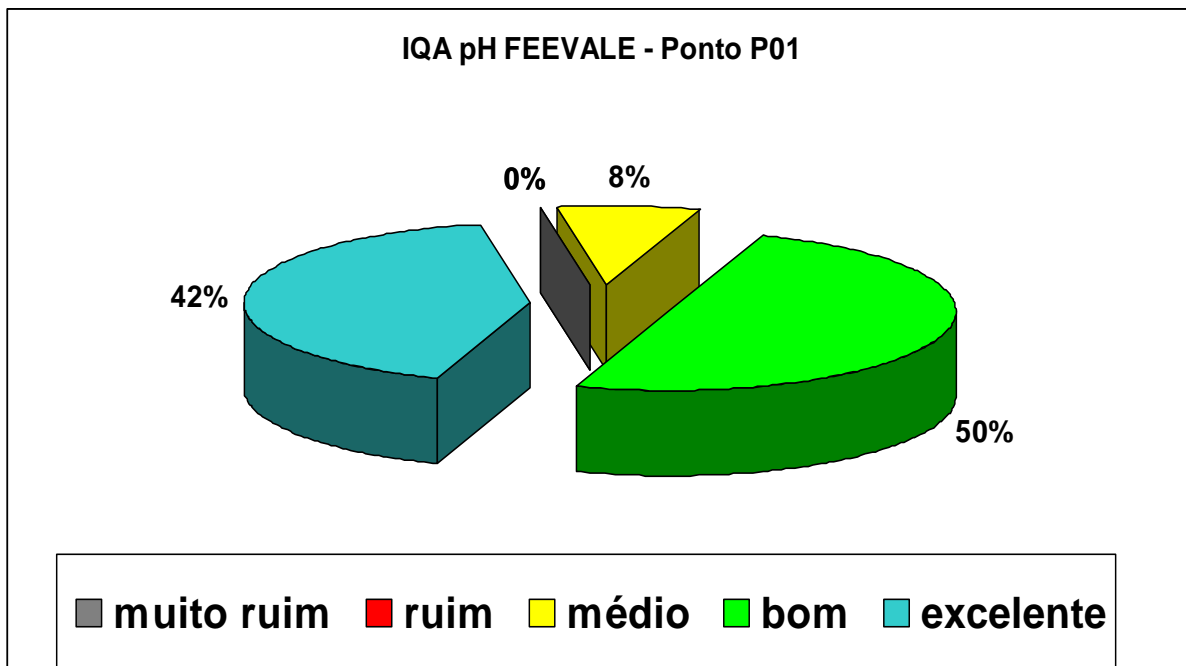
**Tabela 24** - Comparativo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM e da pesquisa.

Critério	PESQUISA	FEPAM
Menor média	Ponto 04 (6,8)	Ponto 02 e 04 (6,7)
Valor máximo	Ponto 01 (8,7)	Ponto 01 (9,0)
Valor mínimo	Ponto 03 e 04 (6,4)	Ponto 02 e 04 (5)
Maior desvio padrão	Ponto 01	Ponto 01

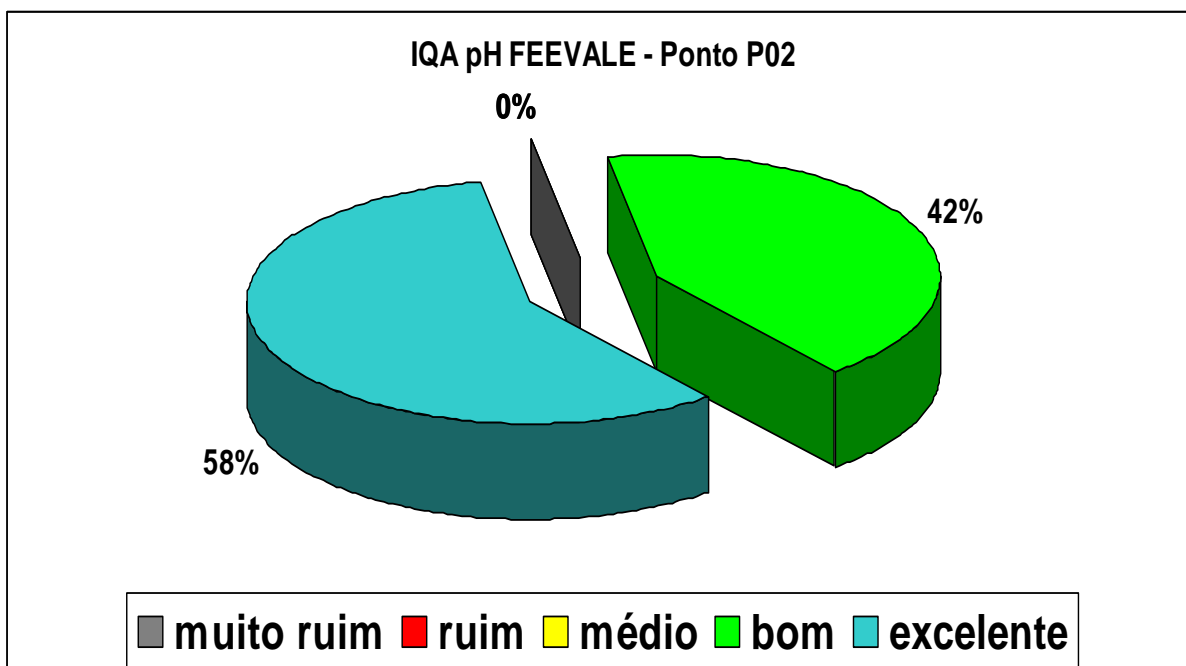
O resumo comparativo apresentado na tabela 24 demonstra que o monitoramento da FEPAM diagnosticou maior valor máximo e mínimo em relação ao monitoramento da pesquisa.

### 5.6.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – pH

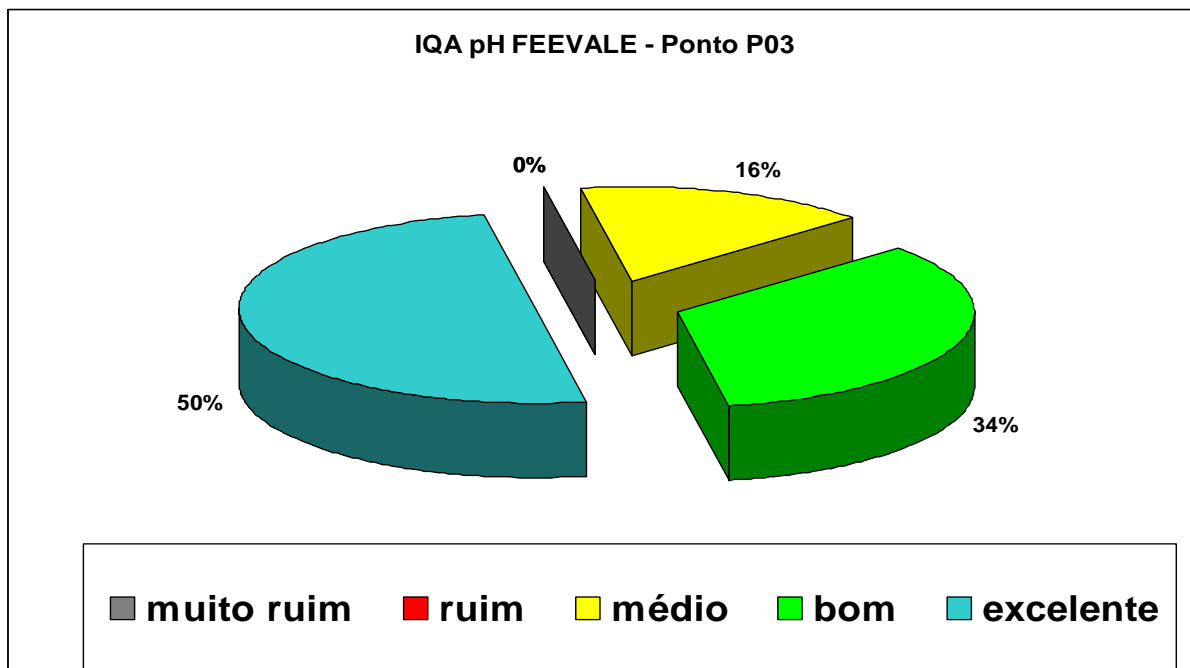
Os percentuais de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, do parâmetro pH, estão demonstradas nas Figuras 88, 89, 90 e 91.



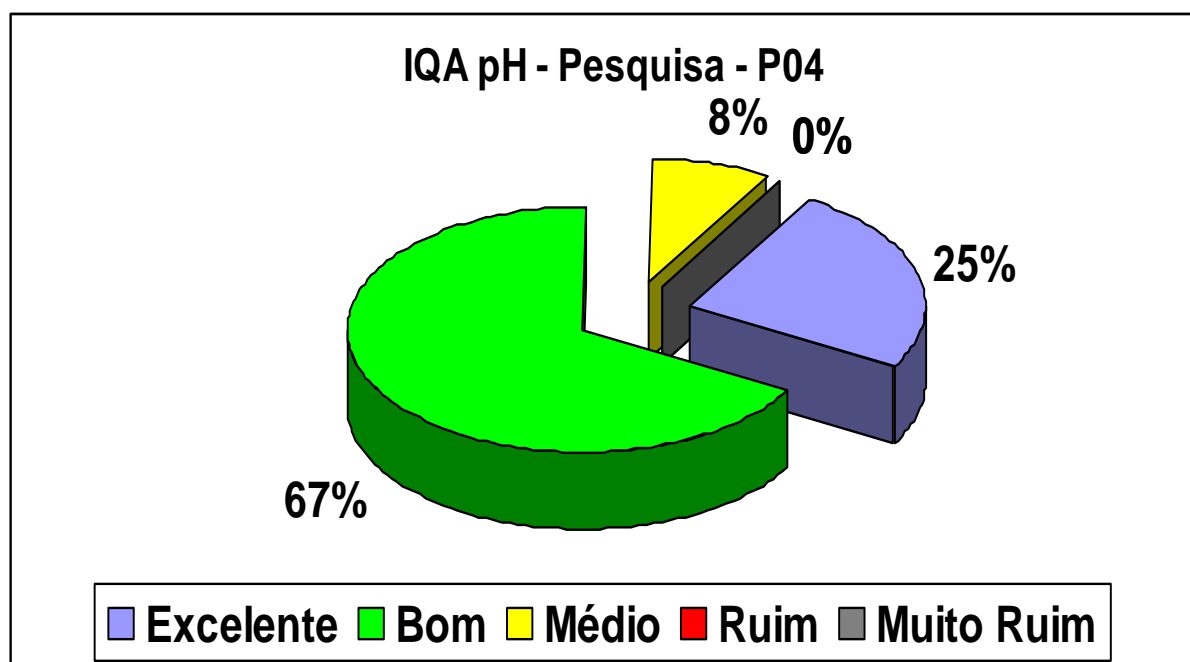
**Figura 88** – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P01 monitorados por esta pesquisa.



**Figura 89** – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P02 monitorados por esta pesquisa.



**Figura 90** – resultados para os parâmetro pH no Ponto P03 monitorado por esta pesquisa.

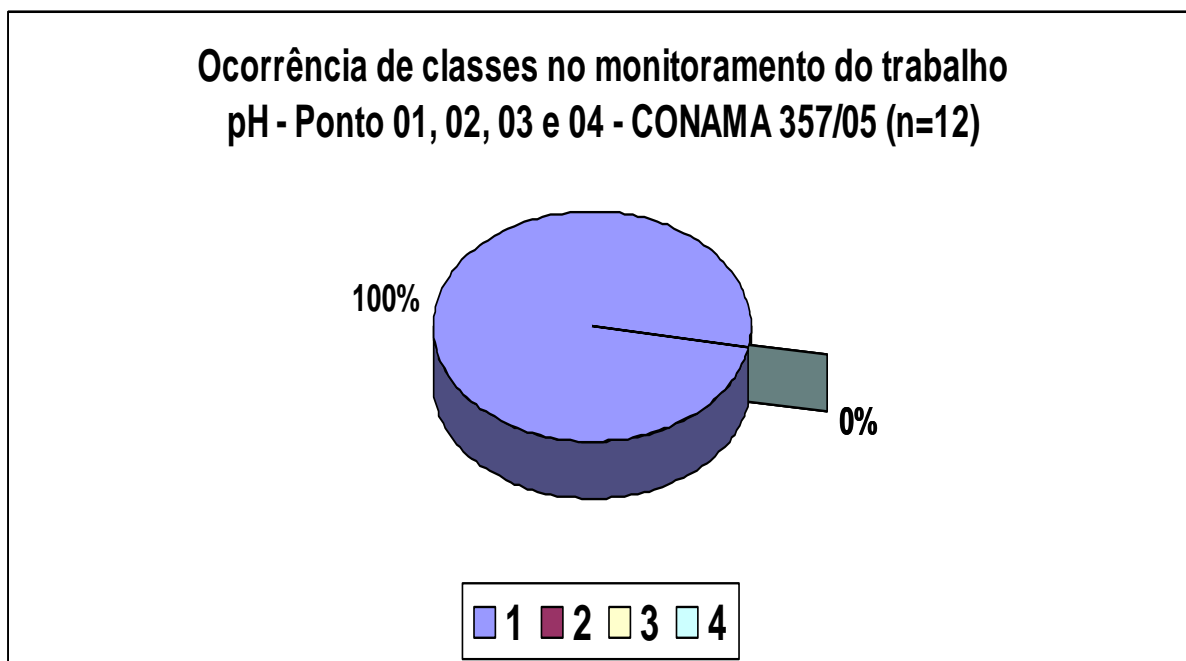


**Figura 91** – Resultados para os parâmetro pH no Ponto P03 monitorado por esta pesquisa.

Os pontos monitorados na pesquisa apresentaram predominância de resultados de IQA's entre excelente e bom e desta forma a qualidade do rio não se apresenta degradada por este parâmetro e por este critério de avaliação.

#### 5.6.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de pH encontrados no monitoramento da pesquisa e no monitoramento da FEPAM

A Figura 92 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P01 de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado para o parâmetro pH.



**Figura 92** – Resultados para os parâmetro pH nos pontos monitorados por esta pesquisa, relacionados com a Resolução CONAMA 357/05.

Os resultados apontados na Figura 92 demonstram que, conforme a legislação vigente no Brasil (CONAMA 357/78), o rio dos Sinos não apresenta restrições aos diversos usos da água devido ao parâmetro pH.

## 5.7 PARÂMETRO NITROGÊNIO TOTAL E NITRATO

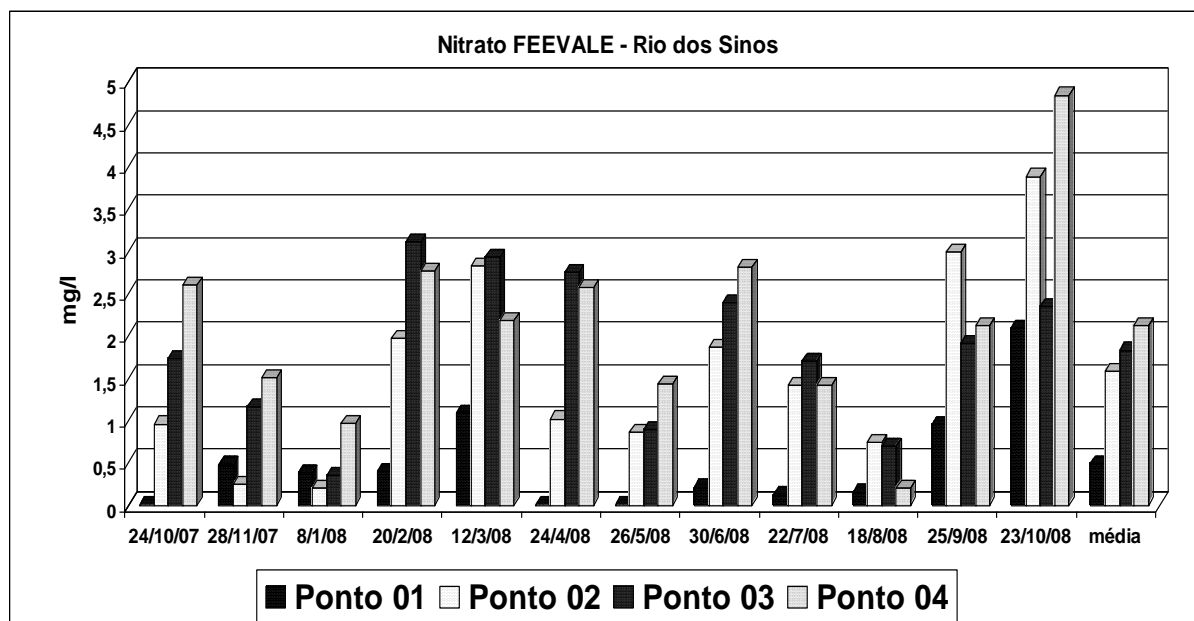
### 5.7.1 Nitrato – Monitoramento da Pesquisa

O nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação das águas por meio da atividade agropecuárias e dejetos humanos. O anion nitrato tende a permanecer em solução principalmente nas camadas superficiais do solo. Na solução do solo, o nitrato fica sujeito ao processo de lixiviação. A intensidade dos processos de contaminação das águas por

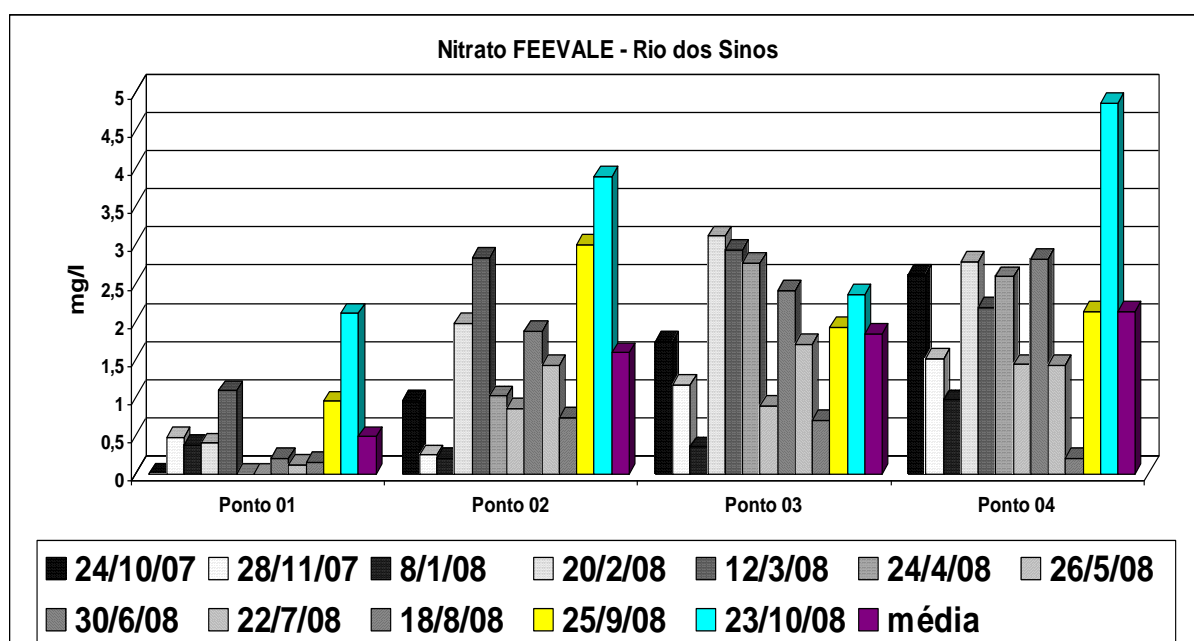
nitrito devido às atividades agrícolas depende, entre outros aspectos, das condições climáticas, do manejo da irrigação, da intensidade do uso dos fertilizantes.

O histórico obtido referente ao monitoramento da FEPAM não apresentou resultados para nitrito e, portanto ficou prejudicada a comparação deste parâmetro com a pesquisa.

As Figuras 93 e 94 apresentam os resultados das análises realizadas ao longo do monitoramento da pesquisa (FEEVALE).

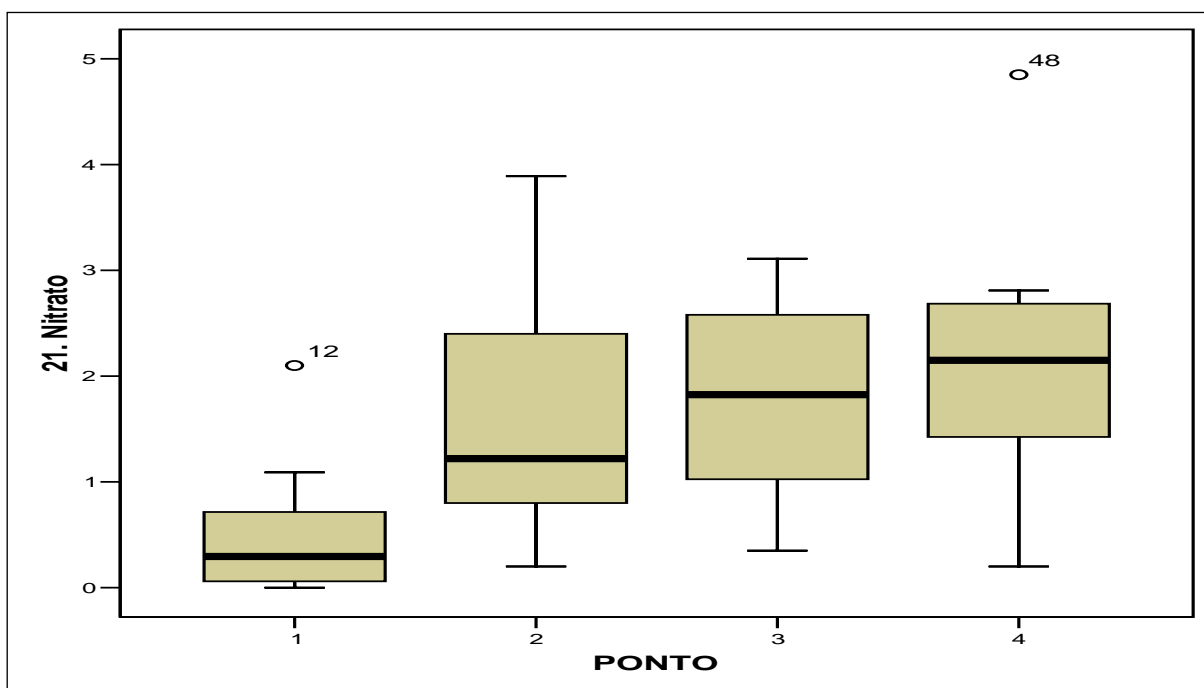


**Figura 93** – Resultados das concentrações de Nitrato ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo as médias.



**Figura 94** – Resultados para o parâmetro Nitrato nos pontos monitorados da pesquisa, incluindo as médias.

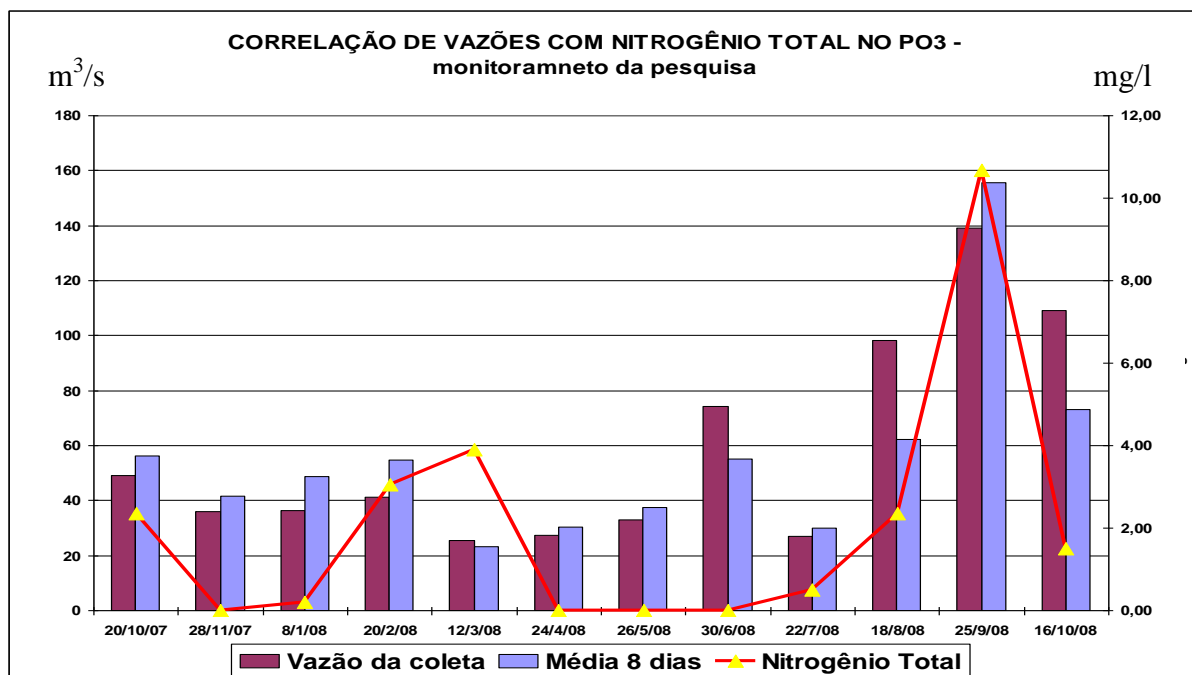
A Figura 95 apresenta o gráfico de caixas referente ao comportamento dos resultados de nitrato obtidos no monitoramento da pesquisa.



