

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DEIVISON FELIPE DE SOUZA AFFONSO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA PELO ÍNDICE DE
QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) E SEUS INDICADORES
SEGMENTADOS: UM ESTUDO DE CASO DO RIO PIRANGA NOS
TRECHOS URBANOS DA CIDADE DE PONTE NOVA (MG)**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2016**

DEIVISON FELIPE DE SOUZA AFFONSO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA PELO ÍNDICE DE
QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) E SEUS INDICADORES
SEGMENTADOS: UM ESTUDO DE CASO DO RIO PIRANGA NOS
TRECHOS URBANOS DA CIDADE DE PONTE NOVA (MG)**

Monografia, apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: André Luiz Lopes de Faria

Co-orientador: Juliano de Freitas Moreira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2016**

DEIVISON FELIPE DE SOUZA AFFONSO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA PELO ÍNDICE DE
QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) E SEUS INDICADORES
SEGMENTADOS: UM ESTUDO DE CASO DO RIO PIRANGA NOS
TRECHOS URBANOS DA CIDADE DE PONTE NOVA (MG)**

Monografia, apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de bacharel em Geografia.

Aprovado em de de 2016

Prof. André Luiz Lopes de Faria

(Orientador)

(UFV)

Prof. José João Lelis Leal de Souza

(UFV)

Profª. Verônica Rocha Bonfim

(UFV)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter guiado e colocado pessoas tão importantes em minha vida, as quais fizeram o fardo dos dias mais leve e objetivaram junto a mim sucesso contínuo.

Dentre estas pessoas, destaco em especial minha família, a supermãe Ruth, meu guia, meu porto seguro e minha benção, esta vencedora que sempre me dera base para enfrentar todos os meus obstáculos, que sempre me ajudara em tudo que pôde e no que não pôde, sem esta peça fundamental nada seria concretizado. Agradeço imensamente ao meu pai Evandir, por todo esforço e dedicação para comigo e pelos constantes votos de serenidade e perseverança. À minha irmã Cíntia Maura, pela paciência e luta constante em me proporcionar seu imenso amor fraterno.

Sou imensamente grato aos demais familiares, em especial ao meu avô Carlos Afonso e minhas avós Neusa Guedes e Efigênia de Lourdes pelo zelo e apoio incondicional.

Imensamente afortunado pelos amigos conquistados no curso, em especial á Amanda Fialho, Aldemiro, Bruna Pró, André, Rogério, Rafael Gomes, Rafael Rodrigues, Ariecha, Marcelo, Mari'lú, Sek, Bárbara, Bruna Bacharel, Gisele, Camila, Pablo, Sílvia, Pedro Barão, Gladistonier, Lidiane, Carol, Eliete, Daniela e Roberto. Aos amigos da van, que deixaram os dias mais alegres e a turma do 1831.

Grato ao suporte prestado pelo orientador Prof. André L. Faria e do co-orientador Juliano Moreira, sendo estes responsáveis por grande parte do encaminhamento desta pesquisa, colaborando na interpretação das variáveis, no banco de dados e nos trabalhos estatísticos.

Enormemente grato à equipe MICRA pelo companheirismo durante toda a vida acadêmica e apoio no banco de dados e pela amizade.

O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é uma espécie de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto por pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá alcançar completamente esse objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior.

Albert Einstein

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
LISTA DE HISTOGRAMAS	xii
LISTA DE EQUAÇÕES	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 A Bacia Hidrográfica como Mecanismo de Gestão e Pesquisa Hídrica em Minas Gerais	3
2.2 A Utilização de Índices de Qualidade na Caracterização Hídrica	7
2.3 Uso e Qualidade de Água	9
2.4 Indicadores Físico-químicos e Bacteriológicos utilizados na caracterização Hídrica	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Área de Estudo	13
3.2 Metodologia	16
3.3 Rede de Monitoramento	18
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 Condições Temporais Durante a Amostragem	23
4.2 Comportamento das Variáveis que Compõem o Cálculo do IQA Durante a Rede Amostral	25
4.2.1 Comportamento da DBO Durante a Rede Amostral	26
4.2.2 Comportamento do Fósforo Total Durante a Rede Amostral	29
4.2.3 Comportamento do Fosfato Total Durante a Rede Amostral	34
4.2.4 Comportamento do Nitrogênio Total Durante a Rede Amostral	38
4.2.5 Comportamento do Nitrato Durante a Rede Amostral	43
4.2.6 Comportamento do <i>pH</i> Durante a Rede Amostral	48
4.2.7 Comportamento da Turbidez Durante a Rede Amostral	52

4.2.8 Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais Durante a Rede Amostral.....	56
4.2.9 Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais Durante a Rede Amostral	59
4.2.10 Comportamento dos Sólidos Totais Durante a Rede Amostral.....	62
4.2.11 Comportamento da Temperatura Durante a Rede Amostral	65
4.2.12 Comportamento dos Coliformes Fecais Durante a Rede Amostral	68
4.2.13 Comportamento do Oxigênio Dissolvido Durante a Rede Amostral	72
4.2.3 Comportamento do IQA Durante a Rede Amostral.....	81
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
7.0 Anexos.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais (UPGRHs). Fonte: IGAM (2010).....	4
Figura 2. Município e Zona Urbana de Ponte Nova. Fonte: IBGE (2011).....	14
Figura 3. Qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade. Fonte de dados: IGAM.....	17
Figura 4. Localização dos Pontos de Amostragem.....	20
Figura 5. Zonas de autodepuração e principais organismos de cada zona. Fonte: Braga <i>et al.</i> , 2005.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Peso por parâmetro para o cálculo do Índice de qualidade de Água – IQA. Fonte de dados: IGAM.....	16
Tabela 2. Níveis de qualidade de água conforme a metodologia do IQA. Fonte de dados: IGAM.....	18
Tabela 3. Rede de Monitoramento e amostragens. Fonte de dados: MICRA.....	18
Tabela 4. Preservação e tempo de análise amostral. Fonte: NBR 9898.....	19
Tabela 5. Métodos realizados segundo SMEWW 22 ^a edição – Fonte: SMEWW 22 ^a edição.....	22
Tabela 6. Condições temporais durante as amostragens – Fonte: Micra.....	25
Tabela 6. Condições temporais durante as amostragens (continuação) – Fonte: Micra.....	26
Tabela 7. Nível Trófico de Lagos e Reservatórios perante concentrações de Fósforo Total. Fonte: PIVELI <i>et al.</i> , (2005) - Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos.....	30
Tabela 8. Valor máximo de Nitrogênio Amoniacal - Águas de Classe 2. Fonte: DN Conjunta COPAM e CERH 001/2008.....	39
Tabela 9. Interpretação do Índice de Saturação. Fonte: EMBRAPA, 2011.....	81

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
APP's - Áreas de Preservação Permanente
CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM - Conselho de Política Ambiental
Cs - Concentração de Saturação
CT - *Coliformes Termotolerantes*
DBO - Demanda Biológica de Oxigênio
DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio do quinto dia a 20 °C
DN - Deliberação Normativa
DQO - Demanda Química de Oxigênio
E.c – *Escherichia coli*
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
EUA - Estados Unidos da América
FUNASA - Fundação Nacional da Saúde
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGA - Instituto de Geociências Aplicadas
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA - Índice de Qualidade de Água
IQANSF - Índice de Qualidade de Água National Sanitation Foundation
IS - Índice de Sapróbio
L - Litro
LVAd - Latossolo Vermelho - Amarelos Distróficos
mg - Miligrama
N - Nitrogênio
NO₃⁻ - Nitrato
NTU - *Nephelometric Turbidity Unit* (Unidade Nefelométrica de Turbidez)
OD - Oxigênio Dissolvido
OD % - Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido
qi - Qualidade da i-ésima variável, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
pH - Potencial Hidrogeniônico
PVAe - Argissolos Vermelho Eutróficos
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA - Sistema Nacional do MEIO Ambiente
SEMAD - Secretaria Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
SST - Sólidos Suspensos Totais
SRH/MMA - Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente
ST - Sólidos Totais
SDT - Sólidos Dissolvidos Totais
STD - Sólidos Totais Dissolvidos
TUR - Tubidez
UPGRHs - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
UNEP - United Nations Environment Programme
UNESCO - United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
WHO - World Health Organization
wi - Peso da i-ésima variável