**Figura 95** – Gráfico do comportamento do parâmetro nitrato monitorado na pesquisa.

Conforme demonstrado nos gráficos apresentados nas Figuras 93, 94 e 95 as concentrações de nitrato obtidas no monitoramento da pesquisa indicam um incremento de valores de montante para jusante do rio nos pontos monitorados. Observa-se que as médias das Figuras 93 e 94 e a mediana apresentada na Figura 95 possuem um incremento significativo entre os pontos P01 e P02.

Na forma de nitrogênio total a matriz de correlação de Pearson indicou significância de resultado na tendência de aumento de concentração no P03, com o aumento da vazão do dia da coleta e da media encontrada em cada mês. A Figura 96 apresenta a variação da concentração de nitrogênio total com a vazão do rio dos Sinos apurada no ponto V3 da CPRM, verificada no P03.



**Figura 96** – Variação da concentração de nitrogênio total com a vazão do Rio dos Sinos no ponto P03.

Conforme demonstrado na Figura 96, as coletas realizadas nos meses de agosto e setembro apresentaram valores extremos para concentração de nitrogênio total coincidentemente com a ocorrência das maiores vazões do dia da coleta e da média dos últimos 8 dias, relativamente a todas realizadas no período de monitoramento. Da mesma forma que foi observado com relação ao parâmetro coliforme fecais (E.C.) este fato pode ser associado à condição de maior vazante de drenagem, principalmente da sub-bacia de Novo Hamburgo, através dos arroios Luis Rau e Gauchinho incrementando o carregamento de nutrientes oriundos de esgoto domésticos, como o nitrogênio.

### 5.7.2 Testes estatísticos para o parâmetro Nitrato

O teste estatístico ANOVA indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos nas médias do parâmetro nitrato. O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média ocorre somente entre o ponto 01 em relação aos demais pontos monitorados conforme já demonstrado no item 5.6.1. A matriz de Pearson não indicou correlação entre os valores de concentração de nitrato com a variação de vazão nos pontos P02, P03 e P04.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de nitrato do monitoramento da pesquisa de forma resumida na Tabela 25.

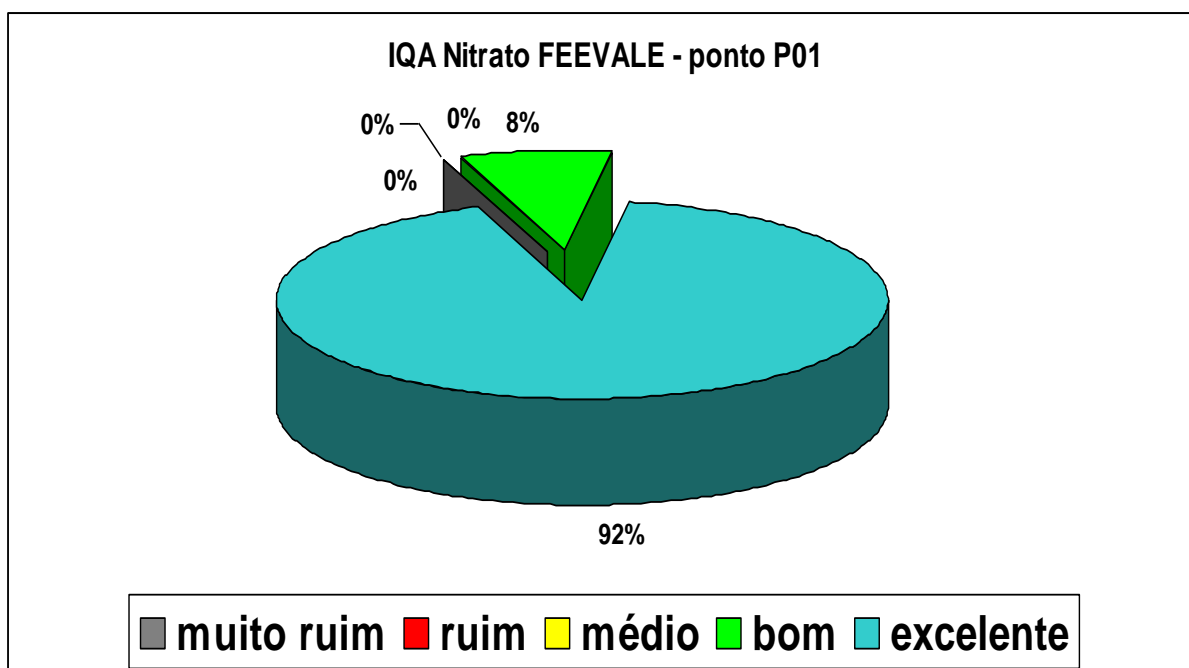
**Tabela 25** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da pesquisa. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	73	0,49	2	0	0,620	<P01;<P02;<P04
P02	77	1,58	4	0	1,159	>P01
P03	61	1,83	3	0	0,912	>P01
P04	76	2,12	5	0	1,173	>P01

O valor máximo, maior desvio padrão e maior média para o parâmetro nitrato foi verificado no ponto P04.

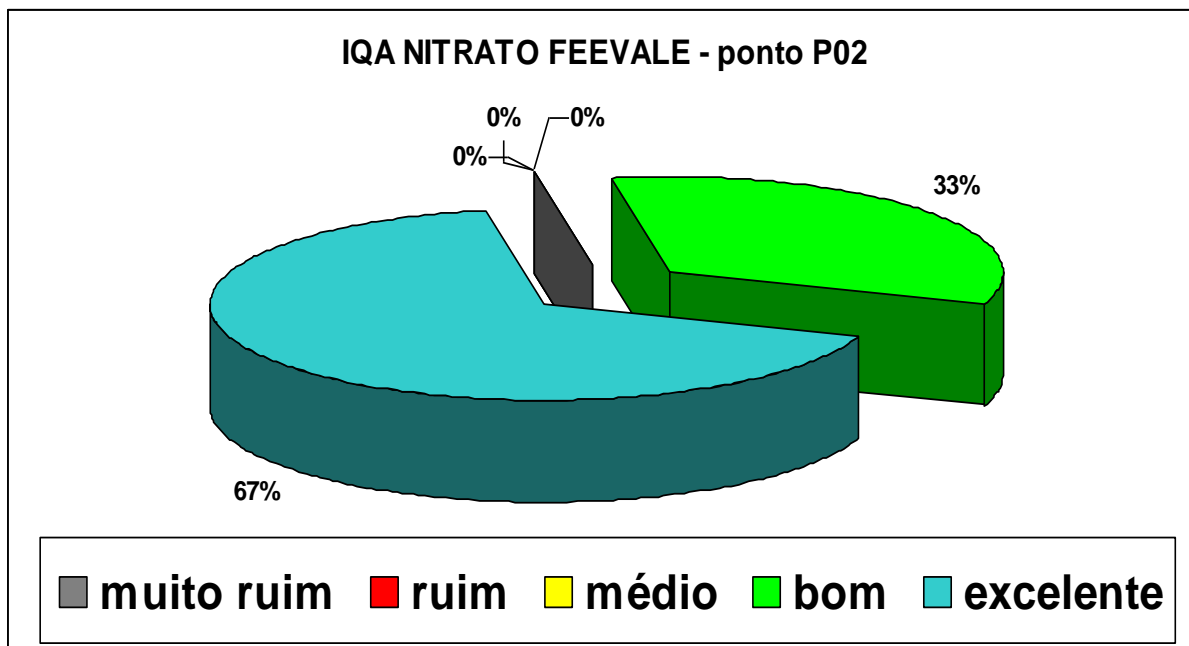
### 5.7.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa (FEEVALE) – Nitrato

O percentil de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, referente ao parâmetro nitrato, estão demonstradas nos Figuras 97, 98, 99 e 100, respectivamente.



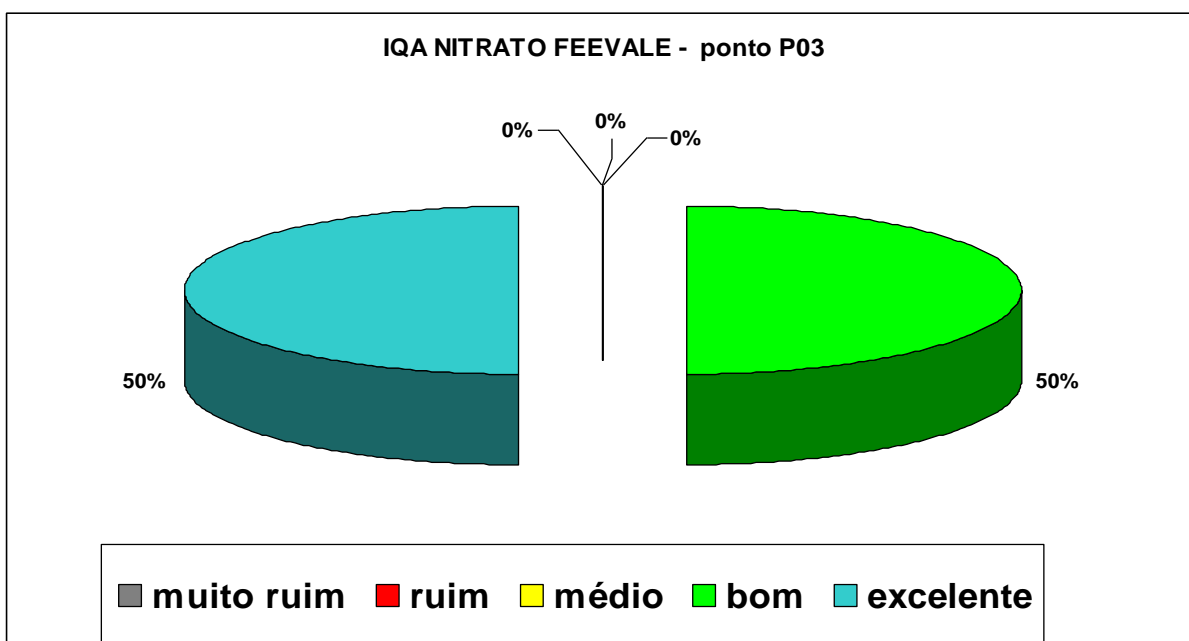
**Figura 97** – Resultados para o parâmetro nitrato no P01 do monitoramento da pesquisa.

A Figura 97 demonstra que o parâmetro nitrato apresentou IQA excelente no P01, em 92 % dos resultados calculados a partir da concentração resultante de cada coleta analisada.

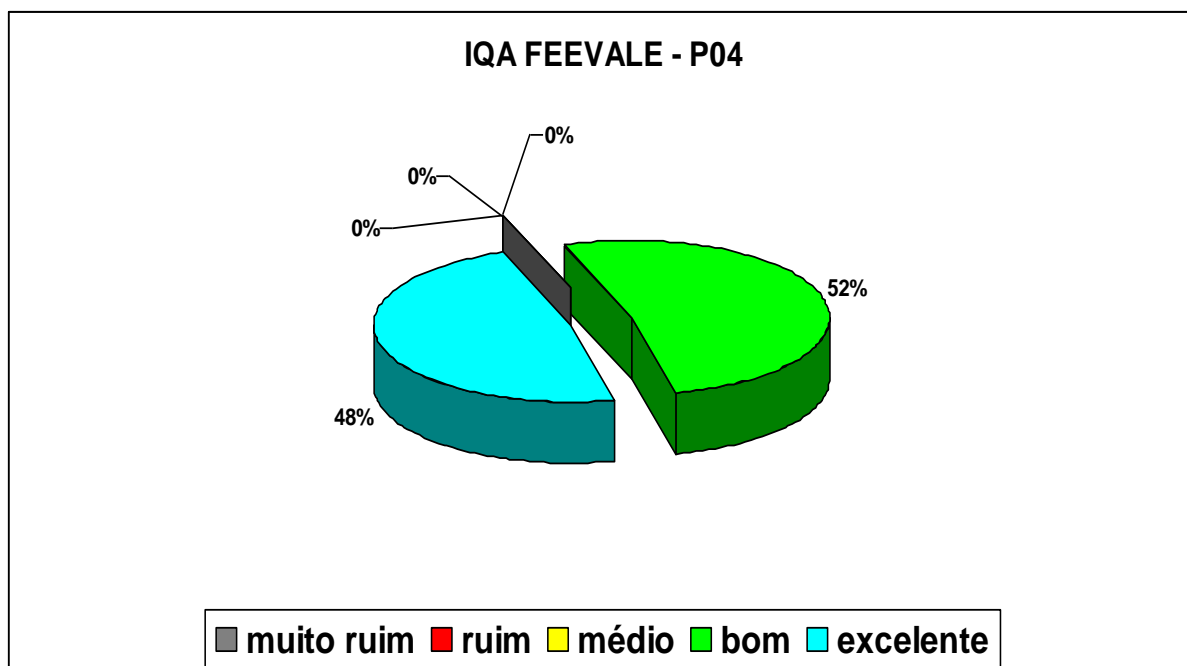


**Figura 98** – Resultados para o parâmetro nitrato no P02 monitorado por esta pesquisa.

A Figura 98 apresenta uma queda do IQA no P02, em relação ao IQA do P01 apresentado na Figura 97. O resultado de ocorrência de IQA excelente, verificado no P01, reduz de 92 % para 67 % de ocorrência no P02. Esta redução de IQA excelente determinou o acréscimo na mesma proporção para o IQA bom. O P02 mantém níveis de qualidade exclusivamente excelentes e bons.



**Figura 99** – Resultados para o parâmetro nitrato no P03 monitorado na pesquisa.

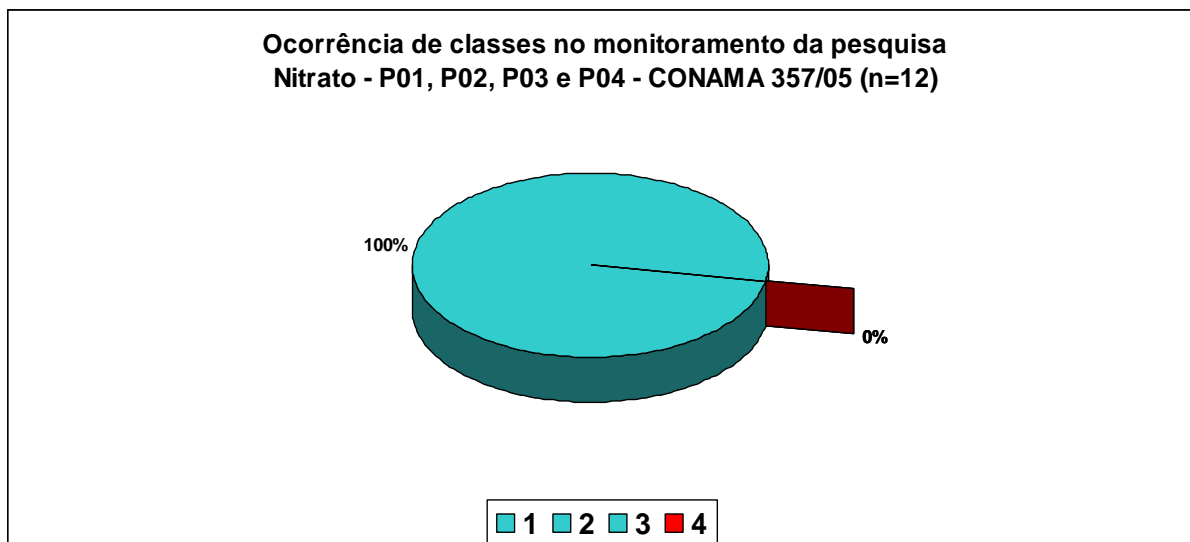


**Figura 100** – Resultados para o parâmetro nitrato no P04 monitorado na pesquisa.

A Figura 100 apresenta uma pequena redução de qualidade do IQA no P04, em relação ao IQA do P03 (Figura 99). O P04, como os demais pontos monitorados, mantém IQA exclusivamente excelente e bom, indicando por este critério que não existe uma degradação significativa da qualidade da água em relação ao parâmetro nitrato.

#### **5.7.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de nitrato encontrados no monitoramento da pesquisa.**

A Figura 101 apresenta o percentual de ocorrência das classes no P01, P02, P03 e P04 de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no monitoramento realizado na pesquisa para o parâmetro nitrato.



**Figura 101** – Resultados para o parâmetro nitrato no P04 monitorado na pesquisa.

Os resultados apontados na Figura 101 demonstram que, conforme a legislação vigente no Brasil (CONAMA 357/78), o rio dos Sinos não apresenta restrições aos diversos usos da água devido ao parâmetro nitrato.

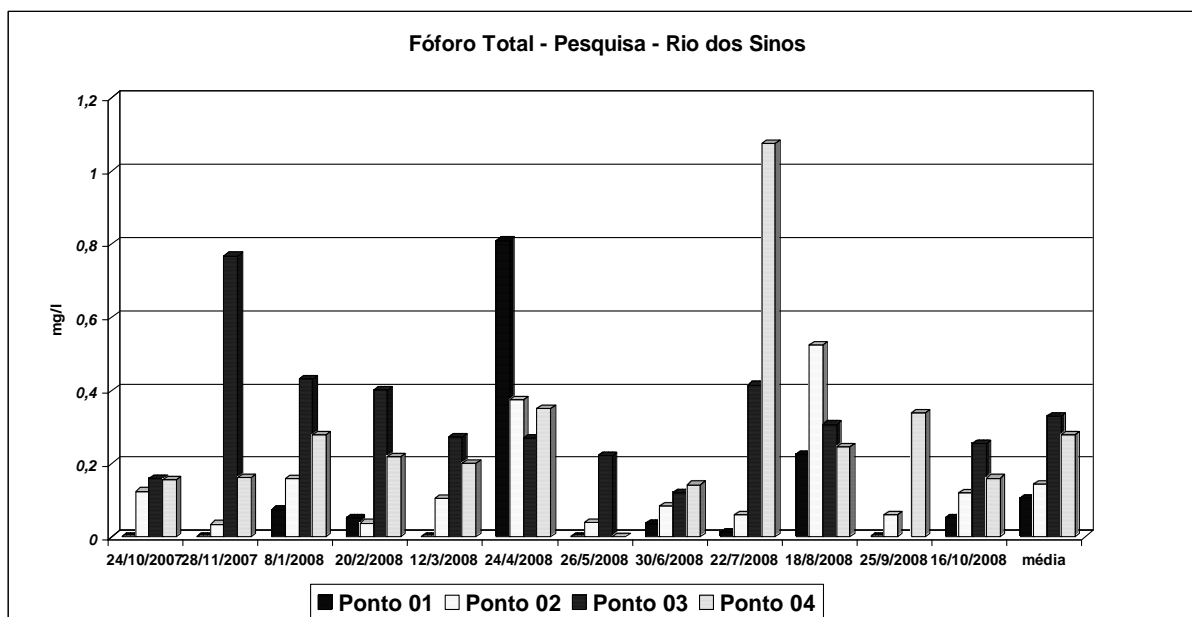
## 5.8 PARÂMETRO FÓSFORO E FOSFATO

### 5.8.1 Fósforo total e fosfato – Monitoramentos da Pesquisa e da FEPAM

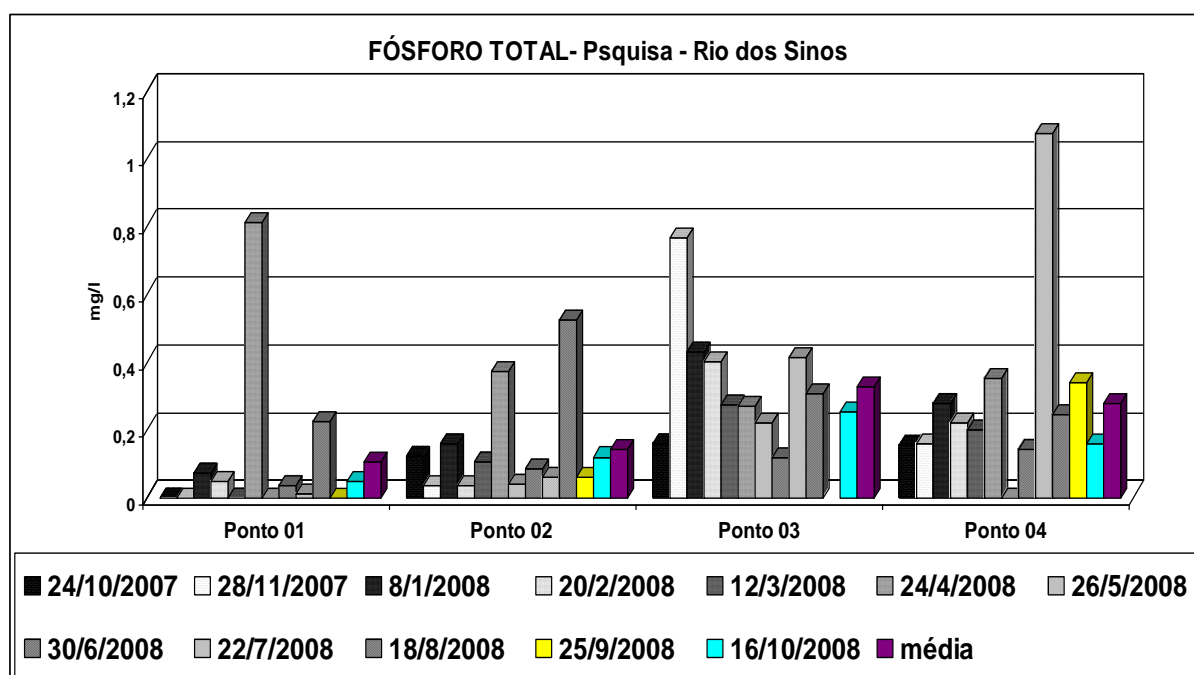
O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antropogênico é oriundo dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.

A forma de cálculo do IQA-FEAM utiliza como componente o fosfato enquanto as verificações analíticas realizadas foram de fósforo total, tanto na pesquisa como no histórico de monitoramento da FEPAM. Como descrito na metodologia de cálculo do IQA-FEAM foi utilizado um fator de correção para transformar o valor de fósforo total para fosfato no cálculo do IQA. Por sua vez, para as avaliações de concentrações e análises estatísticas, assim como na realização das classificações referente à CONAMA 357/05, será considerado o parâmetro fósforo total.

As Figuras 102 e 103 apresentam os resultados das análises realizadas ao longo do monitoramento da pesquisa referente ao parâmetro fósforo total.