LISTA DE HISTOGRAMAS

HISTOGRAMA 1. Comportamento da DBO no P01 (2014 - 2015).....	26
HISTOGRAMA 2. Comportamento da DBO no P02 (2014 - 2015).....	26
HISTOGRAMA 3. Comportamento da DBO no P03 (2014 - 2015).....	27
HISTOGRAMA 4. Comportamento da DBO no P04 (2014 - 2015).....	27
HISTOGRAMA 5. Comportamento do Fósforo Total no P01 em 2014.....	30
HISTOGRAMA 6. Comportamento do Fósforo Total no P02 em 2014.....	31
HISTOGRAMA 7. Comportamento do Fósforo Total no P03 em 2014.....	31
HISTOGRAMA 8. Comportamento do Fósforo Total no P04 em 2014.....	32
HISTOGRAMA 9. Comportamento do Fósforo Total no P01 em 2015.....	32
HISTOGRAMA 10. Comportamento do Fósforo Total no P02 em 2015.....	33
HISTOGRAMA 11. Comportamento do Fósforo Total no P03 em 2015.....	33
HISTOGRAMA 12. Comportamento do Fósforo Total no P04 em 2015.....	34
HISTOGRAMA 13. Comportamento do Fosfato Total no P01 em 2014.....	35
HISTOGRAMA 14. Comportamento do Fosfato Total no P02 em 2014.....	35
HISTOGRAMA 15. Comportamento do Fosfato Total no P03 em 2014.....	35
HISTOGRAMA 16. Comportamento do Fosfato Total no P04 em 2014.....	36
HISTOGRAMA 17. Comportamento do Fosfato Total no P01 em 2015.....	36
HISTOGRAMA 18. Comportamento do Fosfato Total no P02 em 2015.....	37
HISTOGRAMA 19. Comportamento do Fosfato Total no P03 em 2015.....	37
HISTOGRAMA 20. Comportamento do Fosfato Total no P04 em 2015.....	37
HISTOGRAMA 21. Comportamento do Nitrogênio Total no P01 em 2014.....	40
HISTOGRAMA 22. Comportamento do Nitrogênio Total no P02 em 2014.....	40
HISTOGRAMA 23. Comportamento do Nitrogênio Total no P03 em 2014.....	40
HISTOGRAMA 24. Comportamento do Nitrogênio Total no P04 em 2014.....	41
HISTOGRAMA 25. Comportamento do Nitrogênio Total no P01 em 2015.....	42
HISTOGRAMA 26. Comportamento do Nitrogênio Total no P02 em 2015.....	42
HISTOGRAMA 27. Comportamento do Nitrogênio Total no P03 em 2015.....	42
HISTOGRAMA 28. Comportamento do Nitrogênio Total no P04 em 2015.....	43
HISTOGRAMA 29. Comportamento do Nitrato no P01 (2014 - 2015).....	45
HISTOGRAMA 30. Comportamento do Nitrato no P02 (2014 - 2015).....	45
HISTOGRAMA 31. Comportamento do Nitrato no P03 (2014 - 2015).....	46
HISTOGRAMA 32. Comportamento do Nitrato no P04 (2014 - 2015).....	47

HISTOGRAMA 33. Relação de Nitrito/Nitrato P04 (2014 - 2015).....	48
HISTOGRAMA 34. Comportamento do <i>pH</i> no P01 (2014 -2015).....	50
HISTOGRAMA 35. Comportamento do <i>pH</i> no P02 (2014 -2015).....	50
HISTOGRAMA 36. Comportamento do <i>pH</i> no P03 (2014 -2015).....	51
HISTOGRAMA 37. Comportamento do <i>pH</i> no P04 (2014 -2015).....	52
HISTOGRAMA 38. Vazão média Rio Piranga. Fonte de dados: IGAM.....	54
HISTOGRAMA 39. Comportamento da Turbidez no P01 (2014-2015).....	54
HISTOGRAMA 40. Comportamento da Turbidez no P02 (2014-2015).....	54
HISTOGRAMA 41. Comportamento da Turbidez no P03 (2014-2015).....	55
HISTOGRAMA 42. Comportamento da Turbidez no P04 (2014-2015).....	56
HISTOGRAMA 43. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P01 (2014-2015).....	57
HISTOGRAMA 44. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P02 (2014-2015).....	57
HISTOGRAMA 45. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P03 (2014-2015).....	57
HISTOGRAMA 46. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P04 (2014-2015).....	58
HISTOGRAMA 47. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P01 (2014-2015).....	60
HISTOGRAMA 48. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P02 (2014-2015).....	60
HISTOGRAMA 49. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P03 (2014-2015).....	61
HISTOGRAMA 50. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P04 (2014-2015).....	62
HISTOGRAMA 51. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P01 (2014-2015).....	63
HISTOGRAMA 52. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P02 (2014-2015).....	64
HISTOGRAMA 53. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P03 (2014-2015).....	64
HISTOGRAMA 54. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P04 (2014-2015).....	64
HISTOGRAMA 55. Comportamento das Temperaturas Amostras do P01 (2014-2015).....	66
HISTOGRAMA 56. Comportamento das Temperaturas Amostras do P02 (2014-2015).....	67
HISTOGRAMA 57. Comportamento das Temperaturas Amostras do P03 (2014-2015).....	67
HISTOGRAMA 58. Comportamento das Temperaturas Amostras do P04 (2014-2015).....	

HISTOGRAMA 59. Comportamento dos Coliformes Fecais/ <i>E.coli</i> do P01 (2014-2015).....	70
HISTOGRAMA 60. Comportamento dos Coliformes Fecais/ <i>E.coli</i> do P02 (2014-2015).....	70
HISTOGRAMA 61. Comportamento dos Coliformes Fecais/ <i>E.coli</i> do P03 (2014-2015).....	70
HISTOGRAMA 62. Comportamento dos Coliformes Fecais/ <i>E.coli</i> do P04 (2014-2015).....	71
HISTOGRAMA 63. Comportamento do OD no P01 (2014-2015).....	74
HISTOGRAMA 64. Comportamento do OD no P02 (2014-2015).....	75
HISTOGRAMA 65. Comportamento do OD no P03 (2014-2015).....	76
HISTOGRAMA 66. Comportamento do OD no P04 (2014-2015).....	77
HISTOGRAMA 67. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P01.....	79
HISTOGRAMA 68. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P02.....	80
HISTOGRAMA 69. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P03.....	80
HISTOGRAMA 70. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido no P04.....	80
HISTOGRAMA 71. Índice de Qualidade de Água do P01.....	82
HISTOGRAMA 72. Índice de Qualidade de Água do P02.....	83
HISTOGRAMA 73. Índice de Qualidade de Água do P03.....	84
HISTOGRAMA 74. Índice de Qualidade de Água do P04.....	85

LISTA DE EQUAÇÕES

1. Equação para cálculo de IQA multiplicativo.....17
2. Equação de concentração de saturação de oxigênio dada em miligramas por litro (mg/L). Fonte: PÖPEL (1979), QASIM (1985) e von Sperling (2007).....73
3. Equação de concentração de saturação de oxigênio dissolvido pela altitude. Fonte: PÖPEL (1979), QASIM (1985) e von Sperling (2007).....73
4. Equação de concentração de saturação de oxigênio com a altitude corrigida e em função dos sais. Fonte: PÖPEL (1979), QASIM (1985) e von Sperling (2007).....73