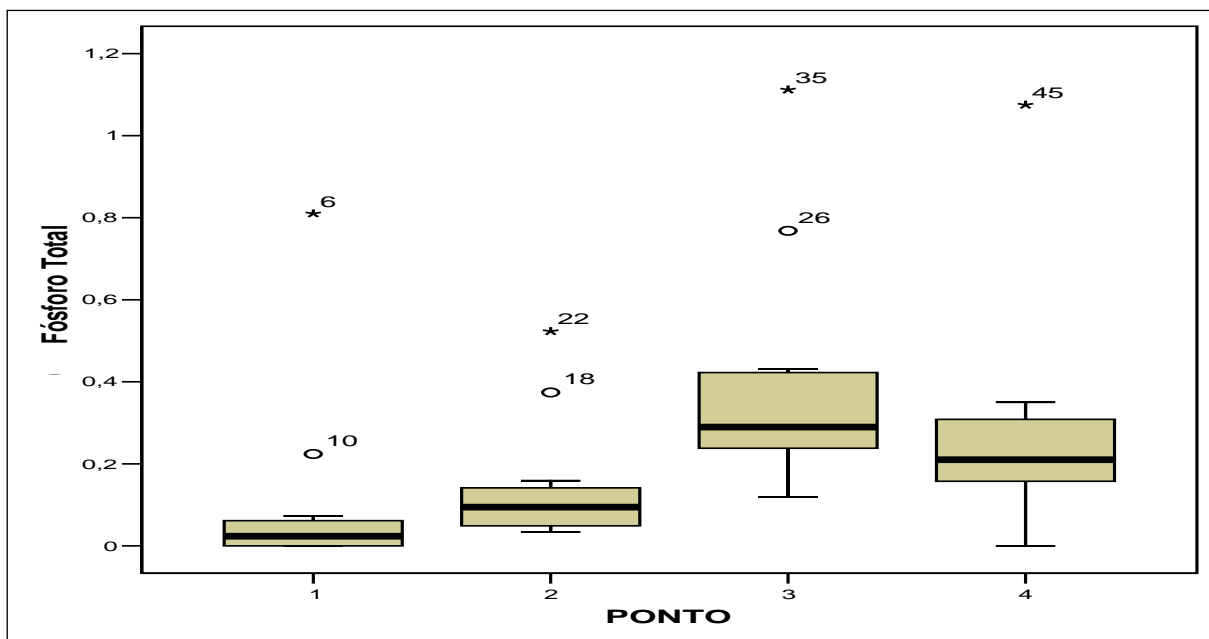
**Figura 102** – Resultados das concentrações de fósforo total ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo as médias.



**Figura 103** – Resultados para o parâmetro fósforo total nos pontos monitorados da pesquisa, incluindo as médias.

Conforme demonstrado nos gráficos apresentados nas Figura 102 e 103 as concentrações médias de fósforo total obtidas no monitoramento da pesquisa indicam um incremento de valores de montante para jusante do rio nos pontos monitorados. Observa-se um aumento de concentração do P01 até o P03, com pequena redução do P03 até o P04.

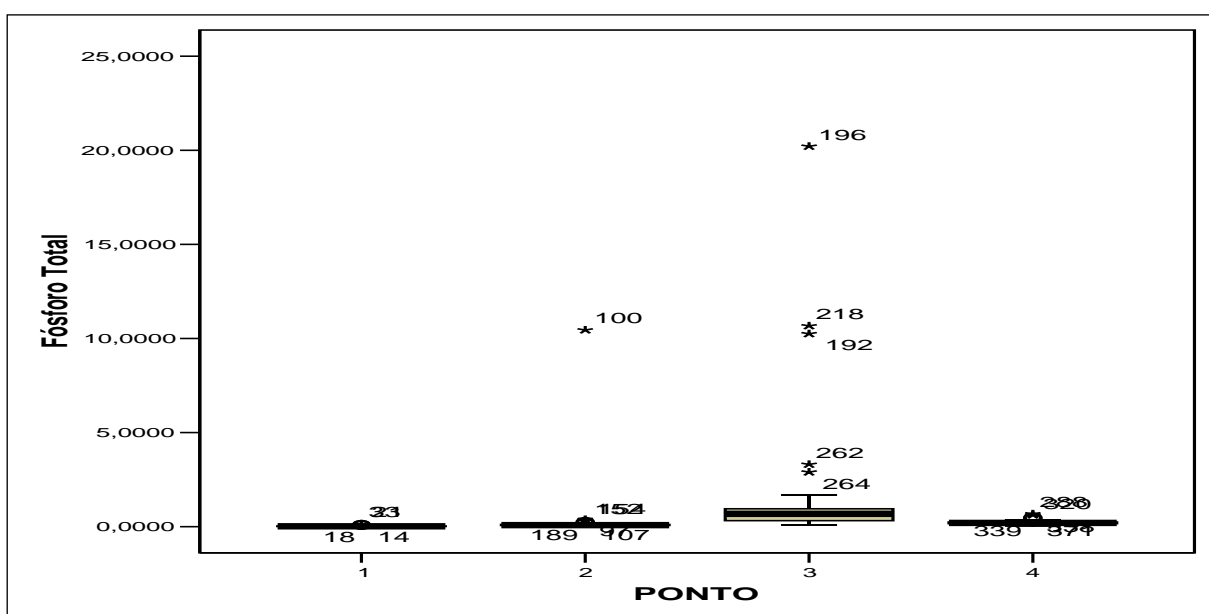
A Figura 104 apresenta o gráfico de caixas referente ao comportamento dos resultados de fósforo total obtidos no monitoramento da pesquisa.



**Figura 104** – Gráfico do comportamento do parâmetro fósforo total monitorado na pesquisa.

O gráfico apresentado na Figura 104, através das medianas dos gráficos verificadas em cada ponto, confirma que a concentração de fósforo total, medidas durante o monitoramento da pesquisa, apresenta crescimento do P01 até o P03 e após reduz no P04.

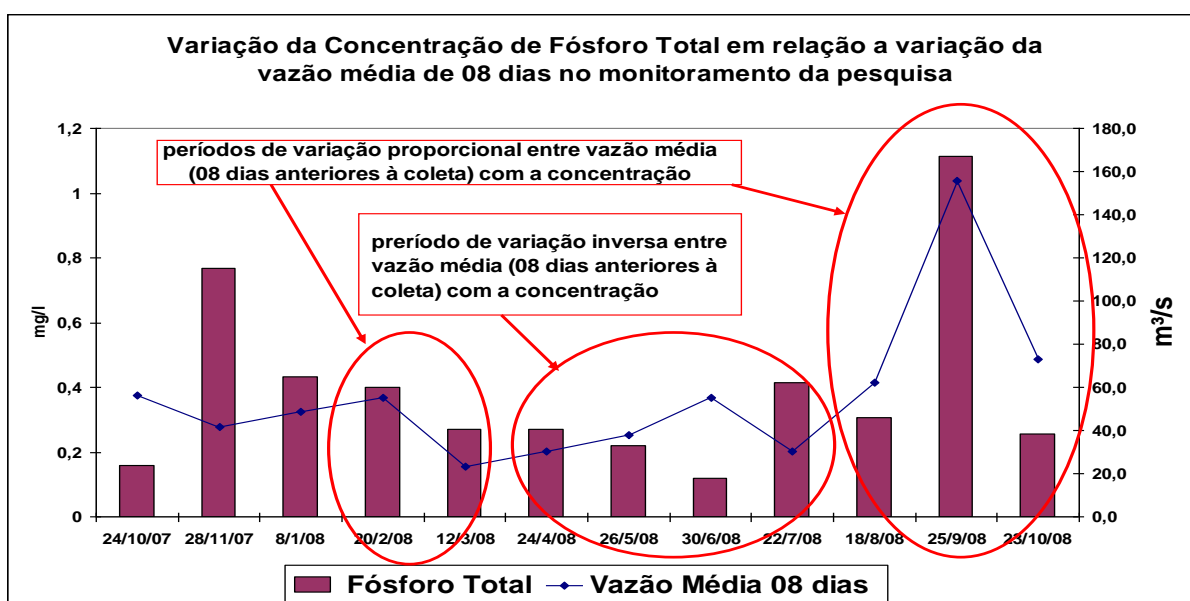
A Figura 105 apresenta o gráfico de caixas referente ao comportamento dos resultados de fósforo total obtidos no monitoramento da FEPAM.



**Figura 105** – Gráfico do comportamento do parâmetro fósforo total monitorado na FEPAM.

O gráfico apresentado na Figura 105 demonstra a distribuição dos resultados de concentração de fósforo total referente ao monitoramento das FEPAM. Observa-se uma pequena elevação de valores e uma maior ocorrência de resultados discrepantes no P03.

Para o monitoramento da pesquisa a matriz de Pearson indicou correlação de vazão diretamente proporcional entre os valores de concentração de fósforo total e a variação da média dos últimos 08 dias de vazão no ponto P03. A comparação da vazão média dos últimos 08 dias anteriores à data da coleta com a concentração de fósforo total no P03 está demonstrada na Figura 106.



**Figura 106** – Gráfico da variação da vazão média dos 08 dias anteriores a data da coleta com a concentração de fósforo total ao longo do monitoramento da pesquisa, no P03.

Na Figura 106 pode ser observado que a concentração de fósforo total no P03 aumentou com o aumento da vazão média dos últimos 08 dias anteriores a coleta no ponto de referência V3 do CPRM, no período de agosto a outubro de 2008. Este fato pode ser associado à condição de maior vazante das sub-bacias de Novo Hamburgo neste período, através dos arroios Luis Rau, Gauchinho e Pampa, significando a ocorrência da “lavagem” dos sistemas de drenagem urbana destas regiões, como das canalizações e dos próprios arroios, incrementando a descarga de esgoto doméstico e industrial, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes que deságuam no rio dos Sinos.

### 5.8.2 Testes estatísticos para o parâmetro fósforo total

O teste estatístico ANOVA indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos nas médias do parâmetro fósforo total no monitoramento da pesquisa. O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média ocorre do ponto P03 com relação aos pontos P01 e P02.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de fósforo total do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma resumida na Tabela 26.

**Tabela 26** – Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da pesquisa. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	12	0,104	0,810	0,000	0,231	<P03
P02	12	0,143	0,523	0,034	0,151	<P03
P03	12	0,394	1,112	0,119	0,282	>P01; >P02
P04	12	0,277	1,075	0,000	0,268	não

O valor máximo, maior desvio padrão e maior média para o parâmetro fósforo total foram verificados no ponto P03.

O teste estatístico ANOVA indicou a existência de diferença significativa entre no mínimo 02 pontos, para as médias do parâmetro fósforo total da FEPAM. O Pos Hoc Tests indica que a diferença significativa da média ocorre do ponto P03 em relação aos pontos P01, P02 e P04.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de fósforo total do monitoramento da FEPAM estão apresentados de forma resumida na Tabela 27.

**Tabela 27** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média - mg/l	Máximo - mg/l	Mínimo - mg/l	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(*)
P01	72	0,029	0,150	0,0100	0,026	<P03
P02	74	0,242	1,450	0,0220	1,204	<P03
P03	69	1,295	2,210	0,0870	2,894	>P01;>P02;>P04
P04	74	0,222	0,680	0,0530	0,105	<P03

A Tabela 28 apresenta resultados comparativos dos resultados da Pesquisa em relação aos apontados no monitoramento da FEPAM.

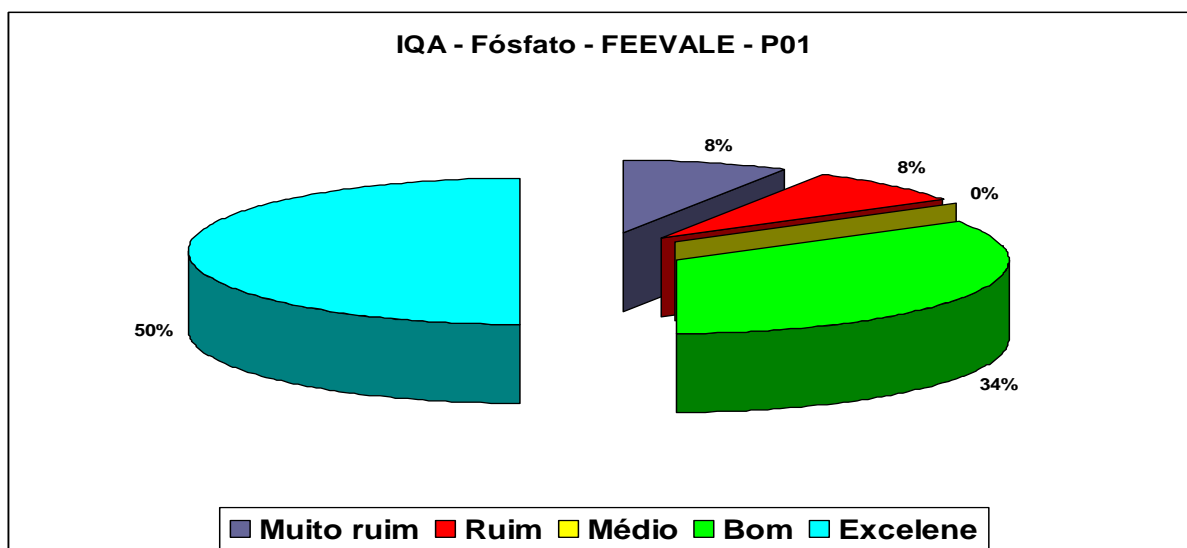
**Tabela 28** - Comparativo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM e da pesquisa.

Critério	PESQUISA	FEPAM
Maior média	Ponto 03 (0,4)	Ponto 03 (1,3)
Valor máximo	Ponto 03 (1,1)	Ponto 03 (2,2)
Maior desvio padrão	Ponto 03 (0,4)	Ponto 03 (2,9)

O resumo comparativo apresentado na Tabela 28 demonstra que o monitoramento da FEPAM diagnosticou valores médio (3,25 vezes), máximo (18 vezes) e mínimo (7,25 vezes) superiores aos resultados obtidos na pesquisa.

### 5.8.3 IQA do Monitoramento da pesquisa – Fósforo.

Conforme descrito na metodologia, a forma de parâmetro fósforo empregado para avaliação do IQA foi o fosfato. O percentil de ocorrência de classificação do IQA do fosfato, para o ponto P01, é apresentado na Figura 107.



**Figura 107** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa.

Na Figura 107 podemos observar que o P01 apresentou predominância de IQA entre excelente (50%) e Bom (34%).

Os resultados obtidos ao aplicar o teste estatístico da matriz de Pearson não identificou correlação entre a concentração de fosfato e variação de vazão no P01. As condições de pior qualidade relativa a fosfato no P01 ocorreram nas coletas realizadas em 24/04/08 (muito ruim)

e 18/08/2008 (ruim). Nestas mesmas datas foram verificadas condições ambientais antagônicas de vazão de água no ponto, como podemos observar nas imagens apresentadas nas Figuras 108 (baixa vazão) e 109 (alta vazão), aspecto que corrobora com o resultado do teste estatístico aplicado.



**Figura 108** – Coleta realizada em 24/04/08 - P01.

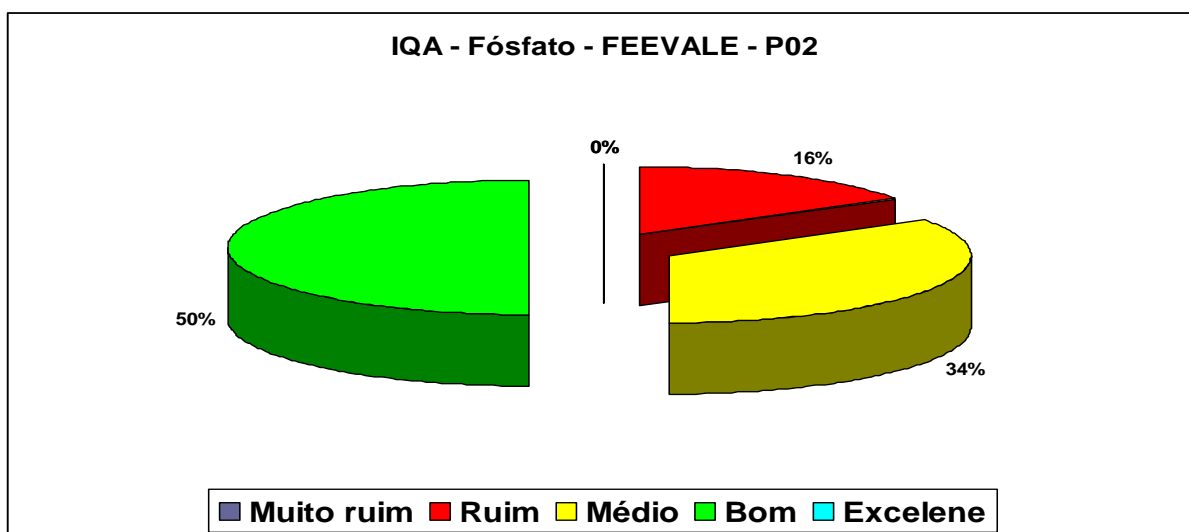
**Fonte** – Autor.



**Figura 109** – Coleta realizada em 18/08/08 - P01.

**Fonte** – Autor.

O percentil de ocorrência de classificação do IQA do fosfato, para o ponto P02, é apresentado na Figura 110.



**Figura 110** – Resultados do IQA do parâmetro fosfato no P02 do monitorado na pesquisa.

Na Figura 110 pode ser observado que o P02 apresentou predominância de IQA entre Bom (50 %) e Médio (34 %). Este aspecto demonstra uma queda do índice do P02 ao P01 em relação ao parâmetro fosfato. Da mesma forma que no P01 os resultados de IQA do parâmetro fosfato o IQA do P02 indicou queda de qualidade para “ruim” em 16 % dos resultados. As condições de redução de IQA de fosfato no P02 ocorreram nas mesmas datas das identificadas no P01, ou seja, em 24/04/08 e 18/08/2008 podendo significar que esta elevação não seja um fenômeno local. As Figuras 111 e 112 retratam as imagens dos cenários encontrados.



**Figura 111** – Coleta realizada em 18/08/08 - P02.

**Fonte** – Autor.



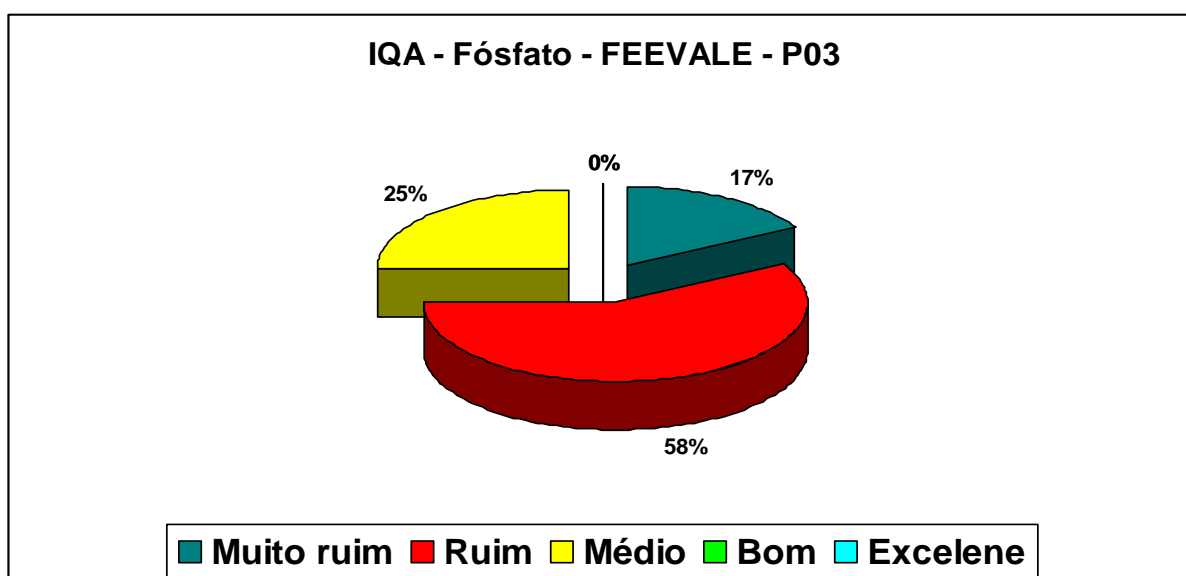
**Figura 112** – Coleta realizada em 24/04/08 - P02.

**Fonte** – Autor.

O P02 também apresentou condições ambientais antagônicas de vazão de água entre as datas das coletas que apresentaram piores IQA's de fosfato. Tal condição pode ser observada nas imagens apresentadas nas Figuras 111 (alta vazão) e 112 (baixa vazão) e também pelos valores de referencial de medição de vazão do CPRM - V1, onde observamos que:

- Entre as vazões ocorridas nos diversos dias de coleta da pesquisa, a observada na data de 24/04/08 só foi menor que a verificada na coleta do mês anterior em 12/03/08;
- Entre as vazões máximas dos dias de coleta do monitoramento a segunda maior foi verificada na coleta do dia 18/08/08, sendo que a maior ocorreu na coleta posterior realizada no dia 18/08/08.

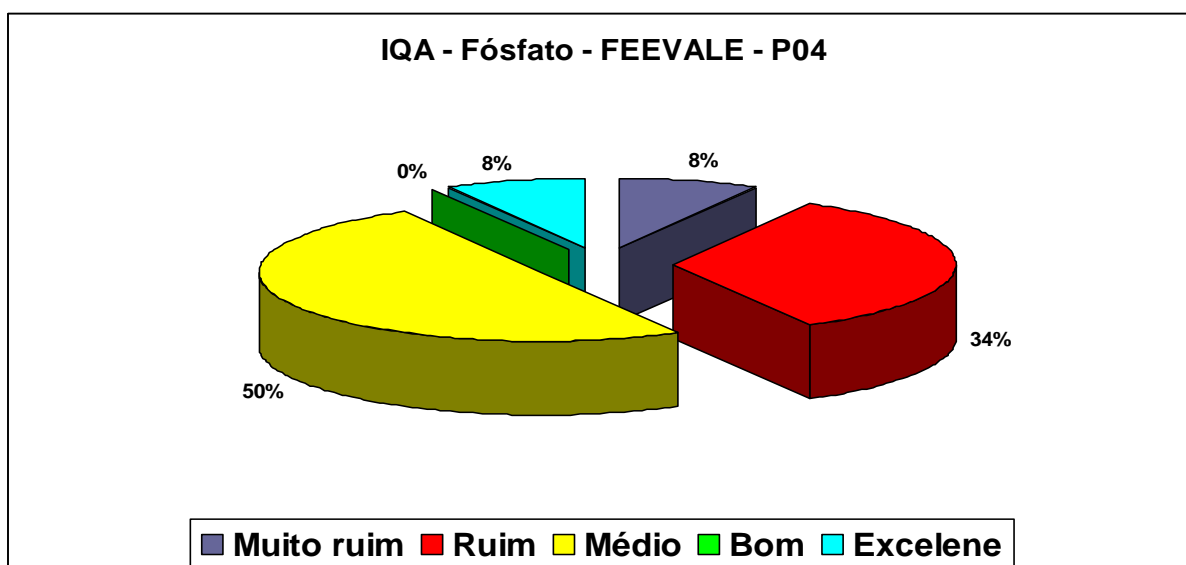
O percentil de ocorrência de classificação do IQA do fosfato, para o ponto P03, é apresentado na Figura 113.



**Figura 113**– Resultados do IQA do parâmetro fósforo no P03 do monitorado na pesquisa.

Na Figura 113 pode ser observado que o P03 apresentou IQA de fósforo como “ruim” (50%), “médio” (25%) e “muito ruim” (17%). Estes resultados indicam que o P03 apresenta significativa redução de qualidade em relação aos pontos monitorados situados a montante. No comparativo entre os resultados pode ser verificado que o P03 é o que apresenta maior ocorrência de IQA “ruim” para o parâmetro fósforo.

O percentil de ocorrência de classificação do IQA do fósforo, para o ponto P04, é apresentado na Figura 114.

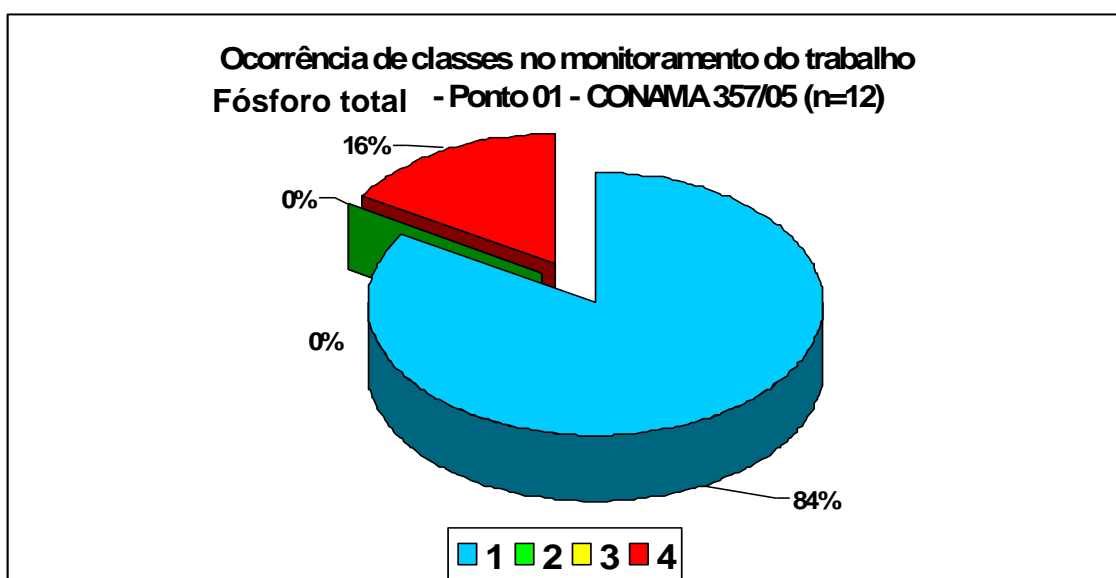


**Figura 114** – Resultados do IQA do parâmetro fósforo no P04 do monitorado na pesquisa.

Na Figura 114 pode ser observada uma redução significativa da ocorrência da qualidade “ruim” para o IQA, passando a prevalecer resultados de qualidade “médio”.

#### 5.8.4 Gráficos de enquadramento na resolução CONAMA 357/05 com base nos resultados de fósforo total encontrados no monitoramento da pesquisa.

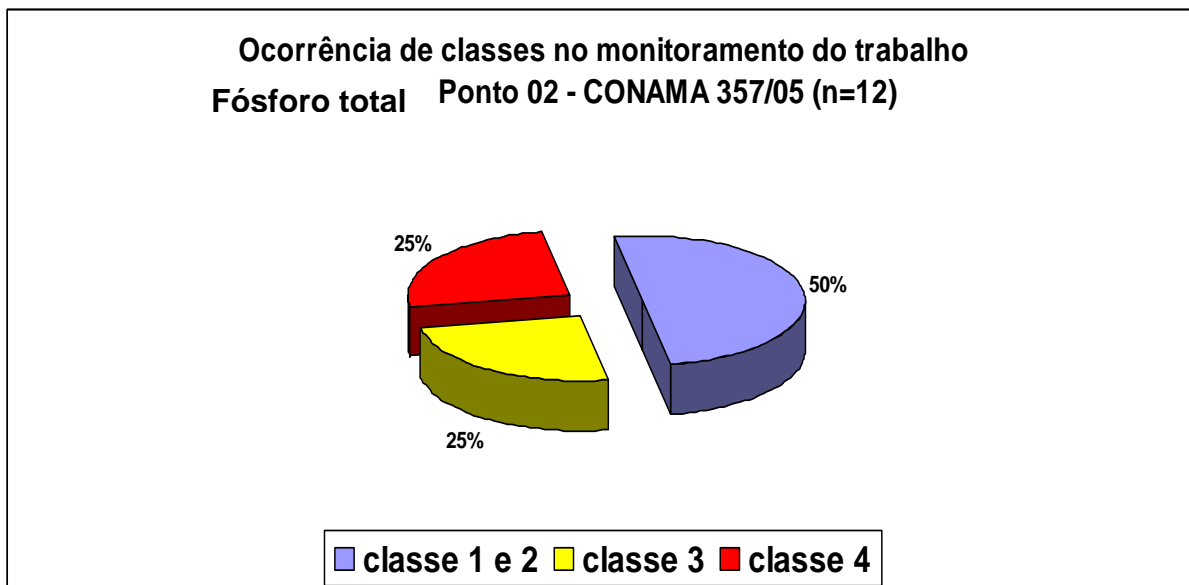
A resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) define classificação para o elemento químico na forma de fósforo total. A Figura 115 apresenta o percentil da ocorrência de cada classe de uso da água no P01 para o monitoramento do parâmetro fósforo total.



**Figura 115** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa.

Na Figura 115 é demonstrado que a classificação na Resolução CONAMA 357/05 apresenta predominância de classe 01 (84 %). Na mesma figura é verificado que ocorreram 16% de enquadramento em classe 4, ou seja em classe de menor qualidade para fins de uso da água. As condições ruins extremas foram detectadas nas coletas realizadas nas datas de 24/04/08 e 18/08/2008. As figuras 108 e 109 apresentam as condições dos cenários de coletas onde são destacadas as vazão extrema e mínima nos momentos de coleta do monitoramento da pesquisa para este ponto.

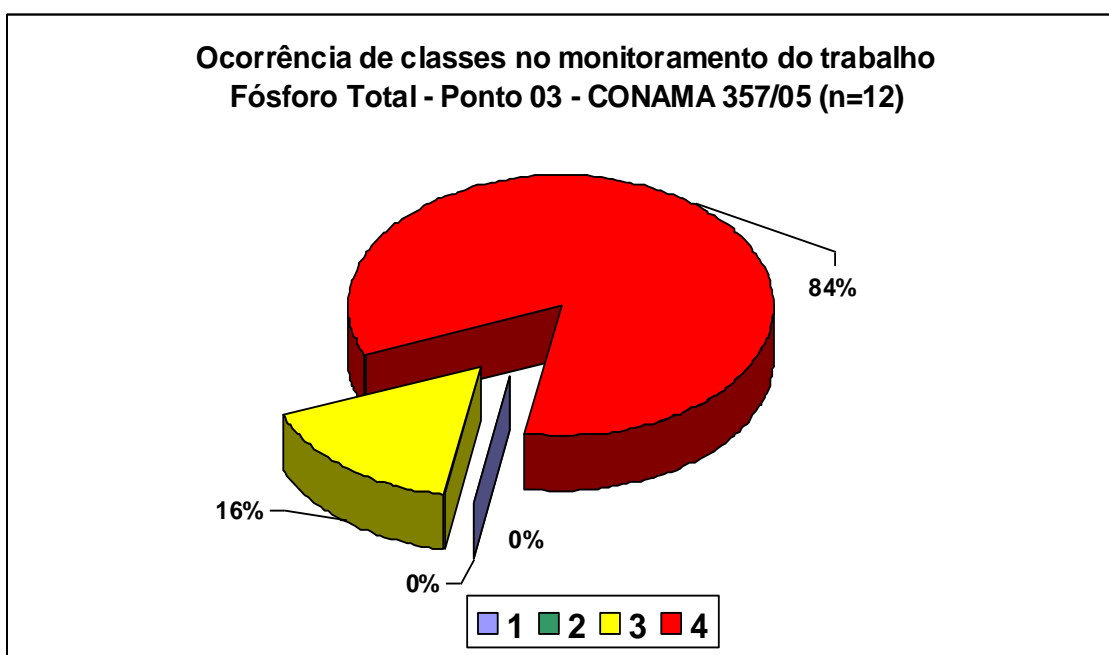
A Figura 116 apresenta o percentil da ocorrência de cada classe de uso da água no P02 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para o monitoramento do parâmetro fósforo total realizado na pesquisa.



**Figura 116** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P02 do monitoramento da pesquisa.

Na Figura 116 é demonstrado que a classificação na resolução CONAMA 357/05 apresenta predominância de classe 01 (50%). As coletas realizadas em 08/01/08, 4/04/08 e 18/08/2008 determinaram a ocorrência de 25% de resultados de enquadramento em classe 4.

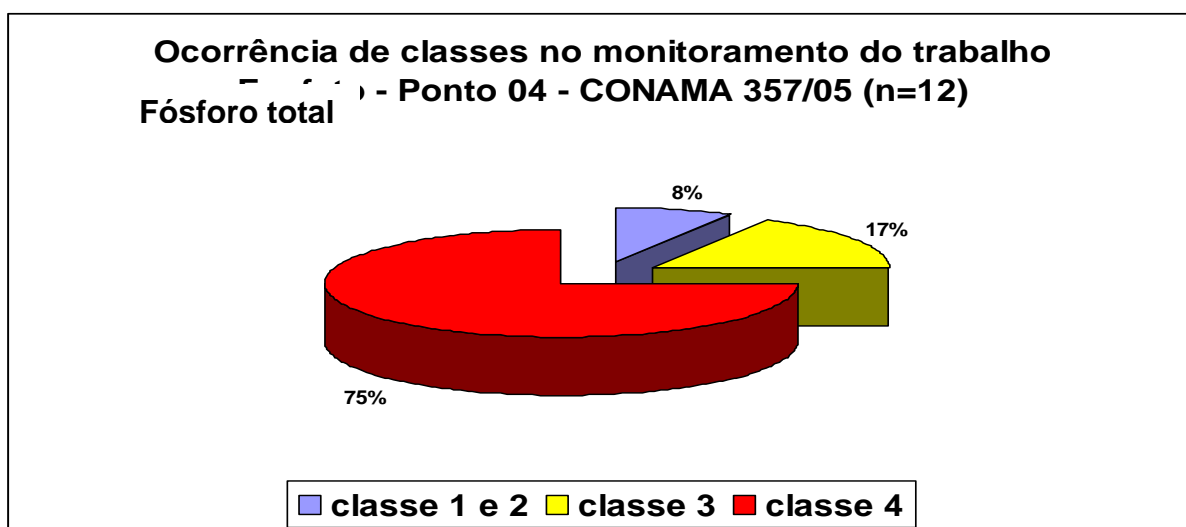
A Figura 117 apresenta o percentil da ocorrência de cada classe de uso da água no P03 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para o monitoramento do parâmetro fósforo total realizado na pesquisa.



**Figura 117** – Resultados para o parâmetro fósforo total no P03 monitorado na pesquisa.

Na Figura 117 é demonstrado que a classificação na Resolução CONAMA 357/05 apresenta predominância de classe 04 (84 %) e classe 03 (16 %). O P03 apresenta a pior classificação entre os pontos monitorados.

A Figura 118 apresenta o percentil da ocorrência de cada classe de uso da água no P04 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para o monitoramento do parâmetro fósforo total realizado na pesquisa.



**Figura 118** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P04 do monitoramento da pesquisa.

Na Figura 118 é demonstrado que a classificação na Resolução CONAMA 357/05 apresenta predominância de classe 04 (76 %) e classe 03 (16 %) no P04. A coleta realizada em 26/05/08 indicou a ocorrência da classe 1.

## 5.9 PARÂMETRO SÓLIDOS TOTAIS

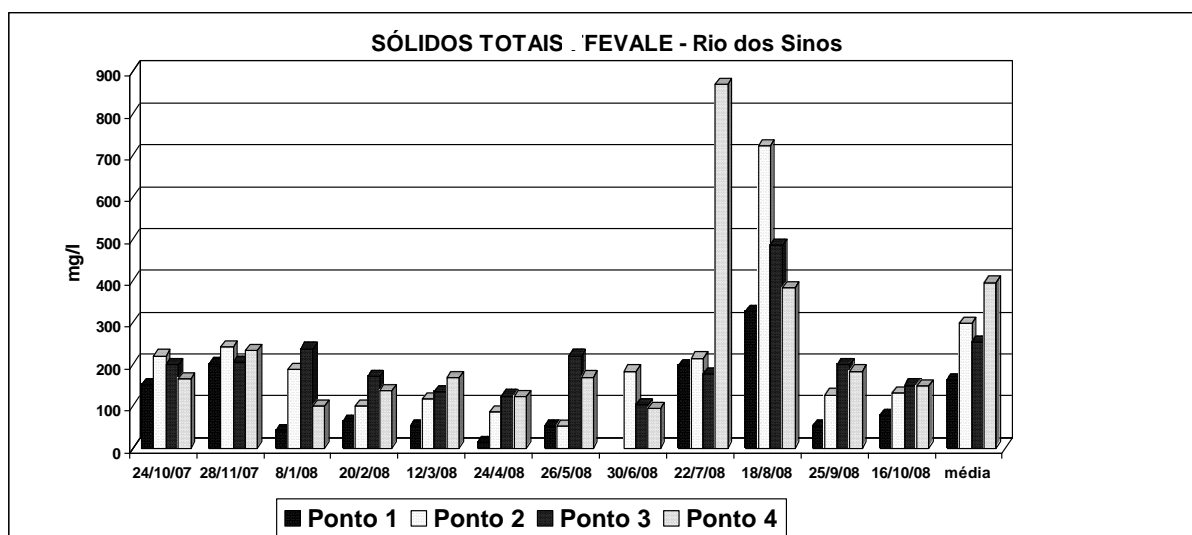
Conforme a CETESB (CETESB, 2009), em saneamento, os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Nos estudos de controle de poluição das águas naturais as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Altos teores de sais minerais,

particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

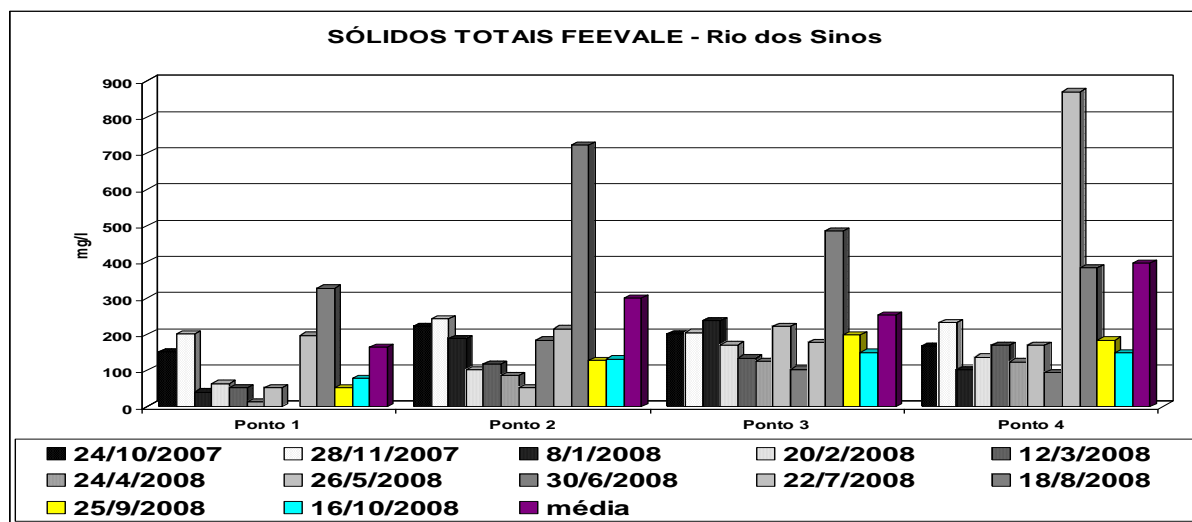
A Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) não define classificação de classe de uso da água devido ao parâmetro sólidos totais.

### 5.9.1 Sólidos Totais – Monitoramento da Pesquisa e da FEPAM

As Figuras 119 e 120 apresentam os resultados das análises realizadas ao longo do monitoramento da pesquisa referente ao parâmetro sólidos totais.

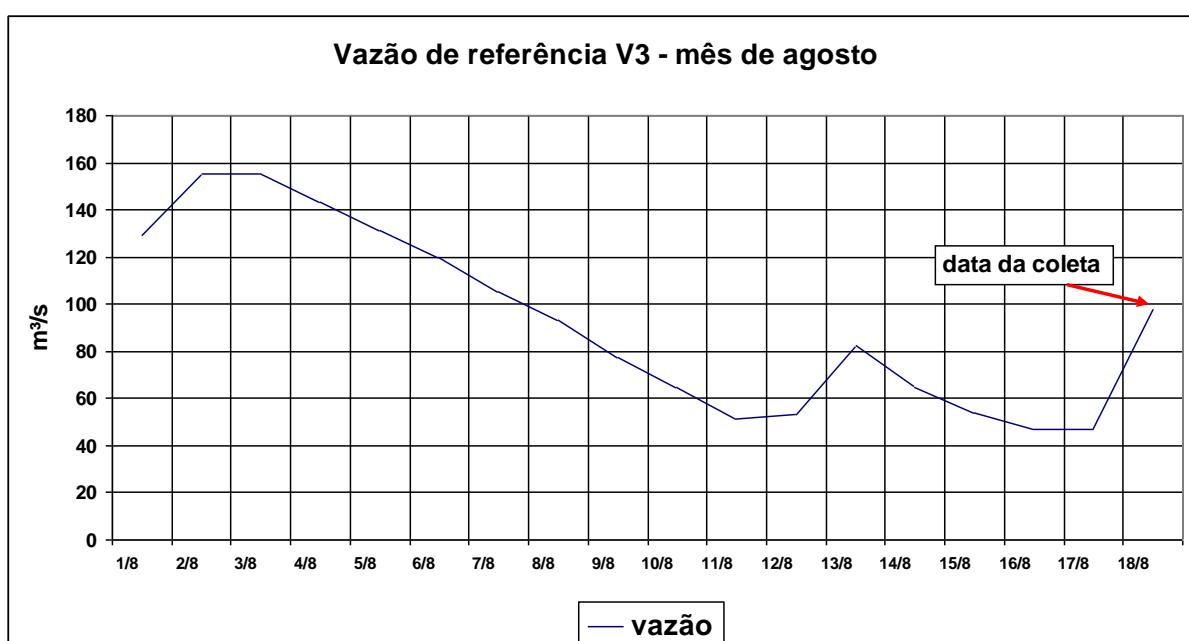


**Figura 119** – Resultados para o parâmetro sólidos totais por coleta realizada ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo sua média.



**Figura 120** – Resultados para o parâmetro sólidos totais por coleta realizada ao longo do monitoramento da pesquisa, incluindo sua média.

A matriz de Pearson não identificou correlação de concentração de sólidos totais com a vazão de referência do V3 no P01, P02 e P03, as Figuras 119 e 120 demonstram que a coleta realizada na data de 18/08/08 apresentou significativo aumento da concentração do parâmetro sólidos totais nos 04 pontos monitorados na pesquisa. A análise realizada de sólidos totais na data de 22/07/08 para o P04 apresentou significativa elevação não sendo identificado motivo específico que justifique. A Figura 121 apresenta a variação de vazão no mês de agosto no ponto de vazão de referência V3 que foi adotado como referência de vazão para os pontos P03 e P04 nesta pesquisa.



**Figura 121 – Gráfico de variação de vazão no V3 da pesquisa, referente ao mês de agosto de 2008.**

A Figura 121 demonstra que a coleta foi realizada após um período de queda de vazão ocorrido entre o dia 03 e dia 11 de agosto, e de duplicação desta do dia anterior, 17/08 (47 m³/s) ao dia da coleta, 18/08 (98m³/s). Estes aumentos repentinos de vazão são associados a chuvas intensas que possibilitam o arraste de materiais sólidos dentro da bacia. Também deve ser observado que a coleta realizada nesta data ocorreu em dia de chuva, conforme descrito no item 4.2.1, Tabela 8.

A superioridade da média de concentração de sólidos totais do P02 em relação ao P03 apresentada nas Figuras 119 e 120, são justificadas pelo resultado elevado da concentração de sólidos encontrado no P02 na coleta realizada em 18/08/08 o qual eleva sua média significativamente.

As Figuras 122 e 123 apresentam os gráficos de caixas referentes ao comportamento dos resultados de sólidos totais do monitoramento da pesquisa e da FEPAM.

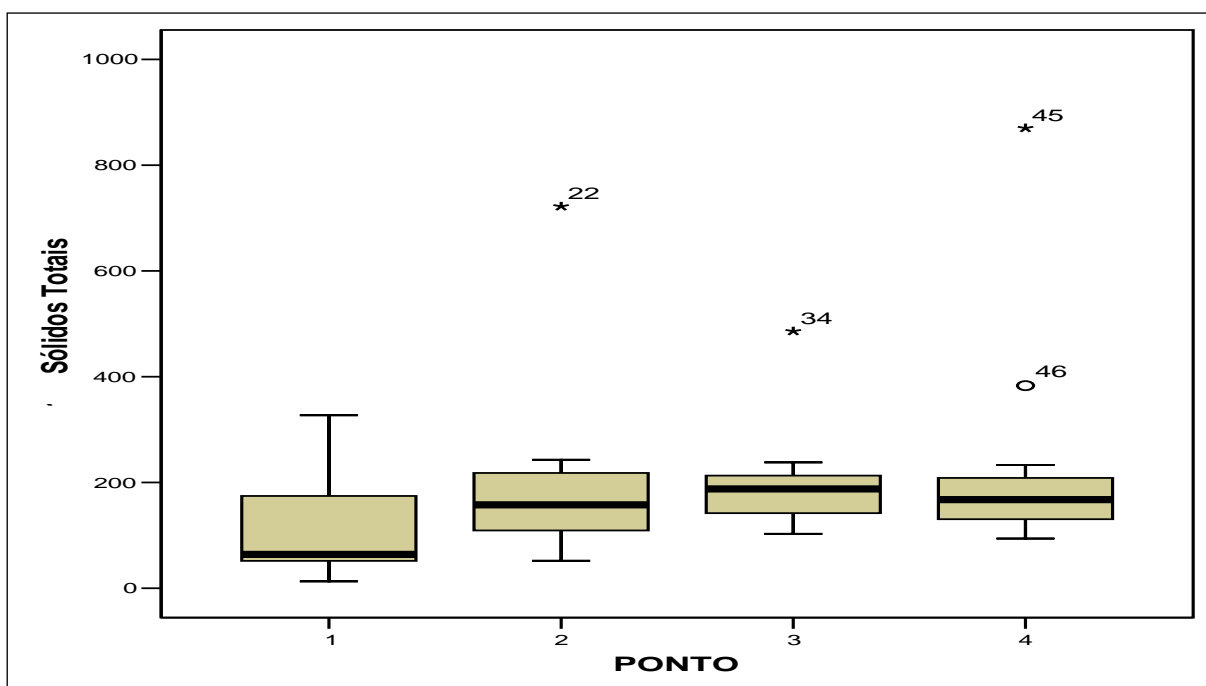


Figura 122 – Gráfico de caixas dos resultados de sólidos totais do monitoramento da pesquisa

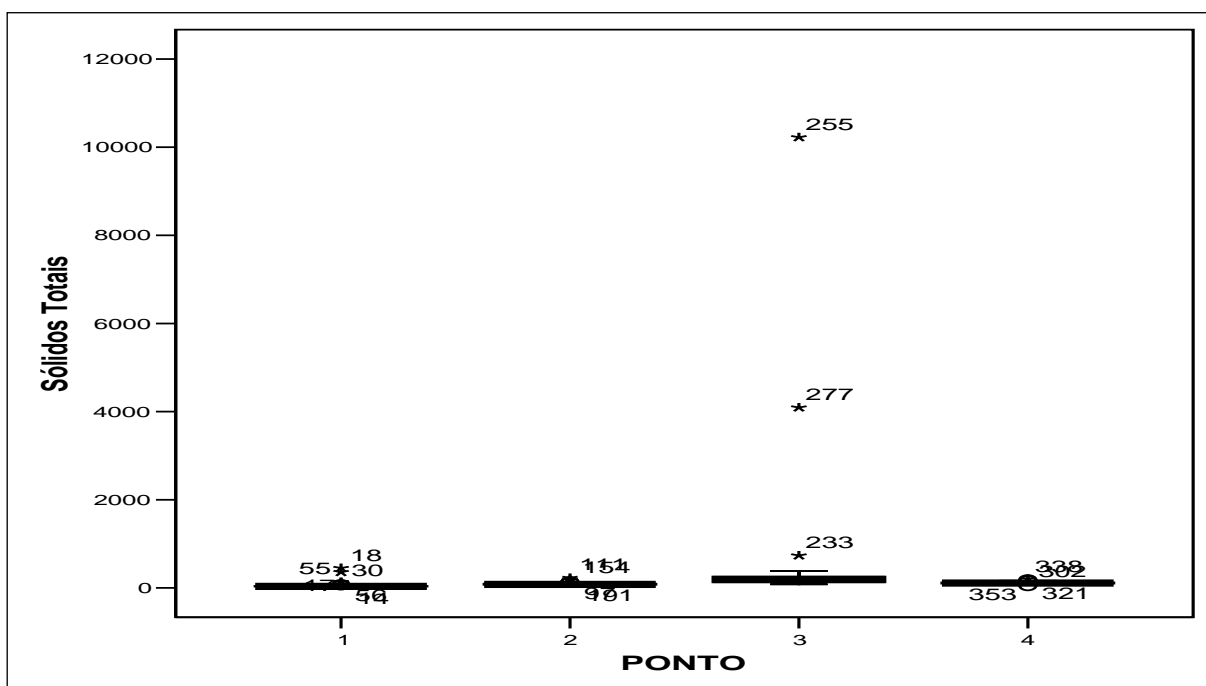


Figura 123 – Gráfico de caixas dos resultados de sólidos totais do monitoramento da FEPAM.