RESUMO

No decurso do processo histórico de ocupação das terras pelas sociedades, os recursos naturais sofreram vigorosas transformações. Práticas de uso e ocupação do solo para fins habitacionais, industriais, atividades minerárias, agricultura e pecuária tem ocupado cada vez mais território e demandado de forma desenfreada o uso demasiado dos recursos, dentre eles se destaca a água. Como resposta às demandas, os estudos hídricos atuais têm trabalhado maneiras de quantificar e qualificar a água, limitando e restringindo sua utilização conforme análise de suas variáveis físicas, químicas e biológicas, sendo elas expressas em índice de qualidade. Em função disso, esta pesquisa possui como objetivo principal gerar e analisar os dados de IQA (Índice de Qualidade de Água), composto por nove parâmetros, que se dispõem entre físico-químicos e bacteriológicos, para a caracterização hídrica do Rio Piranga em de Ponte Nova (MG). Para a avaliação foram monitorados quatro pontos distribuídos na área urbana do município, de forma a apresentar a variabilidade de resíduos despejados sobre o rio, por meio de coletas trimestrais entre janeiro de 2014 a outubro de 2015. Diante a análise dos resultados que compõem a caracterização hídrica, coube observar que a área de estudo tem recebido ao decorrer dos anos taxas elevadas de material orgânico, o qual é enriquecido por concentrações exorbitantes de Coliformes Fecais, Fósforo Total, Fosfato Total e compostos nitrogenados que produzem valores de IQA que variam da interface Bom/Médio á Médio/Ruim. Os índices corroboram o papel do lançamento dos esgotos domésticos nos níveis de contaminação e poluição do Rio Piranga e a necessidade de tratamento adequado dos efluentes.

Palavras-chave: Recursos Hídricos, Bacia Hidrográfica, variáveis físico-químicas e bacteriológicas.

ABSTRACT

Throughout the historical process of land occupation by society, the natural resources have suffered significant transformations. Practices of use and occupation of the soil aiming residential, industrial, mining, agriculture and livestock purposes have increasingly demanded larger territories in an unbridled appropriation of the resources, among which the water stands out. As an answer for such demands, the researches concerning to water have been worked in new ways of quantifying and qualifying that water, limiting and restricting its use according to analyses of its physics, chemicals and biologicals variables, being them expressed in a quality index. In view of those issues, this research has as its main objective the production and analysis of IQA (Water Quality Index) data, which has nine parameters, disposed among physicochemical and bacteriological, used for the characterization of the Piranga River's water in the city of Ponte Nova (MG). For a proper evaluation, four sites spread within the urban area of the municipality were monitored in order to show the variability of effluents dumped into the river through quarterly collections of data from January 2014 to October 2015. After the analysis of the integrant results from the water characterization, it was able to note that studied area have received over the years considerable rates of organic matter, that is enriched by exorbitant concentrations of Fecal Coliforms, Total Phosphorus, Total Phosphate and nitrogenous compounds, which results in IQA values ranging from the interface Good/Average to Average/Poor. The resulting indices corroborate the part of the domestic sewage in the level of contamination and pollution regarding the Piranga River and the need for proper processing of the effluents.

Key words: Water Resources, Hydrographic Basin, physicochemical and bacteriological variables.

INTRODUÇÃO

No decurso do processo histórico de ocupação das terras pelas sociedades, os recursos naturais sofreram vigorosas transformações. Práticas de uso e ocupação do solo para fins habitacionais, industriais, atividades minerárias, agricultura e pecuária tem ocupado cada vez mais território, gerando uma gradual e veloz substituição da Primeira Natureza, tida por SANTOS (1997) como intocável à cobiça humana, pela Segunda Natureza, observada pelo autor como um espaço humanizado, artificial, onde a natureza se transforma num sistema de objetos de valor comercial.

Em termos de Brasil, cujo avanço industrial, não veio acompanhado do avanço de técnicas de mitigar os impactos do crescimento populacional\industrial, observa-se o como consequência o avanço de problemas ambientais, destacando-se o despejo dos resíduos humanos nos corpos hídricos, uma vez que são considerados vetores de depuração. Tais intervenções possibilitam e acirram diversos impactos ambientais, os quais afetam o meio biótico, abiótico e social.

Segundo Tundisi *et al.*,(2008) a crescente urbanização, o investimento ineficiente de sistemas de saneamento e a demanda excessiva por água,tem gerado ao longo do século XXI um período de crise, que acometem a profundas alterações nas características químicas, físicas e biológicas dos cursos hídricos, os quais refletem na quantidade e qualidade dos recursos.

Para caracterizar e quantificar a ação das atividades antrópicas sob os corpos hídricos são utilizadas metodologias de avaliações das variáveis que possam demonstrar as características físicas, químicas e biológicas. Estas variáveis constituem-se em importantes indicadores de qualidade da água, imputando condições favoráveis quando não se evidencia impacto sobre o sistema hídrico ou condições impactantes quando observada a presença de valores superiores aos estabelecidos para determinado cada uso (von Sperling, 2005).

Conforme seus múltiplos usos e um processo evolutivo marcado pela massiva utilização do solo para a produção de café e cana-de-açúcar e da água como meio de transporte, consumo e irrigação, as unidades hídricas que compõem a Bacia do Rio Doce têm aportado muitos estudos ambientais. Estas discussões estão sendo estimuladas em decorrência da ação das atividades antrópicas causadoras de danos ambientais

(IGAM, 2010), onde muitos corpos hídricos têm sido afetados negativamente por diversos aspectos, inclusive o lançamento de efluentes e rompimento de barragens.

Visando discutir e entender os impactos antrópicos, esta pesquisa tem como objetivo principal gerar e analisar os dados de IQA (Índice de Qualidade de Água), composto por nove parâmetros que se dispõem entre físico-químicos e bacteriológicos para a caracterização hídrica do Rio Piranga na área Urbana do município de Ponte Nova (MG) interpretando os resultados obtidos sob os ditames legais da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n.º 01/2008, de 05 de maio de 2008.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Bacia Hidrográfica como Mecanismo de Gestão e Pesquisa Hídrica em Minas Gerais

A proposta de gestão das águas do Brasil que vigora na atualidade é produto de um processo que em linhas gerais, iniciou-se no Brasil Colônia, fruto de avanços e retrocessos. Chegava-se numa situação na qual não era mais possível desconsiderar os impactos socioambientais nem excluir os diferentes atores do processo de tomada de decisão.

Estresse hídrico e um número crescente de conflitos em virtude da disputa pelo recurso tornaram-se presentes em diferentes localidades. Passou-se a questionar, então, a maneira como vinham sendo abordados e geridos os usos da água; a localização dos centros decisórios; o foco das políticas de águas e a unidade de referência a ser adotada pela mesma; e os atores considerados e incluídos neste processo (FRACALANZA & CAMPOS, 2010).

Como resposta à demanda por soluções e pautas de regularização e controle racional sobre o uso da água, a Política Nacional de Recursos Hídricos, fundamentada na Lei 9.433, entre outras diretrizes, aborda em seu artigo 1º que: a água é um bem de domínio público; contudo, é um recurso limitado e dotado de valor econômico e que a gestão deste recurso tem a bacia hidrográfica como unidade territorial.

Uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado (SILVA *et al.*, 2003). Porém as atitudes comportamentais da sociedade, desde que tornara parte dominante dos sistemas, têm gerado uma tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental.

O que se percebe na atualidade é um esbanjamento de energia e desestabilização das condições harmônicas, pelo crescente aumento de sua densidade populacional, por meio da apropriação dos recursos naturais de forma irracional e utilitária, pela carência de políticas de gestão e fiscalização eficientes, ausência de programas educativos associados, além da capacidade de diminuir/reduzir processos que possibilitem a

recuperação da natureza que se encontra cada vez mais fragilizada, devido à suas exigências individuais.

Conforme matéria publicada pelo Instituto Trata Brasil em 2016, a sociedade tem imputado uma pressão cada vez maior sobre o ambiente, inclusive sobre a água, por onde a humanidade que não podendo criar as fontes que satisfazem suas necessidades fora do sistema ecológico tem gerado sérios impactos (TRATA BRASIL, 2016).

Os impactos exercidos pelo homem são de dois tipos: primeiro, o consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado do que aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico; segundo, pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes. Além desses dois impactos, as formas de apropriação da água podem contribuir com a introdução de materiais tóxicos no sistema ecológico que tolhem e destroem as forças naturais (TRATA BRASIL, 2016).

Devido aos problemas gerados e aos que poderiam surgir como resultado do lançamento de efluentes sanitários e industriais nos corpos hídricos e a possível degradação das bacias hidrográficas diversos Estados do país passaram a utilizar esta unidade territorial na gestão hídrica. Neste tocante em Minas Gerais ocorreu por parte do CERH¹ uma demanda ao IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) no sentido de identificar e definir unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Estado, com o objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos no âmbito estadual.

Os trabalhos culminaram no estabelecimento das UPGRHs (Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais) cujas diretrizes estão contidas na Deliberação Normativa N°06 de 4 de Outubro de 2002 expedida pelo CERH (Figura 1).

¹ Conselho Estadual de Recursos Hídricos – Visa promover o aperfeiçoamento de planejamento, compatibilização, avaliação e controle dos Recursos Hídricos do Estado, tendo em vista os requisitos de volume e qualidade necessários aos seus múltiplos usos.

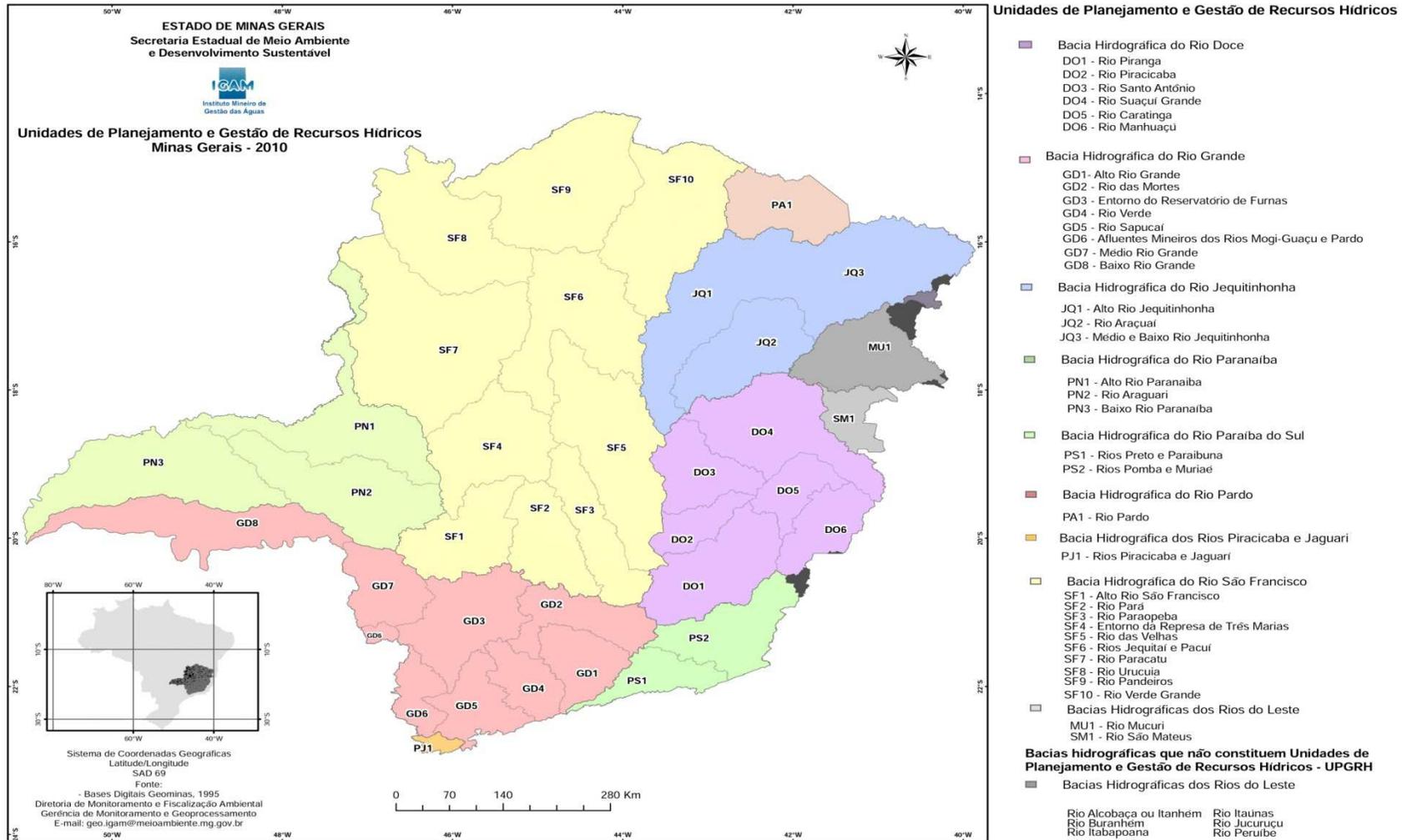


Figura 1. Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais (UPGRHs). Fonte: IGAM (2010).

As UPGRHs, que são unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado, apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, socioculturais, econômicos e políticos. Apesar do caráter técnico na concepção dessas unidades, sua definição foi resultado de um consenso entre os vários níveis de decisão relacionados à gestão das águas (IGAM, 2011).

A política selecionou os municípios por UPGRH, tendo se adotado como princípio que a localização do distrito sede define a inserção do mesmo na Unidade. A única exceção refere-se ao município de Contagem, considerado na UPGRH SF5 (Alto e Médio Cursos do rio das Velhas), embora seu distrito sede esteja localizado na sub-bacia do rio Paraopeba. Tal consideração baseou-se nas características específicas de distribuição da população e atividades econômicas do município, que geram pressões mais representativas na vertente da sub-bacia do rio das Velhas (IGAM, 2011).

Conforme o 1º Relatório Trimestral de 2011 do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que dispõe sobre Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas, a Bacia do Rio Doce naquele ano, encontrava-se num grupo de bacias que dispunham de parâmetros físico-químicos e biológicos acima dos limites especificados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/08² que se traduz no avanço do processo de deterioração dessa unidade hídrica (bacia) e consequentemente em rios cada vez mais contaminados.

Em termos de unidade de estudo e operação, a microbacia hidrográfica é a unidade espacial de planejamento mais apropriada por permitir controle mais objetivo dos recursos humanos e financeiros, favorecendo a integração de práticas de uso e manejo do solo e da água e a organização comunitária. O trabalho em microbacias hidrográficas cria condições que tornam compatíveis as atividades produtivas e a preservação ambiental, permitindo um desenvolvimento sustentável (SILVA, *et al.*, 2003).

² Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições de lançamento de efluentes e dá outras providências.

2.2 A Utilização de Índices de Qualidade na Caracterização Hídrica

Durante um longo período foi acreditado que a água era um recurso infinito, contudo perante o avanço de estudos hídricos e diante das demandas atuais e pretéritas essa avaliação entrou em desuso, caracterizando uma falácia, visto que mesmo abundante, sua disponibilidade no globo terrestre é desigual, como a muitos locais onde geralmente coexistem condições mais áridas e tecnologia inacessível à potabilização e captação hídrica, chegando a ser um fator limitante às necessidades humanas. Mesmo o Brasil contando com aproximadamente 35 mil m³ per capita de água, se constatam sérios problemas relacionados à disponibilidade equinânimes à população e o acesso à água de qualidade para consumo (Prandi-Rosa & Farache-Filho, 2002).