A Figura 122 demonstra a proximidade dos resultados da pesquisa referente a sólidos totais no P02, P03 e P04 apresentando mediana e dispersão muito semelhante. A Figura 123 não permite definir variações com relação à dispersão e mediana.

### 5.9.2 Testes estatísticos para o parâmetro Sólidos Totais

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados de sólidos totais do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma resumida na Tabela 29.

**Tabela 29** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	12	111	327	13	96,1	Não
P02	12	199	722	52	175,0	Não
P03	12	200	486	103	98,6	Não
P04	12	231	870	94	214,9	Não

Na Tabela 29 podemos observar que o descritivo estatístico do monitoramento da pesquisa aponta uma média muito próxima entre o P02, P03 e P04. O valor máximo foi apontado no P04.

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico, ANOVA e TuKey HSD aplicados aos resultados do monitoramento da FEPAM estão apresentados de forma resumida na Tabela 30.

**Tabela 30** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento da FEPAM. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão	Diferenças Significativas(**)
P01	74	49	450	15	62,7	<P03
P02	77	85	226	50	26,9	<P03
P03	69	191	384	82	74,1	>P01; >P02;>P04
P04	76	113	203	47	25,9	<P03

Na tabela 30 pode ser observado que o descritivo estatístico do monitoramento da FEPAM aponta o P03 com maior média e maior desvio padrão entre os resultados dos pontos

monitorados. Com relação ao descritivo analítico aplicado para o P03 foram descartados 03 resultados dos 72 obtidos, referentes a sólidos totais por serem demasiadamente discrepantes dos demais.

O Teste ANOVA indicou existir diferenças significativas entre no mínimo as médias de dois pontos monitorados da FEPAM no P03 para o parâmetro sólidos dissolvidos. Com a aplicação do Post Hoc Tests foi identificado que a diferença significativa ocorreu no ponto P03 em relação aos demais pontos, e pode ser observado na Tabela 30.

A Tabela 31 apresenta resultados comparativos dos resultados da pesquisa e da FEPAM.

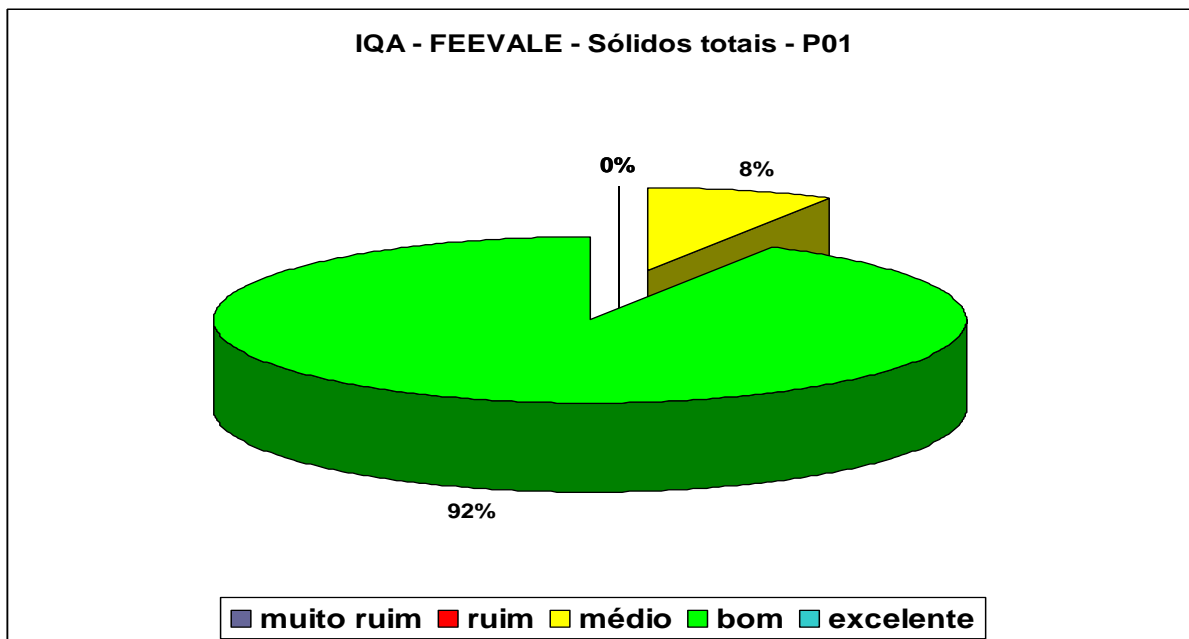
**Tabela 31** - Concentrações de sólidos totais verificadas nos monitoramentos.

Critério	PESQUISA	FEPAM
Maior média	Ponto 04 (231)	Ponto 03 (191)
Valor máximo	Ponto 04 (870)	Ponto 01 (450)
Maior desvio padrão	Ponto 04	Ponto 03

A comparação entre os resultados de sólidos totais do monitoramento da pesquisa e da FEPAM, apresentado na Tabela 31, demonstra que a pesquisa apresenta maiores médias e valores máximos no P04 enquanto que no monitoramento da FEPAM estes resultados ocorreram no P03 e P01.

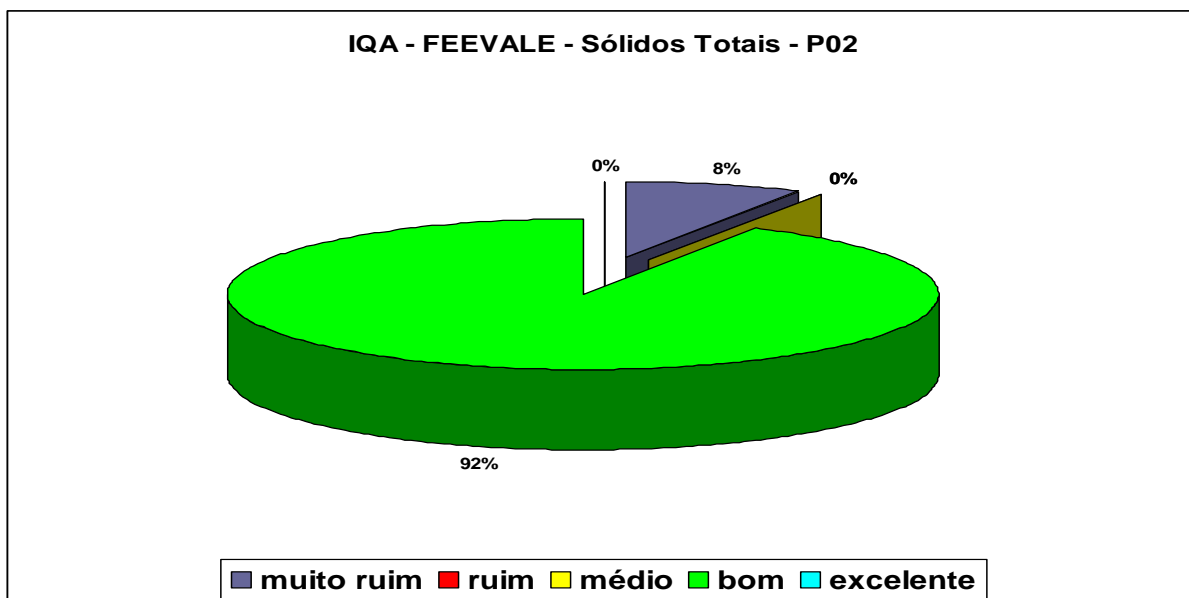
### 5.9.3 IQA do Monitoramento da Pesquisa – Sólidos Totais

Os percentuais de ocorrência de classificação do IQA, para os pontos P01, P02, P03 e P04, do parâmetro sólidos totais, estão demonstradas nos Figuras 124, 125, 126 e 127.



**Figura 124** – Resultados para o parâmetro sólidos totais para o P01, do monitoramento da pesquisa.

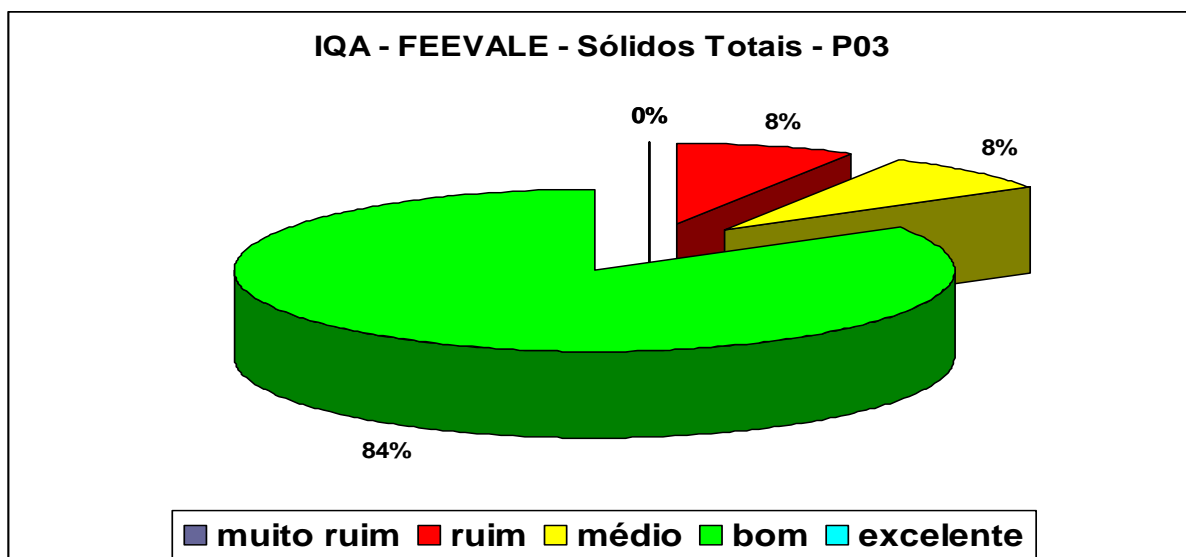
Com relação ao IQA - sólidos totais, a Figura 124 apresenta 92 % dos resultados identificados como bom e 8 % como médio. O resultado de menor qualidade para o IQA foi o encontrado na coleta realizada em 18/08/08.



**Figura 125** – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P02, do monitoramento da pesquisa.

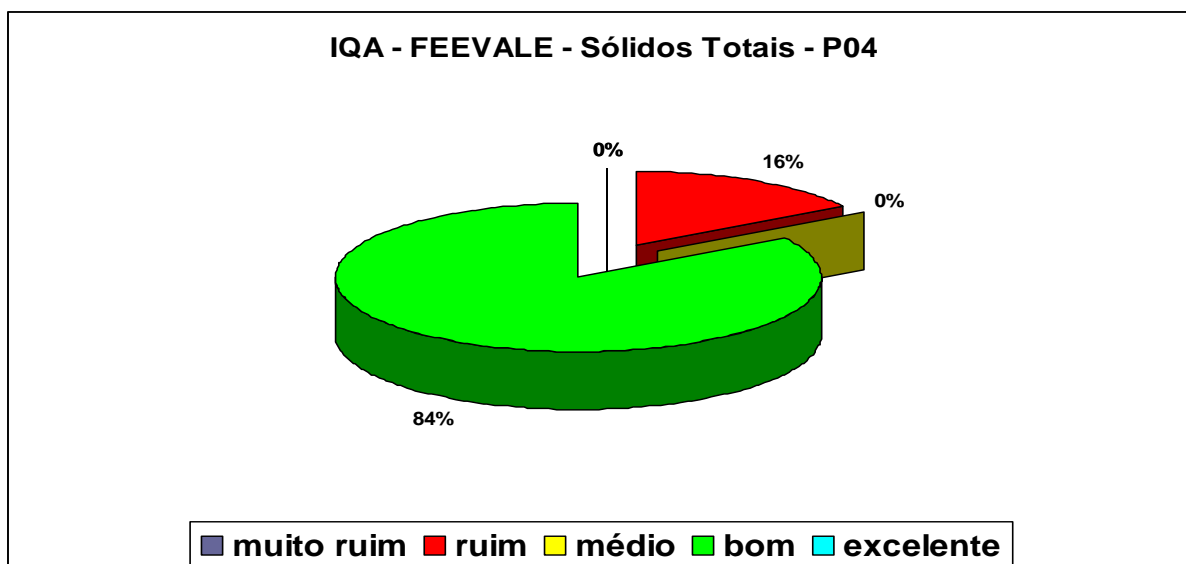
Com relação ao IQA - sólidos totais para o P02, a Figura 125 apresenta 92% dos resultados identificados como bom e 8 % como muito ruim. O resultado de menor qualidade para o IQA também foi o encontrado na coleta realizada em 18/08/08.

A Figura 126 destaca a distribuição dos resultados de cálculo do IQA de sólidos totais para o P03.



**Figura 126** – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P03, do monitoramento da pesquisa.

A Figura 126 demonstra a incidência de 84 % dos resultados de IQA bom, 8 % médio e 8 % ruim no monitoramento da pesquisa para o P03. Pode ser destacado que o pior índice de qualidade novamente foi calculado para a data da coleta realizada no dia 18/08/08.



**Figura 127** – Resultados do parâmetro sólidos totais para o P04, do monitoramento da pesquisa.

A Figura 127 demonstra a incidência de 84 % dos resultados de IQA sólidos totais bom e 16 % como ruim. O pior índice de qualidade da água ocorreu na coleta realizada no dia 18/08/09.

De forma geral o IQA do parâmetro sólidos totais nos pontos monitorados apresentou predominância de qualidade “bom” na grande maioria de coletas realizadas.

## 5.10 - PARÂMETRO TEMPERATURA

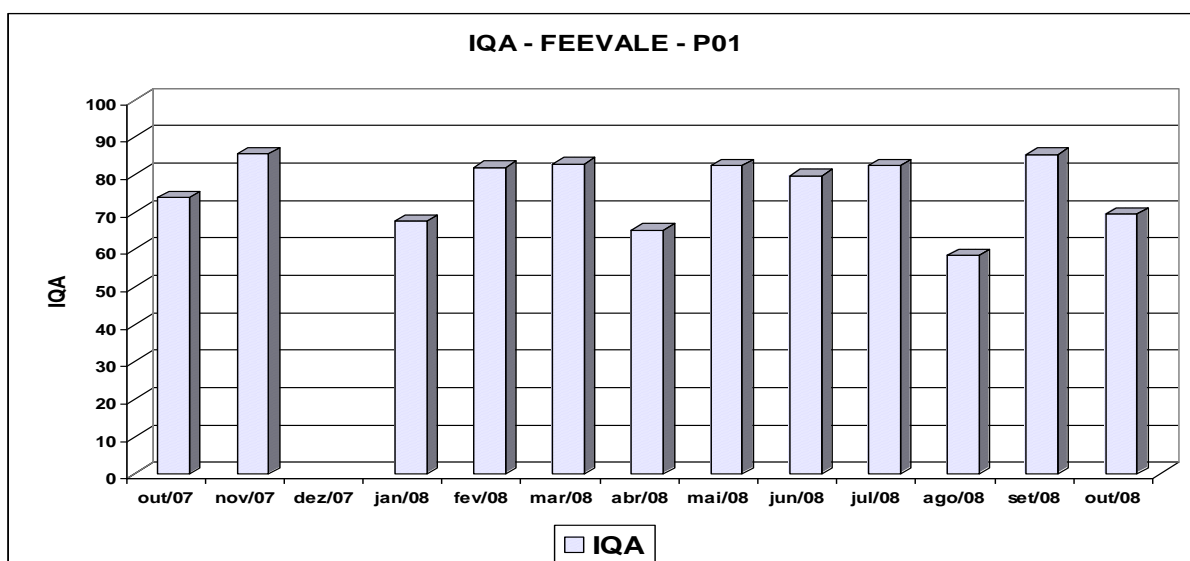
Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Elevação da temperatura em um corpo d'água pode ser provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas (CETESB, 2009).

O valor utilizado neste estudo para o IQA do parâmetro temperatura foi à constante 93 que é a mesma utilizada no estudo do IQA-FEAM (FEAM, 2005), eis que não são identificadas variações significativas de temperatura da água nos pontos monitorados do rio.

## 5.11 INDICE GERAL DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOS SINOS

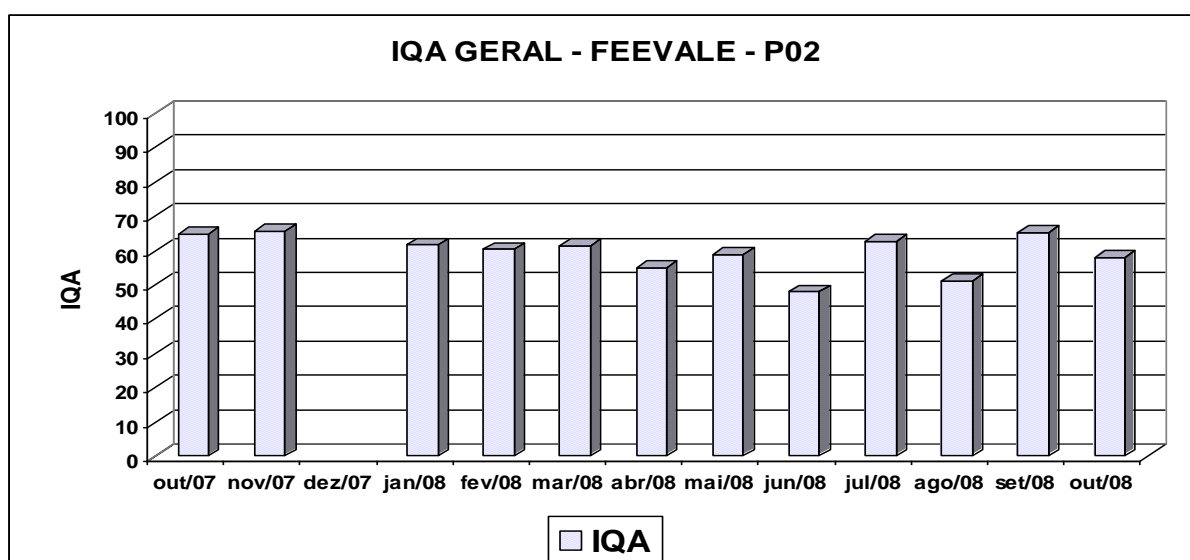
### 5.11.1 IQA verificado na Pesquisa

As Figuras 128, 129, 130 e 131 apresentam as variações dos resultados dos cálculos do IQA-Geral a partir dos dados individuais de cada parâmetro obtidos ao longo do monitoramento da pesquisa.



**Figura 128** – Resultados do cálculo de IQA-GERAL para o P01, do monitoramento da pesquisa.

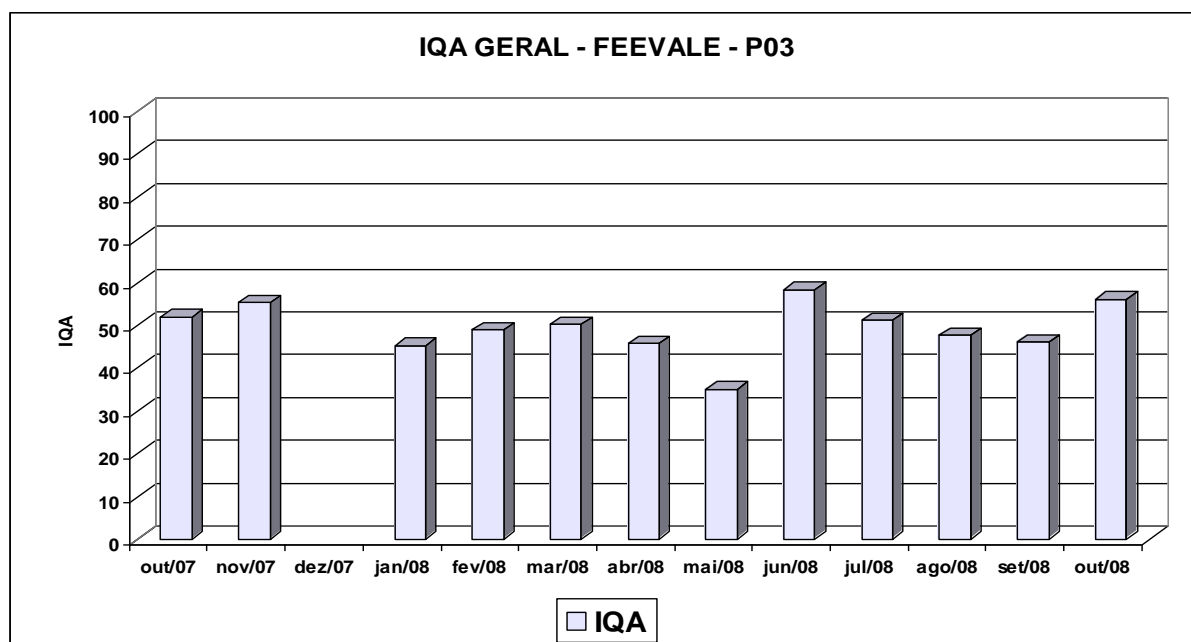
A Figura 128 apresenta o comportamento do IQA-Geral no P01. Como descrito neste trabalho, o P01 foi escolhido para ser o ponto de referência de qualidade da água do rio dos Sinos devido à sua proximidade da nascente. Mesmo assim, observa-se que neste ponto alguns parâmetros já rebaixam a qualidade da água. Através da avaliação individual de cada parâmetro, demonstradas nos itens anteriores da discussão dos resultados, o parâmetro coliformes fecais (E.C.) é o parâmetro responsável pela redução o IQA –GERAL do P01, eis que apresenta 75% de resultados “ruim” e 17% “muito ruim”, contrariando os demais índices individuais do P01 que se comportaram, na maioria dos resultados, entre “excelente” e “bom” durante o monitoramento da pesquisa.



**Figura 129** – Resultados do cálculo de IQA geral para o P02, do monitoramento da pesquisa.

A Figura 129 apresenta o comportamento do IQA-Geral no P02. Observa-se neste ponto uma redução de qualidade em relação ao P01 apresentando IQA entre próximos a 60 e abaixo deste valor. A avaliação da frequência de ocorrência dos índices qualidade referente a cada IQA parcial (por parâmetro) ao longo do monitoramento da pesquisa indica que os parâmetros que mais influenciaram na redução de qualidade da água neste ponto foram:

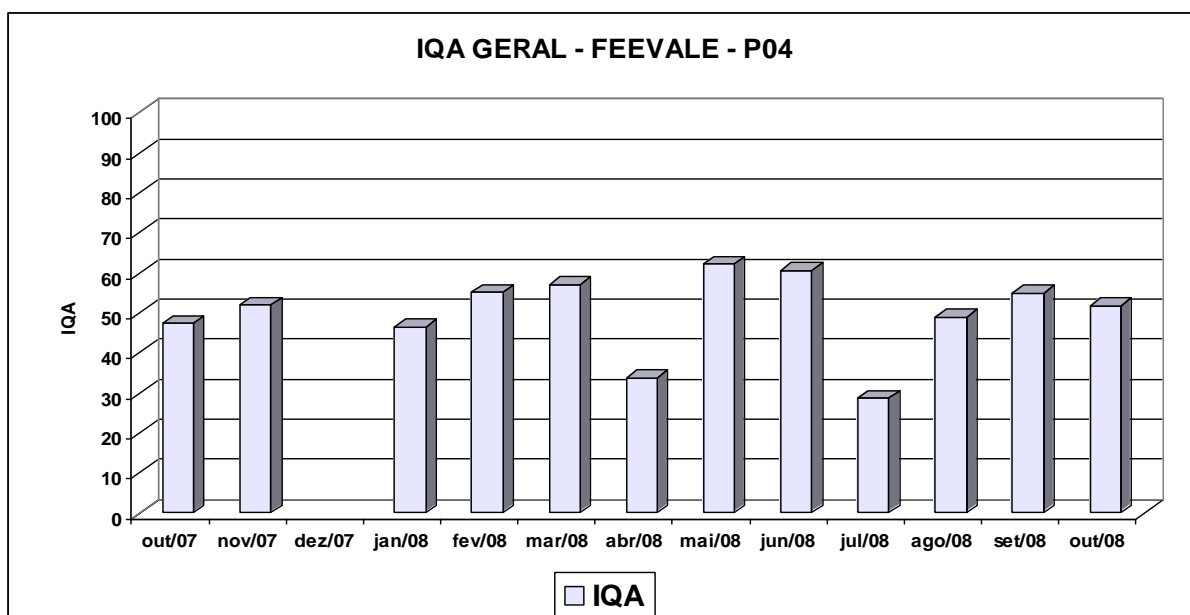
- \* IQA de coliformes fecais (E.C.) que apresentou 100% de resultados “muito ruim”;
- \* IQA de DBO apresentou 33% de resultados muito ruim;
- \* IQA de turbidez que apresentou 24% de resultados “muito ruim” e 9% “ruim”, e;
- \* IQA fosfato que apresentou 16% de resultados “ruins”.



**Figura 130** – Resultados do cálculo de IQA geral para o P03, do monitoramento da pesquisa.

A Figura 130 apresenta o comportamento do IQA no P02. Observa-se neste ponto uma redução de qualidade em relação ao P02 apresentando IQA entre próximos a 50 e abaixo deste valor. Por sua vez, a avaliação da frequência de ocorrência dos índices qualidade referente a cada IQA parcial (por parâmetro) ao longo do monitoramento da pesquisa indica que os parâmetros que mais influenciaram na redução de qualidade da água no P03 foram:

- \* IQA de coliformes fecais (E.C.) que apresentou 100% de resultados “muito ruim”;
- \* IQA de fosfato apresentou 58% resultados “ruim” e 17% de resultados “muito ruim”;
- \* IQA de DBO que apresentou 25% de resultados “muito ruim”, e 25% “ruim”, e;
- \* IQA de O.D. que apresentou 16% de resultados “ruins”.

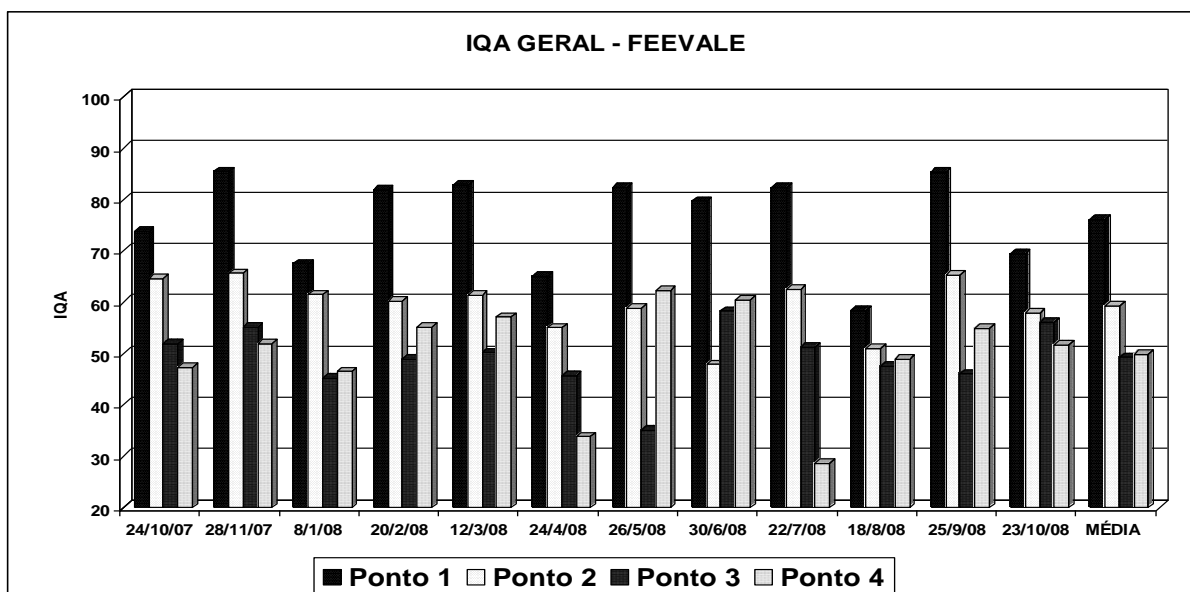


**Figura 131** – Resultados do cálculo de IQA geral para o P04, do monitoramento da pesquisa.

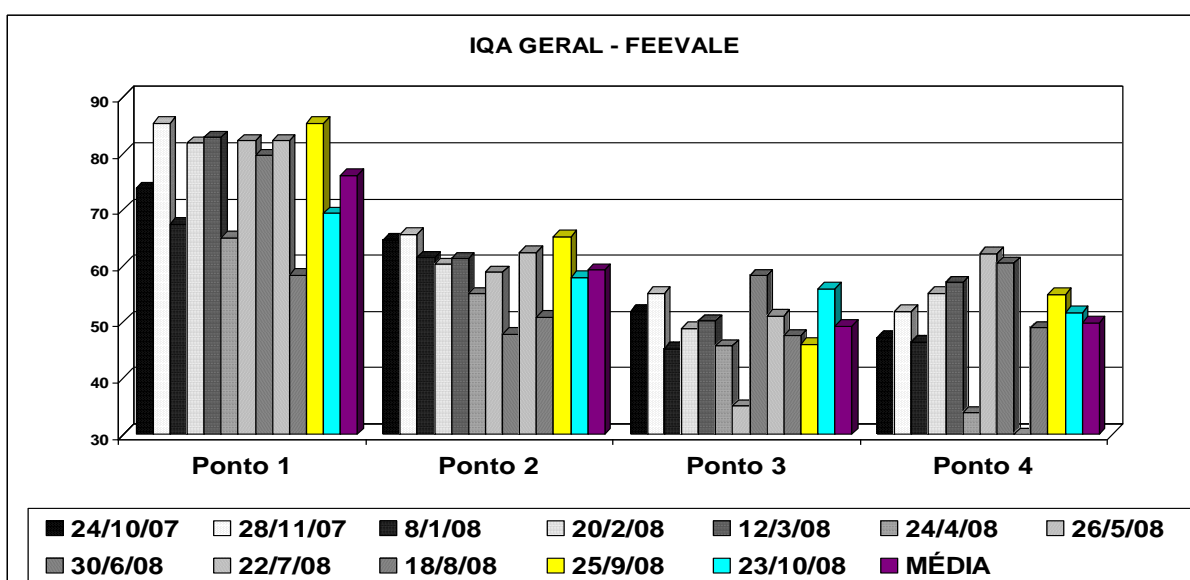
A Figura 131 apresenta o comportamento do IQA no P04. Neste ponto a redução do IQA-Geral, é verificada por influencia dos resultados verificados nos seguintes parâmetros analisados:

- \* IQA de coliformes fecais (E.C.) que apresentou 100% de resultados “muito ruim”;
- \* IQA de fosfato e de DBO que apresentaram 34% de resultados “ruim” e 8% de resultados “muito ruim”;
- \* IQA de O.D. que apresentou 25% de resultados “muito ruim” e 25% ruim;
- \* IQA de turbidez que apresentou 42% de resultados “ruim” e;
- \* IQA de sólidos totais que apresentou 16% de resultados “ruim”.

As Figuras 132 e 133 apresentam os resultados das análises realizadas ao longo do monitoramento da pesquisa referente ao resultado do IQA-Geral.



**Figura 132** – Gráfico da variação do IQA-GERAL da pesquisa por data de coleta.



**Figura 133** – Gráfico da variação do IQA-Geral da pesquisa por ponto de coleta.

As Figuras 132 e 133 indicam a queda da média de qualidade do P01 em relação ao P02 e mais acentuada ainda em relação ao P03 e P04. As médias dos índices indicam uma redução de qualidade bastante próximas entre o P03 e P04.

### 5.11.2 Testes estatísticos para o IQA Geral

Os testes estatísticos, Descritivo Analítico aplicado aos resultados de IQA – Geral do monitoramento da pesquisa estão apresentados de forma resumida na Tabela 32.

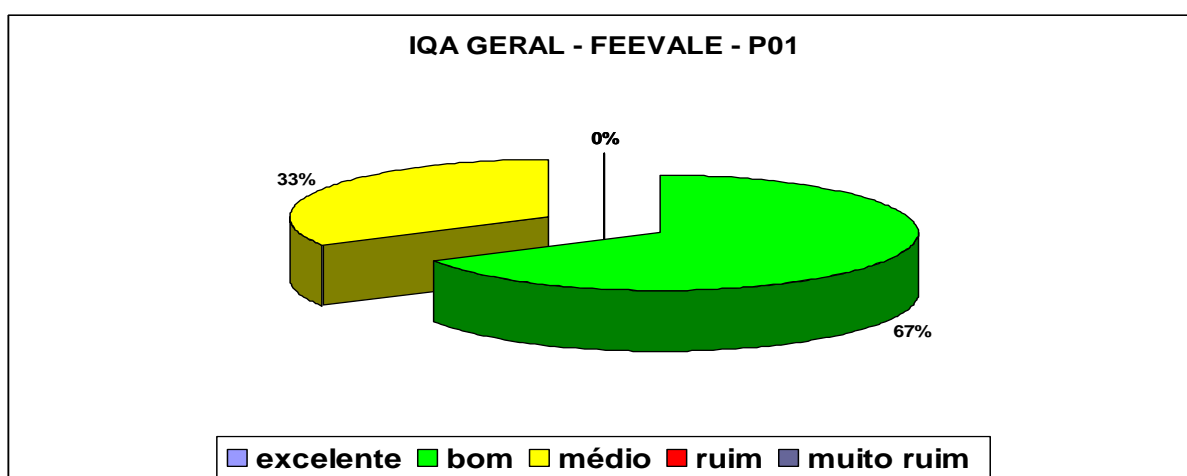
**Tabela 32** - Resumo dos resultados estatísticos aplicados aos dados obtidos no monitoramento do Trabalho. (\*) – número de amostras; (\*\*) pontos que apresentam diferenças significativas para mais (>) ou menos (<) nas médias dos resultados do ponto avaliado.

Ponto Avaliado	N(*)	Média (mg/l)	Máximo (mg/l)	Mínimo (mg/l)	Desvio Padrão
<b>P01</b>	<b>12</b>	76	85	58	9
<b>P02</b>	<b>12</b>	59	66	48	5,6
<b>P03</b>	<b>12</b>	49	58	35	6
<b>P04</b>	<b>12</b>	50	62	29	10

Na Tabela 32 podemos observar que o descritivo estatístico do monitoramento da pesquisa aponta uma média muito próxima entre o P03 e P04 para o IQA-Geral. O índice de qualidade médio do P01 se destaca como superior aos demais obtidos no monitoramento.

### 5.11.3 Distribuição percentil dos resultados de IQA-Geral da pesquisa.

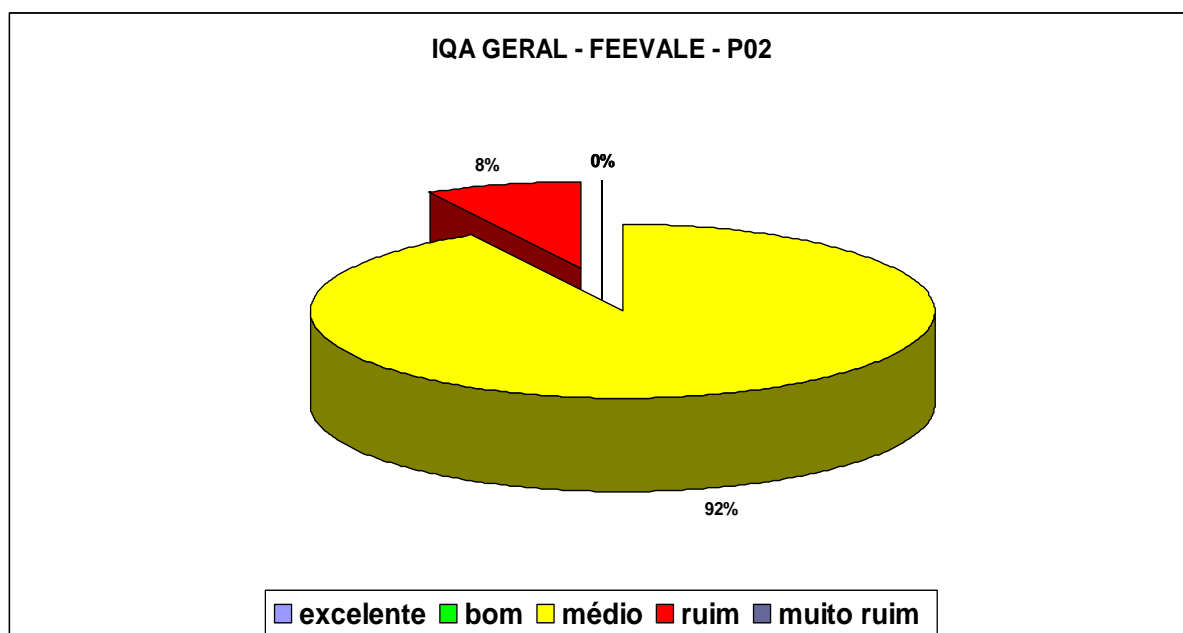
A Figura 134 demonstra a distribuição dos resultados do cálculo do IQA-Geral do monitoramento da pesquisa referente ao P01.



**Figura 134** – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P01 do monitoramento da pesquisa.

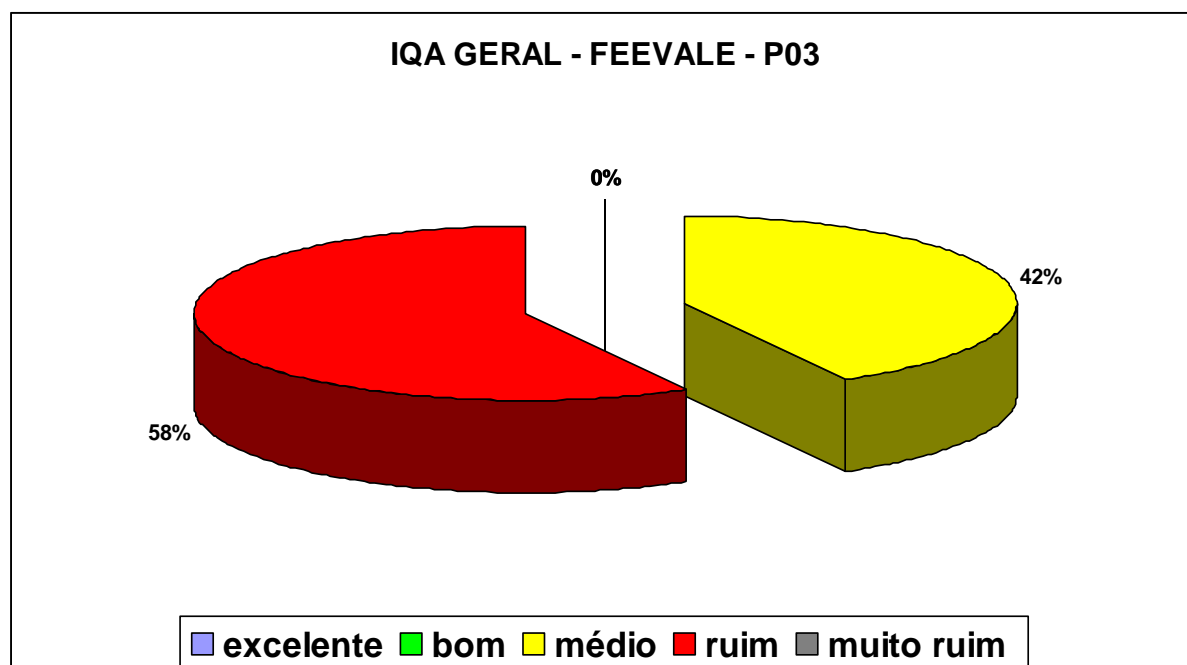
A Figura 134 demonstra a ocorrência predominante de IQA-Geral “bom” (67 %) e não apresenta a ocorrência da qualidade “ruim” ou “muito ruim” no P01.

A Figura 135 demonstra a distribuição dos resultados do cálculo do IQA-Geral do monitoramento do P02 realizado na pesquisa.



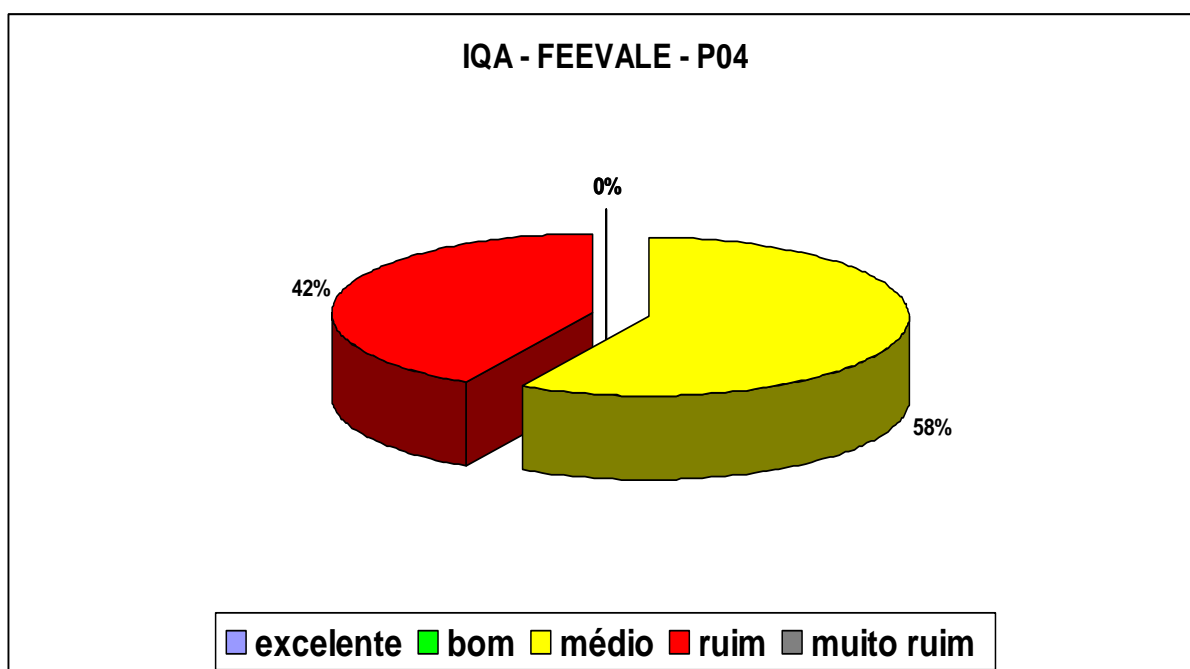
**Figura 135** – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P02 do monitoramento da pesquisa.

No P02, como demonstra a Figura 135, já ocorre presença de IQA- Geral ruim, apesar de que em pequena frequência. Todavia não é detectada a partir deste ponto monitorado a ocorrência de IQA-Geral “excelente” ou “bom”.



**Figura 136** – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P03 do monitoramento da pesquisa.

O P03, como demonstra Figura 136, apresentou baixa qualidade da água segundo os critérios de cálculo do IQA-Geral. A ocorrência de índice de qualidade “ruim” surgiu em mais da metade das coletas realizadas.



**Figura 137** – Distribuição da ocorrência do IQA-Geral no P04 do monitoramento da pesquisa.

A baixa qualidade da água determinada pelos critérios de classificação do IQA-Geral é confirmada no P04, sendo muito similares ao P03 como demonstram as Figuras 136 e 137.

## 5.12 COMPORTAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DO RIO DOS SINOS CONFORME A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

A avaliação geral do comportamento dos resultados de enquadramento em classes da Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) são discutidas neste item. Para efeito de caracterizar pontos de menor qualidade de água, avaliada pelos critérios de usos mais nobres, como o abastecimento público, optou-se por identificar quais os parâmetros de cada ponto que levariam a possibilidade da ocorrência de classe 4 e com que frequência ocorreu.

Como descrito neste trabalho, o P01 foi escolhido para ser o ponto de referência com qualidade mais próxima da natural rio dos Sinos, devido à sua proximidade da nascente. Mesmo considerando esta situação, foram verificados resultados de amostragens que determinaram classificações referente à CONAMA 357/05 como classe 4, sendo que 17% dos resultados para coliformes fecais (E.C.) e 17 % para fósforo total apresentaram esta condição.

Para o P02, os parâmetros coliformes fecais com 67 % e o fósforo total com 25% de ocorrência na classe 4 foram os motivos de redução de qualidade neste ponto.

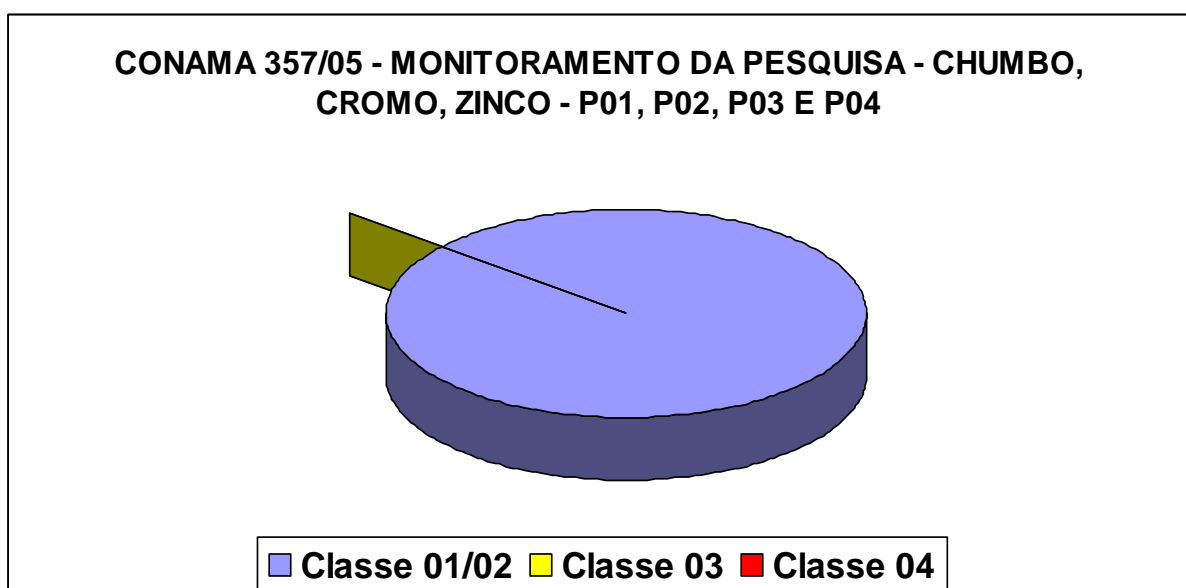
Por sua vez, o P03, com 100 % de classificação para coliformes fecais (E.C.), 84 % de fosfato e 16 % de O.D. entre classe 4 e fora de classe, apresenta o pior perfil de enquadramento quanto à classe 4 ou fora de classe. A ocorrência de não enquadramento entre as classes descritas na Resolução CONAMA/357(CONAMA, 357) foi expressa como “fora de classe” sendo que para o O.D. significa que foi detectado nível de O.D. inferior a 2,0 mg/l. Este nível de concentração de O.D., conforme descrito no item 5.3.1, é insuficiente para manter a vida aquática. A classe 4, que possui faixa de enquadramento de O.D. entre 2 mg/l e 4 mg/l permitem a sobrevivência somente de poucas espécies de peixes.