Para a aquisição da caracterização de um corpo hídrico, são necessárias avaliações de variáveis que possam demonstrar suas características físicas, químicas e biológicas. A análise das variáveis constituem-se em importantes indicadores de qualidade da água, imputando condições favoráveis quando não se evidencia impacto sobre o sistema hídrico ou condições impactantes onde for observada a presença de valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (von Sperling, 2005). Múltiplos estudos na Bacia do Rio Doce são estimulados em decorrência da ação das atividades antrópicas causadoras de danos ambientais (IGAM, 2010), onde muitos de seus corpos hídricos tem sido afetados negativamente por diversos aspectos, inclusive o lançamento de efluentes e rompimento de barragens sob os corpos hídricos.

O marco inicial para o conceito de classificação da qualidade da água, remonta à Alemanha pós Segunda Guerra Mundial, (LUMB *et al.*, 2011). Por meio disso, no decorrer dos anos foram criados e desenvolvidos diversos indicadores e índices ambientais para aquisição da avaliação da qualidade hídrica levando em consideração suas características biológicas e físico-químicas.

O primeiro índice de qualidade gerado consiste no Índice de Sapróbio (IS), cuja função era quantificar a facilidade de assimilação da matéria orgânica degradável pelos organismos em ambientes lóticos. Uma vez que a mesofauna aquática possui diferentes taxas de sapróbio foi se necessário quantificar como cada organismo assimila o teor orgânico e avaliar empiricamente os níveis de poluição orgânica e sua assimilação (LUMB *et al.*, 2011).

Contudo o IS apresentara muitas deficiências, pois não abarcara a fixação orgânica nos ambientes, sua acumulação em cadeia trófica e a influência das variáveis orgânicas sobre as demais, imbricando na tomada de decisões para formulação de um novo índice, mais amplo e dinâmico (LUMB *et al.*, 2011). Segundo HORTON (1965) e LUMB *et al.*, (2011) após um século, foram desenvolvidos novos métodos e análises, comandados por índices numéricos através de equações matemáticas, utilizadas para a avaliação e classificação dos corpos hídricos diante a suas variáveis físicas, químicas e biológicas.

Os novos cálculos matemáticos foram baseados na técnica de Delphi, método este mais discursivo, baseado em reuniões, fóruns e painéis de discussão por grupos de especialistas. O índice de Delphi foi inspirado pelo “Projeto de Delphi” cuja proposição foi trabalhar com as opiniões de especialistas para fins militares estratégicos e inaugurando a chamada “tecnologia de opinião” (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

Perante LUMB *et al.*, (2011), uma versão reformulada do índice de Delphi foi desenvolvido por HORTON (1965) e sugerida por BROWN *et al.*, (1970) e DEININGER e MACIUNAS (1971) amparados pela National Sanitation Foundation (NSF) dos EUA. Através do aprimoramento da antiga técnica e a reformulação postulada criaram um novo índice, denominada Índice de Qualidade da Água National Sanitation Foundation (IQANSF).

Perante MATTOS (1999), o primeiro IQA físico-químico surgiu em 1965 nos Estados Unidos da América, cuja estruturação se dá pela técnica de Delphi na aquisição de informações importantes por parte da pesquisa de opinião dos especialistas e a formulação de equações diante as respostas encontradas na pesquisa, relacionando e avaliando a dinâmica das variáveis de forma relacional.

No Brasil a utilização do IQA data seu início na década de 80, sobressaindo a utilização da técnica no Rio Grande do Sul em 1989 e a criação do Índice de Proteção das Comunidades Aquáticas pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1995 (MATTOS 1999). Por intermédio do estudo realizado na década de 70 pela NSF dos Estados Unidos, a CETESB e o IGAM adaptaram o IQANSF, incorporando 9 indicadores considerados relevantes para a avaliação e quantificação da qualidade das águas de São Paulo (CETESB, 2011) e de Minas Gerais.

Conforme Goulart & Callisto (2003), o monitoramento de variáveis do IQA, podem possibilitar a gestão das bacias hidrográficas com melhor detalhamento, pois através deste índice os órgãos públicos federais e os diversos conselhos de cunho ambiental poderiam avaliar a evolução da qualidade das águas continentais, identificar, levantar e avaliar áreas prioritárias para controle de poluição e oferecer subsídio técnico para elaboração de relatórios de situação dos Recursos Hídricos, realizados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas. Os estudos que abarcam esta metodologia possuem como objetivo central a caracterização, monitoramento e avaliação de corpos hídricos diante a seus aspectos físicos, químicos e biológicos.

2.3 Uso e Qualidade de Água

Segundo Ruas (2006), a unidade de gestão e pesquisa bacia hidrográfica, mesmo preservada em suas condições naturais, apresentam influência na qualidade hídrica, por meio da condução e deslocamento de partículas, substâncias e impurezas dos solos, decorrente da ação do escoamento superficial das águas pluviais.

Os principais processos e ações antrópicos que podem guiar mudanças na qualidade das águas, conforme von Sperling (1996), Reis *et al.*, (2005) e Ruas (2006), podem estar relacionados ao escoamento e lixiviação de insumos agrícolas para os corpos hídricos superficiais e subsuperficiais, o desmatamento, a constante impermeabilização do solo, as atividades minerárias e principalmente devido ao despejo de efluentes domésticos e industriais. Observando os elementos impactantes anteriormente mencionados, podemos relacioná-los aos processos de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, que devido aos efeitos negativos gerados, que induzem às bacias de gestão incipiente, cuja utilização múltipla dos recursos não ocorre de forma sustentável.

No entanto a multiplicidade do uso dos recursos, em especial da água estão amparados por legislações ambientais que dispõem de parâmetros específicos pra enquadrar cada forma de utilização. Como confere von Sperling (1999) os usos mais comuns dos recursos hídricos consistem no abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, a dessedentação de animais, a aquicultura, a preservação da fauna e flora, dos processo de recreação e lazer, da harmonia paisagística, a geração de energia hidroelétrica, para a navegação e a diluição de efluentes.

Conforme os Relatórios Anuais das Águas Superficiais de Minas Gerais, desde o início do monitoramento pelo IGAM sob a bacia hidrográfica do Rio Doce, foi constatado que esta bacia dispõe de diversas formas de utilização do recurso, sendo necessário para cada uso o atendimento de qualidade imputado pela norma gestora.

Como forma mais dinâmica de tratabilizar e distinguir de melhor forma os usos das águas da bacia, os corpos hídricos são enquadrados em classes. No Brasil a jurisdição que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, dentre outras providências, no âmbito federal, é a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dentre outras providências aborda que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade hídrica.

O dispositivo legal 357/2005 estabelece para cada variável físico-química e biológica limites mínimos toleráveis, que variam conforme o uso preponderante. No estado de Minas Gerais, onde se insere o presente estudo a norma que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n.º 01/2008, de 05 de maio de 2008.

2.4 Indicadores Físico-químicos e Bacteriológicos utilizados na caracterização Hídrica

Para se alcançar a caracterização quantitativo-qualitativa de um curso d'água, muitos pesquisadores e autores como Marcos Von Sperling e Braga *et al.*, (2006) vêm trabalhando com o Índice de Qualidade de Água (IQA) em suas obras e discussões. O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental. Neste estudo cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados (IGAM 2011).