O P04 apresenta com maior frequência de ocorrência na classe 4 o parâmetro fósforo total (84 %) e em segundo os coliformes totais (68 %). O ponto apresenta para o parâmetro O.D. a ocorrência de 8 % de classe 4 e 8 % de fora de classe demonstrando os mesmos riscos de riscos a vida aquática como os ocorridos no P03.

### 5.13 METAIS MONITORADOS NA PESQUISA – CLASSIFICAÇÃO CONFORME A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 – RIO DOS SINOS

#### 5.13.1 Chumbo, zinco e cromo

A Figura 138 apresenta o comportamento dos resultados do monitoramento para os metais chumbo, cromo e zinco, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).

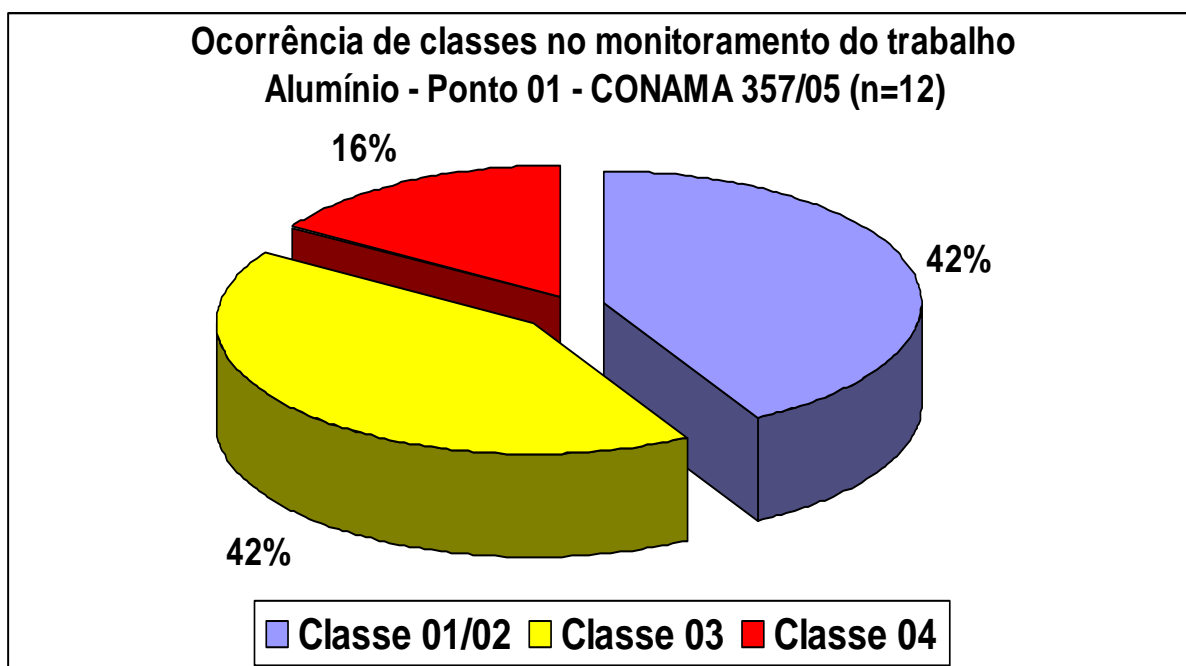


**Figura 138 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P01, P02, P03 e P04**

A Figura 138 aponta para os parâmetros chumbo, cromo e zinco, a ocorrência de 100% de classe 1, nos pontos pesquisados. Os resultados obtidos não apontam a ocorrência de restrições aos diferentes usos das águas nos pontos pesquisados devido a estes parâmetros. O cálculo do IQA não considera restrições ao uso da água por estes parâmetros.

### 5.13.2 Alumínio

A Figura 139 apresenta o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal alumínio no P01, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).

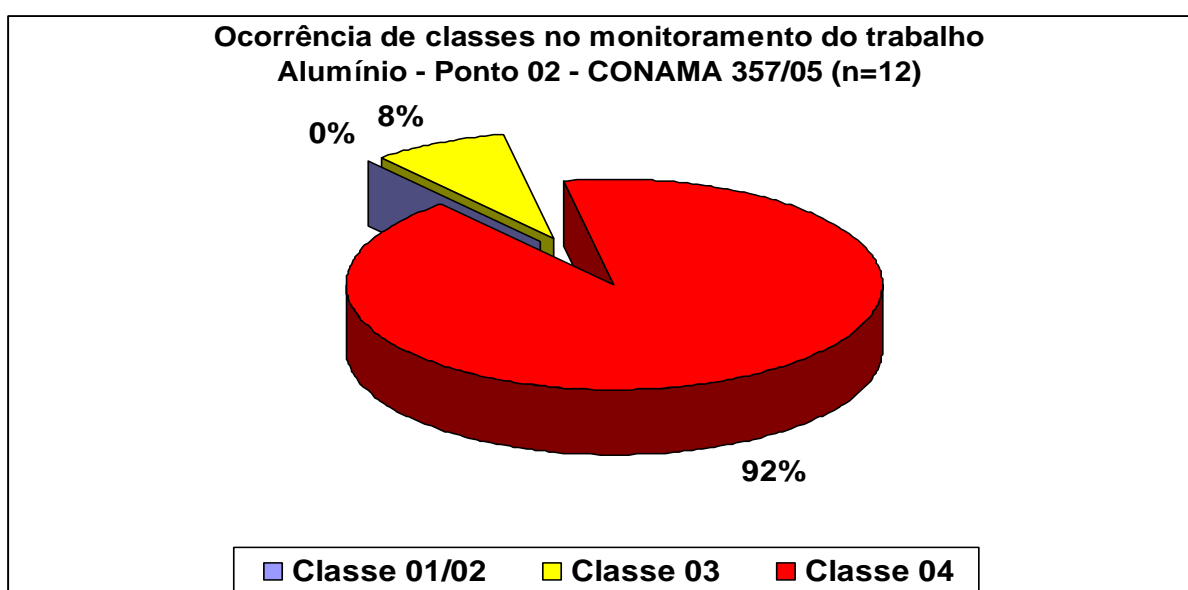


**Figura 139 – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01.**

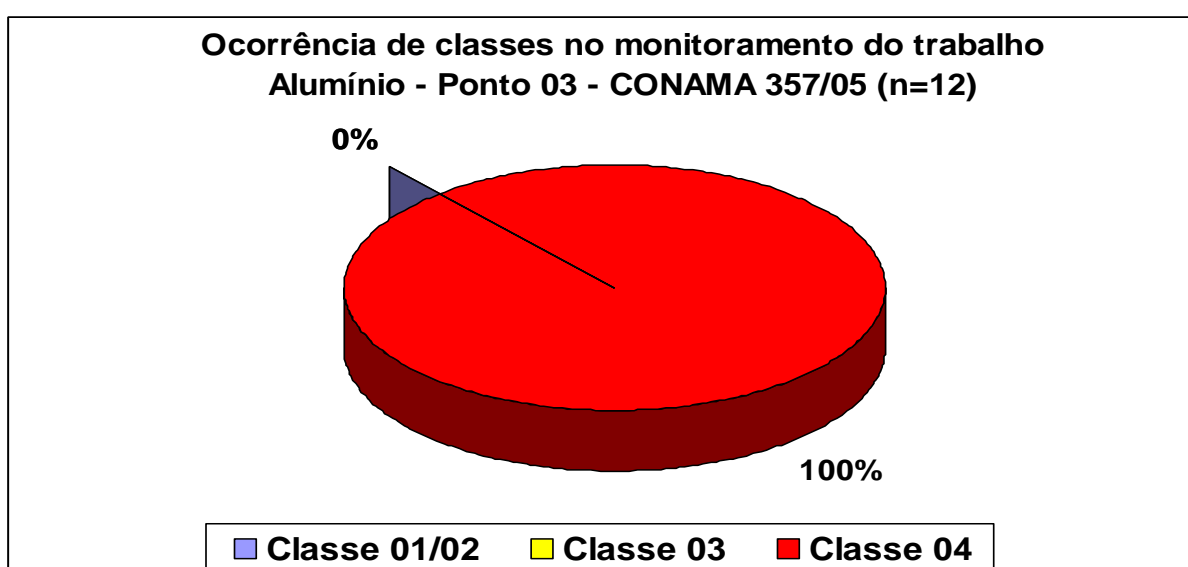
A Figura 139 demonstra que o parâmetro alumínio apresentou a ocorrência de 16 % de classe 4 e 42 % na classe 3. As coletas realizadas nos dias 18/08/09 e 16/10/08 apresentaram resultados significativamente altos em relação aos demais e também em relação aos limites de classificação na classe 3. As coletas realizadas nestas datas apresentaram no P01 cenários diferentes em relação às demais coletas, pois além de ocorrerem em momento de chuvas apresentaram alta vazão no leito do rio, determinando o arraste de materiais de solo por

escoamento superficial. Considerando as condições de contorno do P01, com ausência de atividades industriais, é possível definir que a restrição ao uso da água devido ao CONAMA 357/05 é resultante de causas naturais.

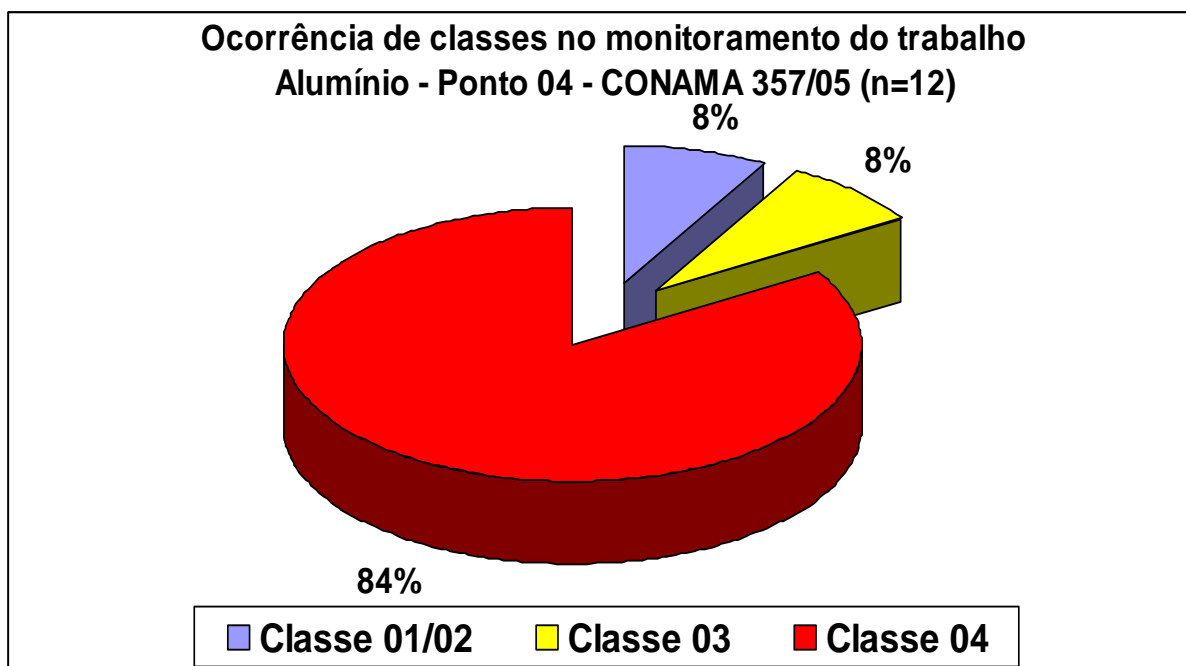
As Figuras 140, 141 e 142 apresentam o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal alumínio no P02, P03 e P04 conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).



**Figura 140** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P02.



**Figura 141** – Resultados para o IQA do parâmetro fosfato no P01 do monitoramento da pesquisa. Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P03.

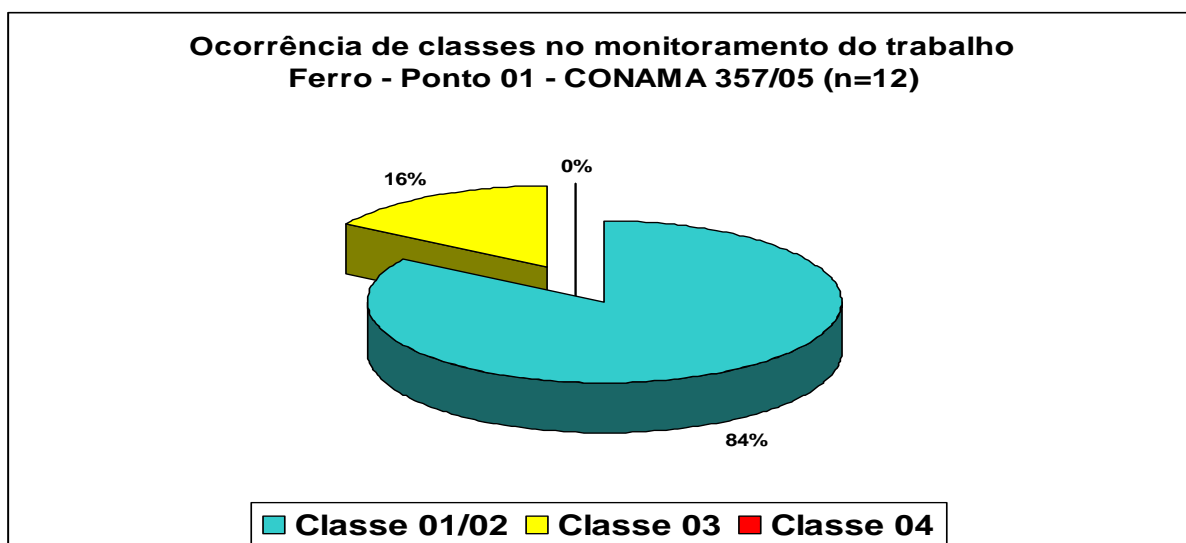


**Figura 142** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P04.

As Figuras 140, 141 e 142 demonstram que o alumínio apresentou teores que determinaram a predominância significativa de classe 4 (84 a 100%) entre os pontos P02, P03 e P04. Os pontos apresentam significativo aumento da concentração de alumínio em relação ao P01, podendo ser associado à origem de fontes antrópicas como fontes industriais por lançamento de efluentes líquidos, lodos de estações de tratamento de água, além dos lançamentos de esgotos domésticos in natura. O alumínio não ocorre naturalmente em altas concentrações, o que indica que a degradação da qualidade da água do rio dos Sinos a partir do P02 devido a este parâmetro ocorre provavelmente devido a ações antrópicas.

### 5.13.3 Ferro

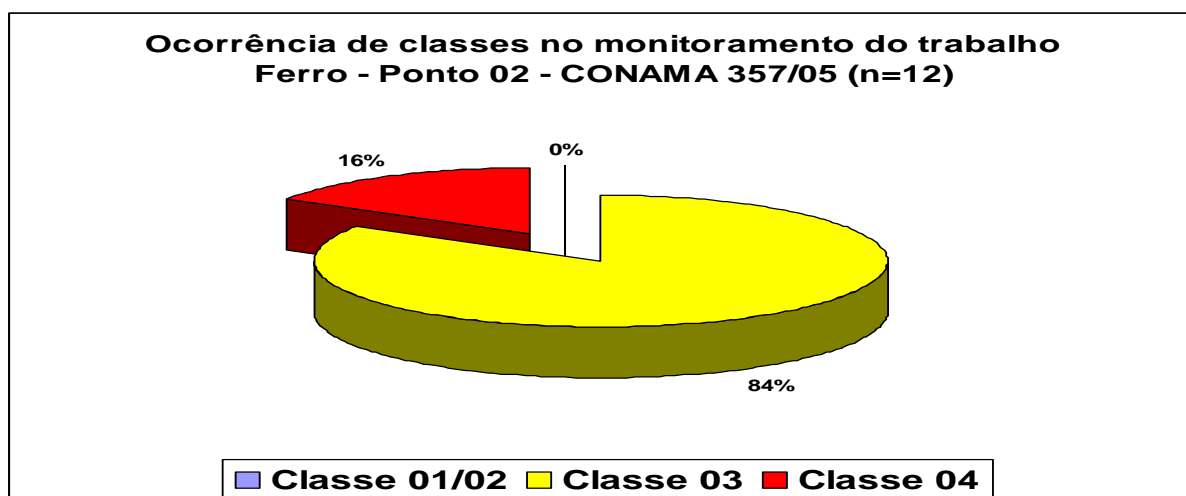
A Figura 143 apresenta o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal ferro no P01 do monitoramento da pesquisa, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).



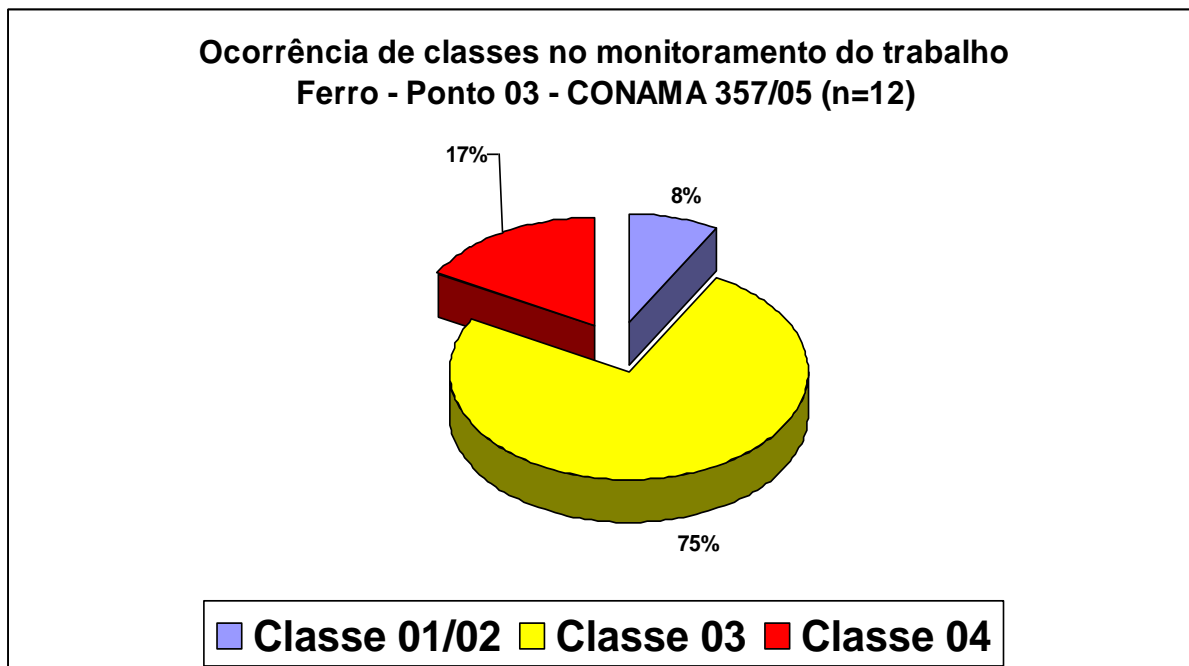
**Figura 143** – Resultados para o IQA do parâmetro ferro no P01 do monitoramento da pesquisa.- Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01.

A Figura 143 demonstra que o parâmetro ferro apresentou a ocorrência de 16 % de classe 3 e 84 % na classe 1 ou 2. As coletas realizadas nos dias 18/08/09 e 16/10/08 apresentaram resultados significativamente mais elevados determinando a redução de qualidade para classe 3 em relação aos demais resultados. As imagens trazidas nas Figuras 68 e 69 apresentam os cenários das coletas realizadas em agosto e outubro de 2008 quando ocorrerem em momentos de chuvas e apresentaram alta vazão no leito do rio junto ao P01.

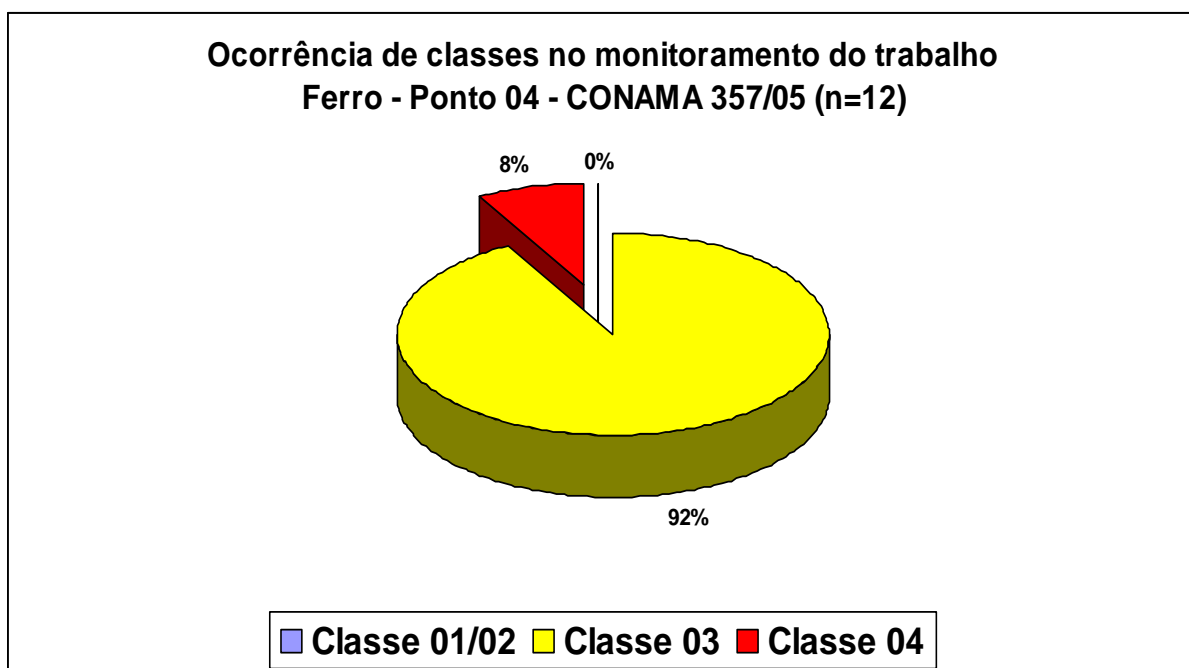
As Figuras 144, 145 e 146 apresentam o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal ferro nos pontos P02, P03 e P04 do monitoramento da pesquisa, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).



**Figura 144** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P02.



**Figura 145** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P03.



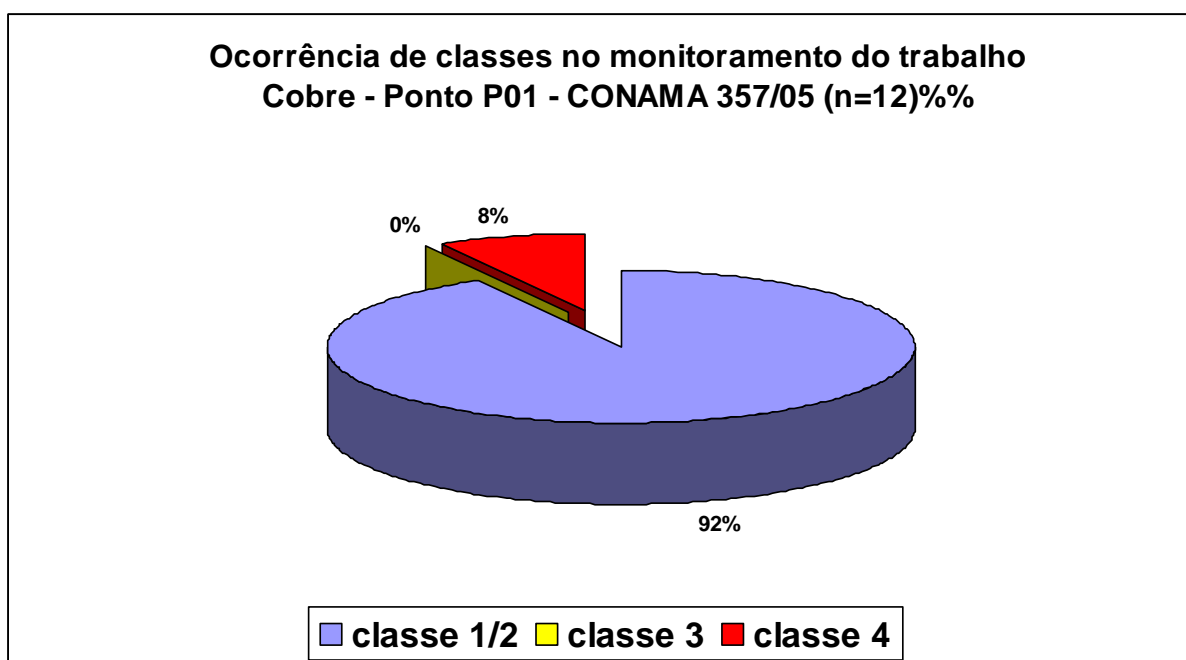
**Figura 146** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, nos pontos P04.