A técnica desenvolvida para a compreensão da qualidade de água é uma adaptação que visa discutir dados de campo trabalhados em laboratório, facilitando a comunicação com o público não técnico (FREITAS *et al.*, 2011). A metodologia de

interpretação de resultados através do IQA é adotada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), no projeto Águas de Minas que monitora 286 pontos de amostragem em cursos d'água superficiais das diversas bacias hidrográficas mineiras. O mecanismo apresenta através de uma expressão numérica dados que definem um nível da qualidade da água (Bordalo *et al.*, 2006) ou seja o Índice baseia na atribuição de peso em 9 parâmetros (físico-químicos e biológicos) que segundo O Relatório Anual de Monitoramento das Águas Superficiais do IGAM em 2009 são:

- **Oxigênio Dissolvido (OD)**- Essencial à manutenção dos seres aquáticos aeróbios a concentração de oxigênio dissolvido na água varia segundo a temperatura e a altitude, sendo a sua introdução condicionada pelo ar atmosférico, à fotossíntese e a ação dos aeradores. “Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias utilizam do oxigênio em seu metabolismo, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se condições de ausência de oxigênio (anaeróbicas), com possível geração de maus odores” (von Sperling 2007, p. 28)
- **Coliformes termotolerantes** - são alguns dos principais indicadores de contaminações fecais, resultantes do lançamento de efluentes industriais e domésticos, originadas do trato intestinal dos homeotermos (humano e de outros animais). Podem ser causadoras de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.
- **Potencial Hidrogeniônico (pH)** - este define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução aquosa. Sua origem natural está associada à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, enquanto sua origem antropogênica está relacionada aos despejos domésticos e industriais.
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** - é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica.
- **O Fósforo Total** - sua origem natural está associada à composição celular dos microorganismos e decomposição da matéria orgânica por eles, além de se apresentar devido ao intemperismo de rochas que possuem o fósforo em sua estrutura química. “Na água o fósforo apresenta-se principalmente sobre a forma de

ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico” (von Sperling 2007, p.32). Contudo grande parte dos compostos fosfatados encontrados no ambiente tem origem antropogênica, advindo do lançamento de efluentes domésticos, industriais, além dos surfactantes aniônicos (detergentes), excrementos de animais e insumos agrícolas (fertilizantes).

- **Nitrato:** é uma fase essencial no processo de depuração dos lançamentos de efluentes ricos em nitrogênio sobre os corpos hídricos, representando a forma mais oxidada do nitrogênio. Sua fonte natural nas águas superficiais compete à assimilação de nitrogênio e sua fixação em cadeia trófica, sendo este o produto da ação de micro-organismos sob a matéria orgânica (restos animais e vegetais). Outra forma de se encontrar nitratos no recurso hídrico é através do intemperismo de rochas ígneas vulcânicas. Em concentrações naturais, os resultados de Nitrato são baixos, uma vez que em índices reduzidos é facilmente sintetizado.
- **A Temperatura da água** - é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água como, por exemplo, a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura diminui a solubilidade dos gases como, por exemplo, do oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de compostos com odores desagradáveis.
- **Turbidez** - representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A turbidez tem como origem natural a presença de matéria em suspensão como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos e como fonte antropogênica os despejos domésticos, industriais e a erosão.
- **Os Sólidos Totais** - consistem em todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos de água. Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. O ensaio da série de sólidos, segundo o SMEWW, contempla nove (9) frações diferentes de sólidos quantificáveis em uma amostra de matriz aquosa, que diferem entre si basicamente pelas suas características de tamanho das partículas e volatilidade. A presente pesquisa aborda três destas variáveis sendo elas: sólidos totais ($ST = SDT + SST$), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A cidade de Ponte Nova (Figura 2) está localizada na Mesorregião da Zona da Mata Mineira, possui população estimada de 57.390 habitantes e área territorial de 470,643 km² com altitudes médias de 430 metros (IBGE 2010). O relevo é reconhecido pelo geógrafo Aziz Ab'Saber³ (2003) como de domínio dos mares morros e conforme o IBGE (2010) sua disposição se dá em 20% de áreas planas, 20% áreas montanhosas e 60% de áreas onduladas. Conforme classificação climática de Köppen ocorre na região o tipo Aw semi-úmido e o Cwa, úmido de verões quentes.

Perante SILVA (2009) e IGA (1982) do ponto de vista morfoestrutural, a Cidade faz parte do Domínio dos Planaltos Cristalinos Rebaixados, localizados entre a Serra da Mantiqueira, a leste, e a Serra do Espinhaço, a oeste. Ao que tange as condições morfoclimáticas, predominam os processos químicos e bióticos típicos das zonas intertropicais úmidas que, atuando associados a processos mecânicos de erosão, resultam na formação de um manto de alteração bastante espesso nas áreas colinosas com declividades fracas e médias. O manto de alteração chega a desaparecer nas áreas de declividades fortes (superiores a 50%), dando lugar a afloramentos rochosos.

³ Segundo ALMEIDA, os domínios morfoclimáticos representam a combinação vários elementos ativos e passivos da natureza – relevo, clima, vegetação – que se inter-relacionam e interagem, formando uma unidade paisagística. No Brasil, o geógrafo Aziz Ab'Saber foi o responsável por fazer essa classificação, destacando ele que no país ocorrem seis grandes domínios morfoclimáticos, dentre eles o de Mares de Morros.

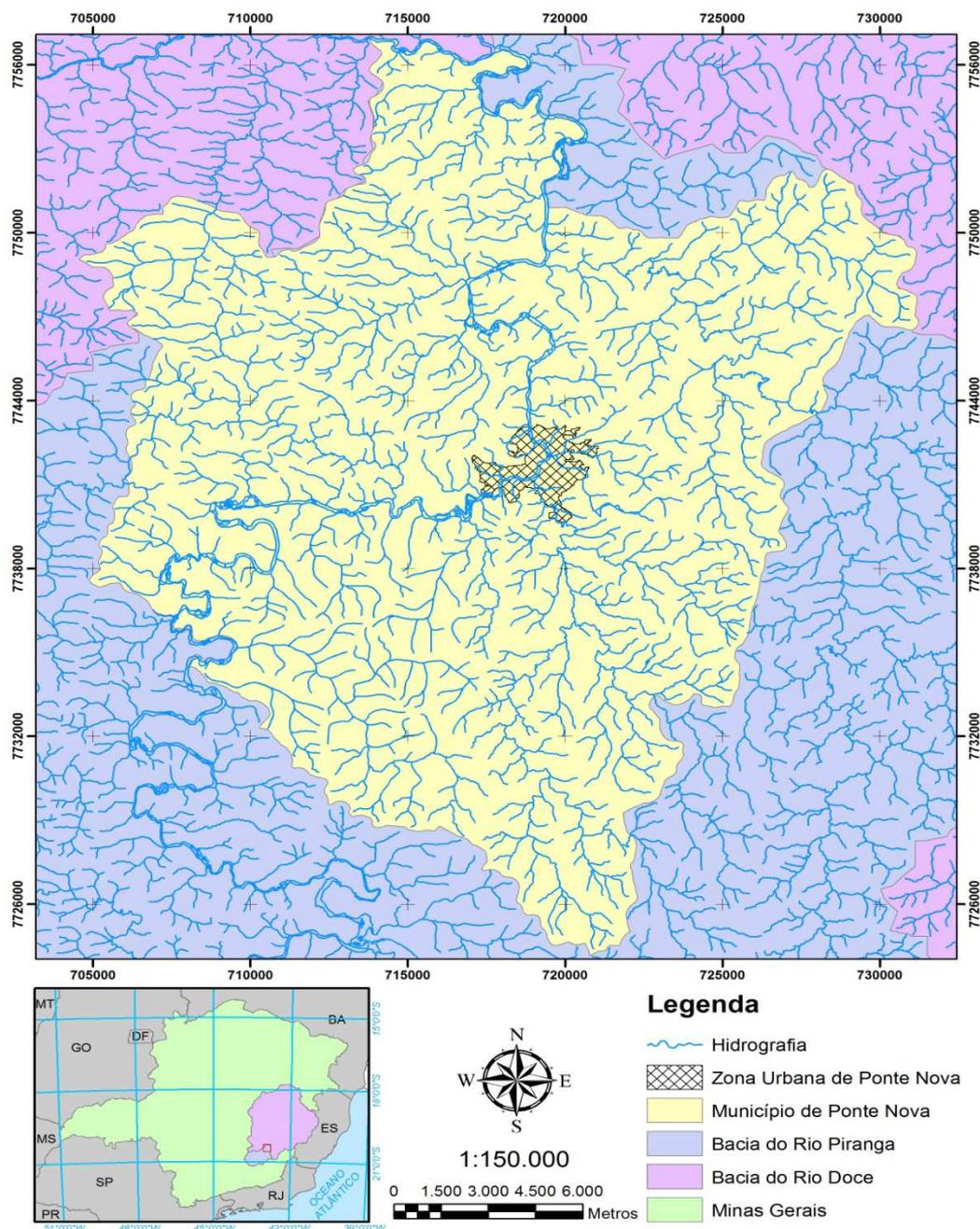


Figura 2. Município e Zona Urbana de Ponte Nova. Fonte: IBGE (2011).

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está localizada entre importantes Estados, sendo eles Minas Gerais e Espírito Santo e apresenta expressiva extensão territorial (83.400 km²). Esta bacia compreende sete grandes Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) para facilitar a aplicação e administração das diretrizes da Lei de Recursos Hídricos (Lei 9433 de janeiro de 1997), sendo que apenas seis unidades localizadas no estado de Minas Gerais serão de interesse desta pesquisa. Esta bacia recebe a atribuição de Rio Doce através da união do Rio Carmo e o Rio Piranga no município de Rio Doce (MG) e sua foz está situada no município de Regência no

Espírito Santo. Esta pesquisa abordara a UPGRHs DO1 que compõe a sub-bacia do Rio Piranga, quando este corta a cidade de Ponte Nova, dispondo de uma área de drenagem de 6.604,5 km² (IGAM, 2010).

Conforme aborda o IGAM a Unidade de Planejamento e Gestão de recursos Hídricos DO1 nasce no município de Ressaquinha e, quando se encontra com o ribeirão do Carmo, forma o rio Doce. Sua área de drenagem é de cerca de 22.000 km². A UPGRH DO1 possui uma população estimada de 686.263 habitantes, distribuídos em 69 municípios, com predominância da população urbana sobre a rural, caracterizando um forte processo de êxodo rural (IGAM, 2009, p. 103).

A rede de drenagem no município de Ponte Nova segundo IGA (1982) e SILVA (2009) é densa. Predominam as direções S-N e W-E ao longo do rio com trechos muito encaixados que se alternam com trechos onde o rio ocupa vale aberto, com várzeas e terraços fluviais. O Piranga forma um grande número de meandros e ilhas, uma vez que seu tecido geológico dissecado gera ambientes marginais que exprimem litologias mais resistentes uma que as outras. Dentre seus afluentes no município citam-se os ribeirões da Cachoeira, Mata - Cães, Vau –Açu e Oratórios (SILVA, 2009).

Para IGA (1982) e SILVA (2009) a região de Ponte Nova foi ocupada anteriormente pela Floresta Tropical Subperenifólia, cujo desmatamento para fins da agricultura, inclusive da cana de açúcar, suprimiu grande parte da cobertura vegetal original, restando hoje pequenos fragmentos desconexos que se encontram degradados sob a forma de matas secundárias, capões e capoeiras.

Os tipos de solos mais encontrados na cidade são os Latossolos vermelho-amarelos distróficos (LVAd) e os Argissolos vermelho eutróficos (PVAe), normalmente ácidos, derivados principalmente da ação intempérica secular sob os gnaisses finos e anfíbolitos (SILVA *et al.*, 1991).

3.2 Metodologia

Para realizar o cálculo do IQA, os profissionais responsáveis por sua elaboração atribuíram a cada parâmetro um peso de qualidade (w_i) relacionado a seu potencial e importância nos corpos hídricos para a sua sadia qualidade e manutenção da vida aquática, cujos valores que variam de 0 a 1 (Tabela 1).

Tabela 1. Peso por parâmetro para o cálculo do Índice de qualidade de Água

Parâmetro	Peso – w_i (Water Indice)
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	0,15
pH	0,12
DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfato total (mg/L PO ₄)	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

Fonte de dados: IGAM.

Determinadas as variáveis que compõem o IQA e seus respectivos pesos, a próxima etapa consiste em equacionar as curvas médias de cada parâmetro, cujos profissionais responsáveis por este índice às desenharam, que conforme seus julgamentos pudessem representar a variação da qualidade da água produzida pelas várias possíveis medidas das diferentes variáveis. As nove curvas empregadas no cálculo do IQA constituíram-se das curvas médias (Figura 3) obtidas pelos especialistas ambientais no estudo em qualidade hídrica (LIBÂNIO, 2008).

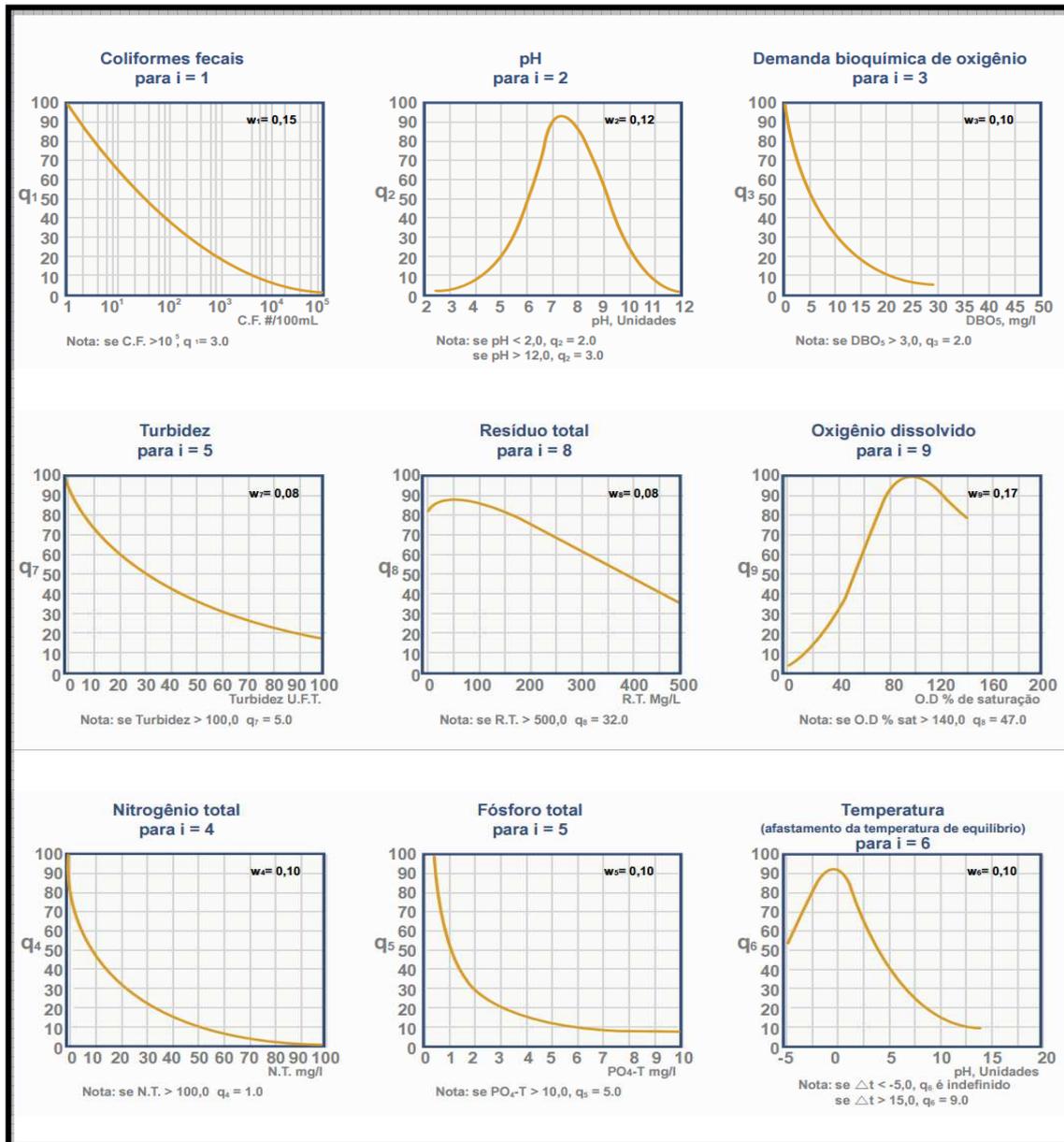


Figura 3. Qualidade do parâmetro *i* obtido através da curva média específica de qualidade. Fonte de dados: IGAM (2011).