As Figuras 144, 145 e 146 demonstram que o parâmetro ferro apresentou teores que determinaram a predominância significativa de classe 3 (75 a 92 %) entre os pontos P02, P03 e P04.

As amostras que apresentaram resultados classificados em classe 4 do P02 e P03 apresentaram valores significativamente superiores de concentração e ocorreram principalmente nas coletas realizadas entre janeiro e fevereiro (verão) de 2008. O P02 repetiu a condição de alta concentração de ferro na coleta realizada em 18/08/08 cuja coleta foi realizada com nível extremamente alto do rio no P02 com a ocorrência de período de vazante do rio, ou seja, durante a redução de nível e depois de cheia.

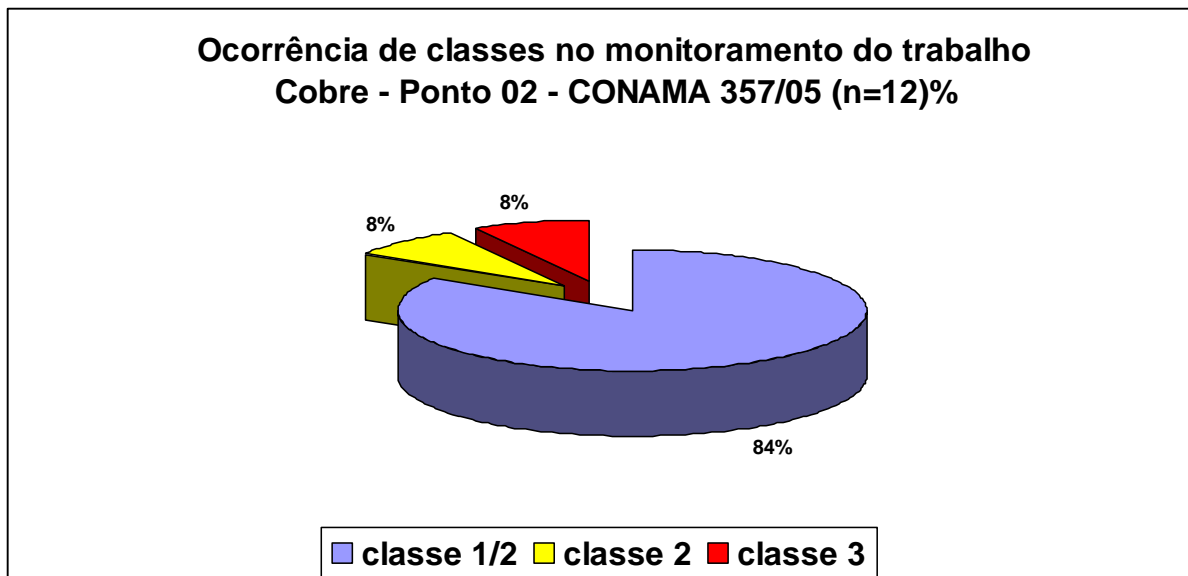
### 5.13.3 Cobre

A Figura 147 apresenta o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal cobre no P01 do monitoramento da pesquisa, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).



**Figura 147** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P01.

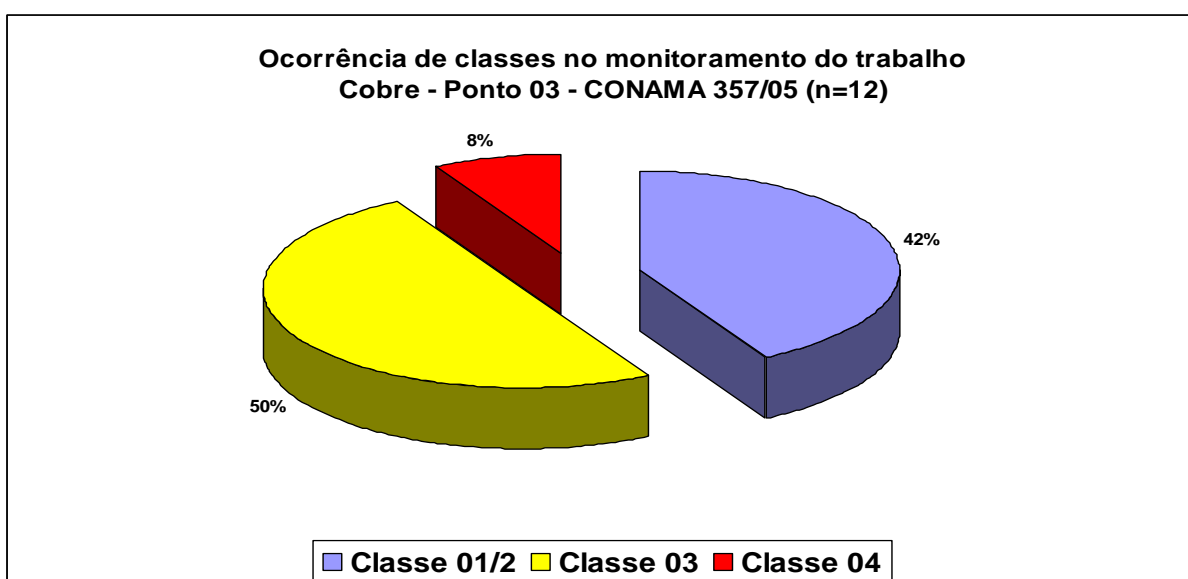
A Figura 148 apresenta o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal cobre no P02 do monitoramento da pesquisa, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).



**Figura 148** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P02.

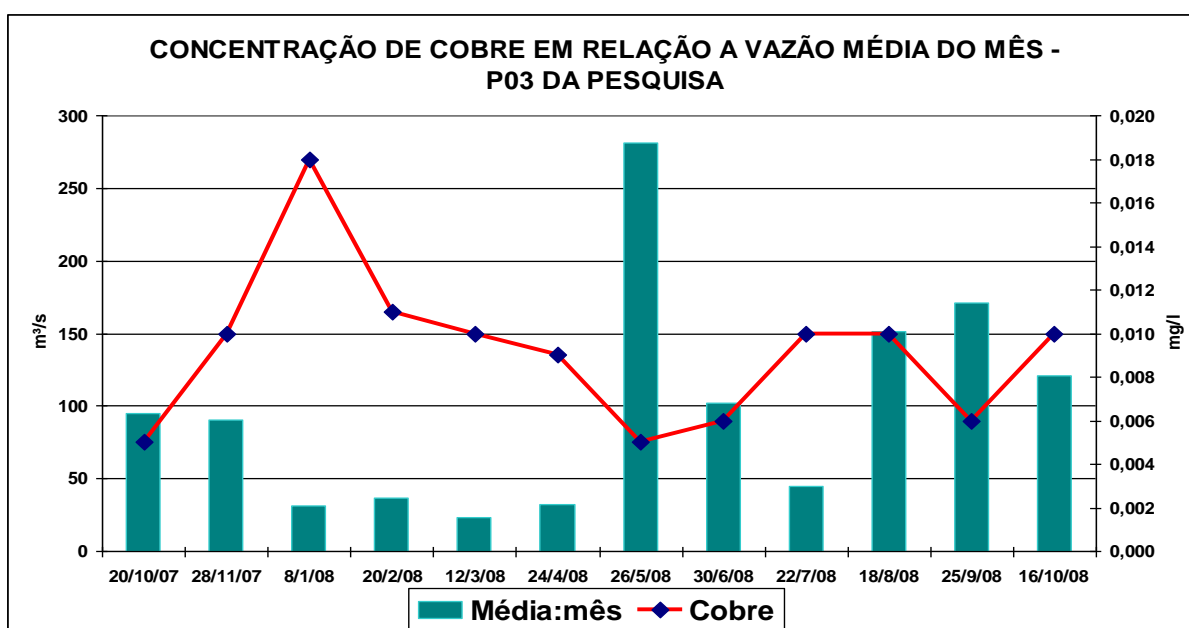
Os resultados obtidos no monitoramento da pesquisa relativamente ao P01 e P02 indicaram a predominância de ocorrência de classe 1 na maioria das coletas. A classe 4 ocorreu no P01 na coleta realizada em 16/10/2008 e no P02 em 18/08/2008.

As Figuras 149 e 150 apresentam o comportamento dos resultados do monitoramento para o metal cobre nos pontos P03 e P04 do monitoramento da pesquisa, conforme classificação no CONAMA/05 (CONAMA, 2005).

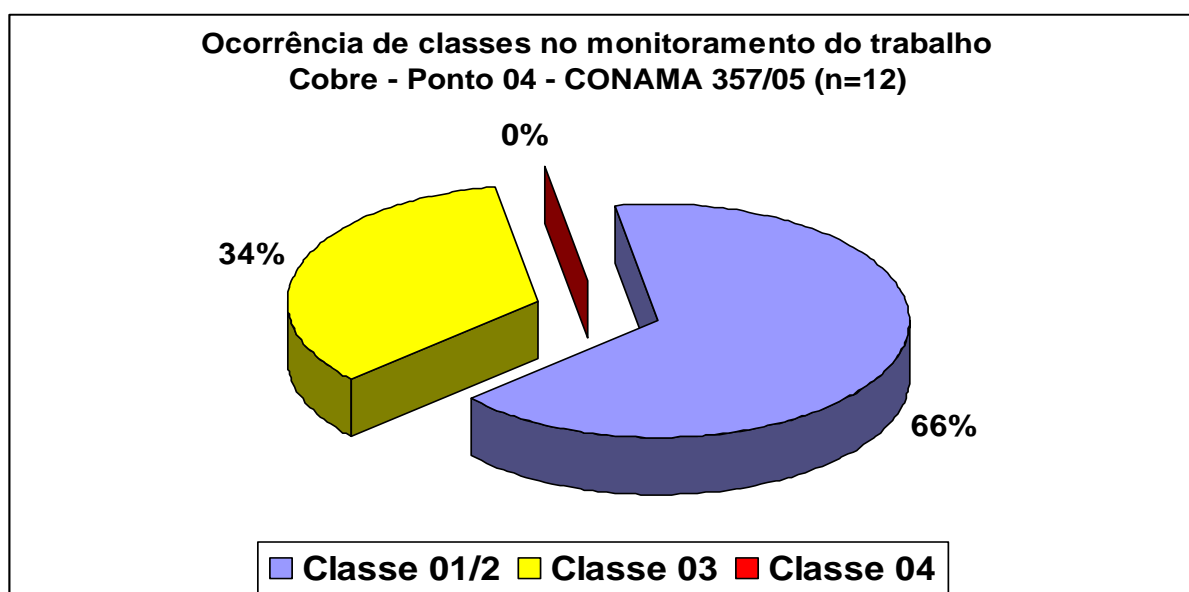


**Figura 149** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P03.

Os resultados obtidos no monitoramento da pesquisa relativamente ao P03 indicaram a predominância de ocorrência de classe 1 e 3 na maioria das coletas. A classe 4 ocorreu na coleta realizada em 08/01/2008. De acordo com o teste estatístico de Pearson a concentração de cobre apresentou correlação inversamente proporcional à vazão média do mês da coleta no P03 da pesquisa. O gráfico apresentado na Figura 150 apresenta a variação da concentração de cobre e da vazão média mensal do P03 de cada coleta da pesquisa.



**Figura 150** – Variação da concentração de cobre e da vazão média mensal do P03 de cada coleta da pesquisa.



**Figura 151** – Gráfico de ocorrência de classes no monitoramento da pesquisa, conforme CONAMA/357, no ponto P04.

Os resultados obtidos no monitoramento da pesquisa relativamente ao ponto P04, conforme demonstra a Figura 151, apresenta predominância de classe 1 e classe 3.

## 6 CONCLUSÕES

O comportamento da qualidade da água do rio dos Sinos, determinado pelos critérios empregados neste trabalho, identificaram uma maior degradação nos pontos mais próximos de sua foz, onde a bacia hidrográfica possui significativa influência das atividades antrópicas.

Os índices de qualidade de água do rio dos Sinos, calculados através da metodologia adotada na determinação do IQA-FEAM (adaptado do IQA-NSF), e o enquadramento das águas na Resolução CONAMA357/05, indicaram que a queda da qualidade da água é associada à poluição hídrica por esgotos domésticos não tratados.

Os altos valores verificados nas análises de coliformes fecais refletem o grande déficit de saneamento básico da bacia hidrográfica, principalmente nos trechos médio e inferior. Esta constatação é reforçada pelo fato da inexistência de sistemas públicos de tratamento de esgoto, os quais são coletados na origem e transferidos para arroios que por sua vez o transferem para o rio principal da bacia sem tratamento.

O parâmetro fósforo determinou redução de qualidade da água em todos os pontos com maior incidência no P03 e P04.

Os estudos realizados, pautados pela observação do comportamento da qualidade da água do rio dos Sinos, verificações de campo e demais itens integrantes desta pesquisa demonstram a uma real degradação das condições da qualidade da água do rio, principalmente pela sua susceptibilidade e variações no ponto de monitoramento P03.

Os comparativos dos resultados da pesquisa com o histórico de monitoramento da FEPAM demonstraram coerência e similaridade de comportamento dos resultados, confirmando o decaimento de qualidade ao longo do percurso do rio, principalmente nos pontos P03 e P04.

Os valores ponderados nos testes estatísticos para identificar maior redução de qualidade, como as médias de ocorrência do parâmetro, foram identificados na sua maioria no monitoramento da FEPAM, indicando que o período monitorado na pesquisa apresentou padrão de qualidade superior a períodos críticos ocorridos no monitoramento realizado entre os anos de 2000 e 2008.

As avaliações permitiram observar que a qualidade da água do rio dos Sinos, devido a determinados parâmetros, é susceptível às variações de vazão, podendo ocorrer tanto em aumentos repentinos verificados por precipitações no entorno, vazões de estiagem, vazões de descarga da bacia quando ocorre o retorno de águas vazadas para fora do leito ou curso normal do rio, entre outras situações. Tais demonstrações foram verificadas com destaque no

ponto P03 através do monitoramento dos parâmetros coliformes fecais (E.C.), fósforo total, nitrato e  $DBO_5$  que aumentaram suas concentrações a partir de uma variação de volume de água no ponto monitorado.

O parâmetro O.D. mereceu destaque no comprometimento da qualidade da água no trecho inferior do rio, sendo detectado períodos de alto déficit nos pontos P03 e P04, possibilitando condições de inviabilidade de existência de vida aeróbia aquática. Os baixos níveis de O.D. ocorreram nos períodos de baixa vazão do rio dos Sinos demonstrando uma menor capacidade de reposição de oxigênio em relação à demanda ocorrida no manancial. Outro fator que pode influenciar para a redução do O.D. do rio dos Sinos na época de estiagem é a sua redução de capacidade de diluição no aporte dos arroios afluentes estando estes em condições de baixos níveis de O.D. devido à recepção de esgoto sem tratamento. Por sua vez, as condições de oxigênio dissolvido mais elevado em vazões altas no rio durante o período de coleta podem estar associadas à incorporação da água de chuva à água dos arroios, sendo esta incorporada com alto teor de oxigenação.

As avaliações de metais na água do rio dos Sinos apontaram restrições quanto ao uso, conforme a Portaria CONAMA357/05 para os parâmetros alumínio, ferro e o cobre. A elevação da concentração destes parâmetros são resultados de ações antrópicas, devido à falta de saneamento existente na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Os metais chumbo, cromo e zinco não foram encontrados como contaminantes significativos nos pontos monitorados.

## 7 RECOMENDAÇÕES

A recuperação da qualidade das águas do rio dos Sinos demanda ações diversas, entre elas, o planejamento urbanístico das cidades com a visão de conservação ambiental. A implantação de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto com priorização nos centros urbanos localizados nos trechos inferiores do rio dos Sinos é elementar para visão imediata e de futuro para manutenção deste recurso hídrico.

Entre as hipóteses a serem discutidas para este conjunto de ações deve ainda ser considerada a adequação da matriz produtiva agrícola e industrial, a recuperação das matas ciliares, o manejo dos resíduos sólidos, a redução do desperdício da água captada no abastecimento público, no uso industrial e no uso agrícola. Estes são alguns exemplos determinantes e imperativos para o processo de redução dos impactos ambientais sobre a qualidade água deste manancial hídrico.

A regularização de vazões e da qualidade da água ao longo do rio dos Sinos, considerando as diversas hipóteses de uso atual e futuro, devem ser abordadas e discutidas na maior amplitude possível com uma gestão que vise adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Como ferramenta para atender estas demandas urge a necessidade da elaboração e implantação do plano de bacia.

A urgência da implantação de ações efetivas na bacia do rio dos Sinos, visando minimizar os efeitos negativos de degradação da qualidade da água do rio dos Sinos resultantes das ações antrópicas, determinam soluções de menor prazo possível.

A implantação de sistemas de coleta de esgoto do tipo “separador absoluto” necessita de aporte de volumosos investimentos face à complexidade de sua execução em regiões urbanas de ocupação consolidada. Uma solução exequível de forma mais imediata e inicial dos sistemas de esgotamento sanitário pode passar pela tecnologia de coletores unitários, também chamados de sistemas de coleta “misto”.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2009. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>>Acesso em: julho/2009.

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

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

BRAILE, P.M.; CAVALCANTE, J.E.W.A. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: CETESB, 1979;

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. DOU em 05 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>. Acessado em 14 dez de 2008.

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.

BRASIL, 1997. LEI FEDERAL Nº 9433, DE 08 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL 2000, Resolução CNRH - 12/2000. Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes.

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. 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. Lei nº 11.445. PL - Poder Legislativo Federal. D.O.U. 08/01/2007. Disponível em:<http://189.28.128.179:8080/pisast/portaria-ms-n.-518-2004/legislacoes/lei-11445-2007-2-pdf/view>. Último acesso em 15.05.09;

BASSO, E. R., CARVALHO S. L.; Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira – SP. *Holos Environment*, v 7, nº 1, 2007 – p. 16. Site <http://cecemca.rc.unesp.br>

CAMINO, R.; MULLER, S., Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. São José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura. Proyecto IICA/GTZ, 1993;

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo, série relatórios anexo III índices de qualidade das águas 2007.

COMUSA. Disponível em: <http://www.comusa.com.br> > Último acesso em jul/2009.

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

COMITESINOS, Aplicação de um Índice de Qualidade da água no Rio dos Sinos; Maio de 1993.

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.

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.

CPRH – PE, 2002 - Monitoramento da qualidade da água como instrumento de controle ambiental e gestão de recursos hídricos no Estado de Pernambuco

DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934 – Código das águas. Chefe do Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil (1934);

DEUS, A.B.S.;RIBEIRO,M.L.;LUCA,S.J.,1999. Bacia hidrográfica do rio Caí/ RS: índices podem mascarar avaliação da qualidade da água. 200 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. ABES. Rio de Janeiro, RJ.

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](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](http://wwwbr.geocities.com/amientche/lei_10350.htm)>Acesso em: 09 set 2007.

Environmental Protection Agency of United State (USEPA); Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen – EPA 440586003, Washington, DC, 1986.

FEAM, 2005. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Sistema de cálculo da qualidade da Água: Estabelecimento das equações do Índice de Qualidade da Água., Relatório I. Minas Gerais.

FEPAM, 2009. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br>. Último acesso em julho/09.

FEPAM, Programa Pró-Guaíba – Diagnóstico da poluição industrial e doméstica da bacia hidrográfica do Guaíba. Porto Alegre, 1991.

FEPAM, Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Antas e Taquari. Porto Alegre, 1999.

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.

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.

GARCIA, R.L.; Simulação da Qualidade da água em Regime Não-Permanente no Rio dos Sinos. Dissertação de Mestrado, Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – URFGS, 04/12/1997.

GOOGLE, 2007. Disponível em: <http://www.google.com.br>, Acesso em: 23 de out 2008.

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 jun 2007.

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

LAURA, A., Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade par gestão de Recursos Hídricos - MIGSERH – O caso da Bacia do Rio dos Sinos – Tese Doutorado, UFRGS. 2004;

LEI nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994 - Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.

LENCATRES, A.; FRANCO, F.M., abril de 1992. Gestão de Bacias Hidrográficas, XXVIII Semageo.

MAGNA ENGENHARIA; Levantamento dos Usos das Águas, Atuais e Futuros , dos Principais Recursos Hídricos das Bacias dos Rios dos Sinos e Gravataí; maio/1996.

MARGALEF, R. Teoria de los sistemas ecologicos. 2ª ed. Barcelona: Universitat de Barcelona, 290 p. 1991.

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.

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, C. A.; Arroio Pampa: Condição Atual e Sua Contribuição Para as Águas do Rio dos Sinos. Dissertação de Mestrado. Centro Acadêmico FEEVALE – NH – RS.

OECD, 1993 - Organisation for Economic Co-operation and Development. Disponível em [www.oecd.org](http://www.oecd.org), Acesso em maio de 2007.

OTT, W. R. 1978. Environmental Índices: theory and practice, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, 371 p.

PMNA II – PE, 2003. Monitoramento da Qualidade da Água como Instrumento de Controle Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos, Cap. Índices e Indicadores de Qualidade da Água – Revisão da Literatura.

PMNA II – PE, Índice e Indicadores, 2002. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.b>.

PIMENTEL, M. F., Análise Estatística de dados de monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá. Programa Nacional do Meio Ambiente. Recife, 2003.

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

PRODANOFF, J. H. A.. Tese de Doutorado: Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano. Univesidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, junho de 2005.

PRÓ-SINOS – Consórcio Público de Saneamento da Bacia Hidrográfica do Rios dos Sinos (2010) Caracterização Socioambiental da região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Disponível em [www.portalprosinos.com.br](http://www.portalprosinos.com.br).

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.

RELATÓRIO da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, Agência Nacional das Águas, 2009. Disponível em: [WWW.ana.gov.br](http://WWW.ana.gov.br). Acessado em 05/05/2009;

RIBEIRO, M.L.; DEUS, A.B.S.; LUCAS, S.J., 1999. Indices de qualidade da água aplicados à bacia do rio Taquari/ Antas: qual deles é o mais apropriado. 200 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, RJ.

SANCHES, E.; COLMENAREJO, M. F.; VICENTE, J.; RUBIO, A.; GARCIA, M. G.; TRAVIESO, L.; BORJA, R.. Artigo: Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators, Volume 7, Issue 2, April 2007, Pages 315-328.

SECRETARIA DA SAÚDE E MEIO AMBIENTE. Portaria n° 05/89 de 16 de março de 1989; Norma Técnica SSMA n° 01/89. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1989.

SPERLING, M.V. 1996. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG (Minas Gerais) – DESA/UFMG. Belo Horizonte. V. 1, 243p.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SUSTAINABLE MEASURES, Indicators of sustainability. Sustainable Measures. Disponível em [www.sustainablemeasures.com](http://www.sustainablemeasures.com), Acessado em maio de 2007;

TOLEDO, L.G.; DESCHAMPS F. C.; NICOLELLA G.; NOLDIN J. A.; EBERHARDT D. S.; Ministério da Agricultura Agropecuária e Abastecimento: Impacto Ambiental da Cultura do Arroz Irrigado com Uso de Índice de Qualidade de Água (IQA) Jaguariúna, SP, Novembro, 2002;

TUNDISI, J. G. Ciclo. Artigo: Hidrológico e Gerenciamento Integrado. Publicado em Cienc. Cult. vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003 Hidrológico e Gerenciamento Integrado;

PRODANOFF, J. H. A.. Tese de Doutorado: Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, junho de 2005.

ZILMER, T.A., VALLERA, R.F., ROSSETE A.N.; Avaliação de algumas características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina – MT. *Holos Environment*, v.7 n2, 2007, pg.123, ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)