Das metodologias disponíveis para o cálculo de IQA, esta pesquisa adotou o IQA multiplicativo, segundo a equação:

$$\text{Onde: } IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (01)$$

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro *i* obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores obtidos a partir da utilização deste índice variam de 0 a 100, os quais correspondem aos níveis de excelente, bom, médio, ruim e muito ruim, detalhados na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de qualidade de água conforme a metodologia do IQA.

Nível	IQA
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Fonte de dados: IGAM (2009).

3.3 Rede de Monitoramento

Tabela 3. Rede de Monitoramento e amostragens

Pontos de Monitoramento			
P01 - Montante do Clube Acabiara – 23K 077065 UTM 7740309.	P02 - Montante do Banco do Brasil – 23K 0718021 UTM 7740769	P03 - Abaixo da Conferpon – 23K 0719595 UTM 7742236.	P04 - Abaixo Ponte da Rasa – 23K 0718971 UTM 7744709
Variáveis analisadas			
DBO5d;20°C, Fósforo total, Fosfato total, Nitrato, Nitrogênio total, Oxigênio dissolvido, pH, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos suspensos totais, Sólidos totais, Temperatura da água, Temperatura ambiente, Turbidez e IQA			
Frequência			
Trimestral (Janeiro de 2014 a Outubro de 2015)			

Fonte de dados: MICRA.

Os diagnósticos que poderão conduzir a descoberta das características quantitativo-qualitativas das águas do Piranga, como já citado obedecem aos parâmetros do IQA. As análises terão seu início no campo, como aborda a NBR 9898 que dispõe sobre as formas de preservação e tempo de análise de cada parâmetro (Tabela 4).

Tabela 4. Preservação e tempo de análise amostral

Parâmetro	Volume Mínimo	Preservação	Prazo de Análise
Oxigênio dissolvido	300 mL	2 mL de solução de sulfato manganoso e 2 mL de solução alcali iodeto-azida	Analisar Imediatamente
Coliformes termotolerantes	100 mL	Tiosulfato	24 horas
pH	200 mL	Resfriar a 4° C	Analisar Imediatamente
DBO	2000 mL	Resfriar a 4° C	7 dias
Nitrato	200 mL	H ₂ SO ₄ até pH < 2. Resfriar a 4° C	48 horas
Fosfato total	1000 mL	Congelar Imediatamente	4 dias
Temperatura (°C)	200 mL	Sem preservação	Analisar Imediatamente
Turbidez	200 mL	Resfriar e manter ao abrigo de luz	24 horas
Sólidos totais	1000 mL	Resfriar a 4° C	7 dias

Fonte: NBR 9898

Em linhas gerais a amostragem (Figura 4) ocorrera a montante do Piranga, em seu curso urbano na cidade de Ponte Nova e a jusante da localidade anteriormente citada. Todos os pontos fazem parte do monitoramento das águas do Piranga realizados pela ASSUVAP e a ONG Puro Verde, sendo que todas as amostras foram coletas em duplicatas, para se alcançar resultados mais fidedignos e confiáveis.

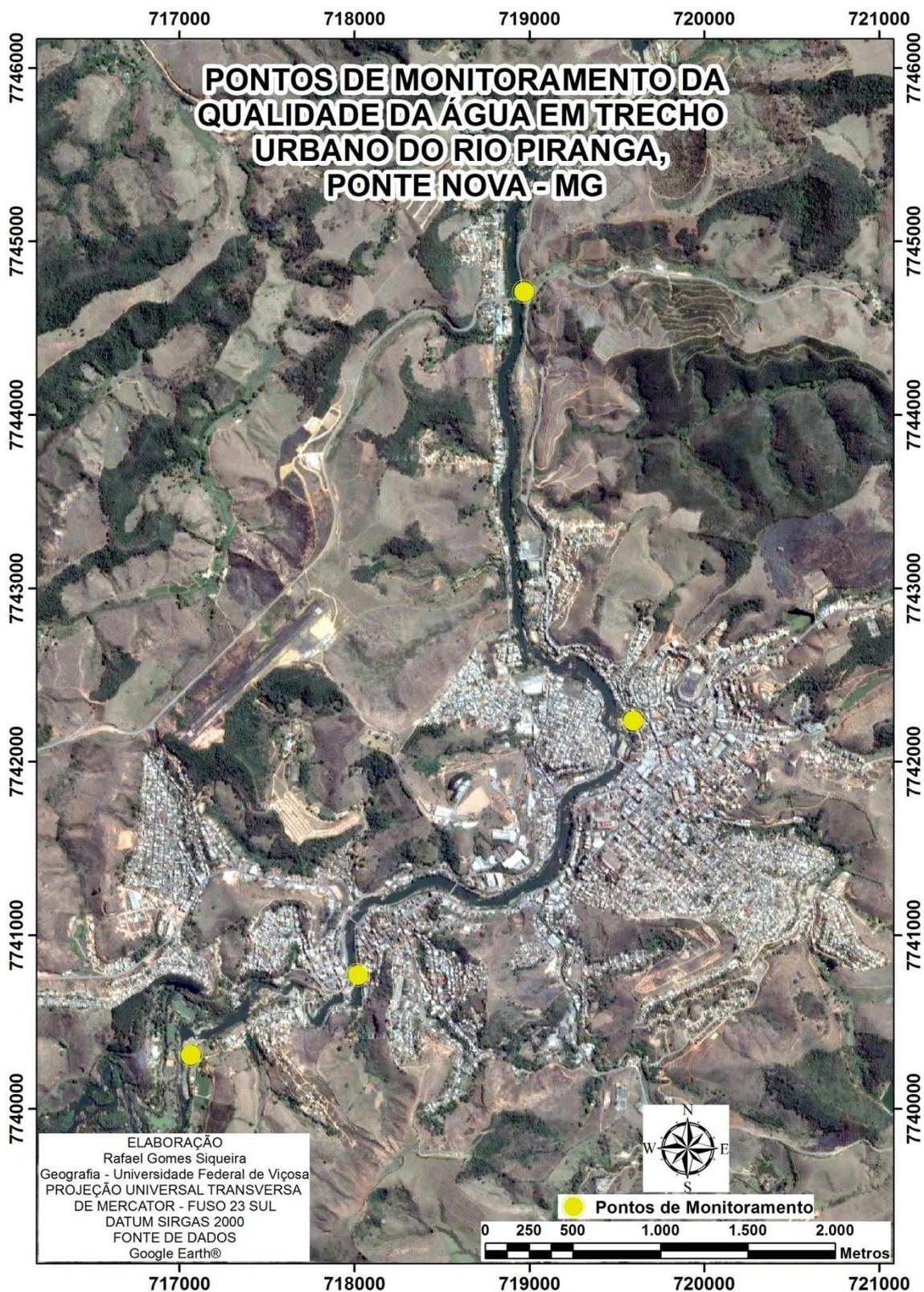


Figura 4. Localização dos Pontos de Amostragem

Conforme a NBR 9898 parâmetros como Oxigênio Dissolvido, pH e temperatura da água devem ser apurados durante a coleta, visto que são parâmetros muito sensíveis à mudanças bruscas das características ambientes (agitação, elevação ou

redução da temperatura durante o transporte para o laboratório) durante todo o processo de amostragem. Esses três indicadores serão lidos através de um aparelho chamado Multiparâmetro HACH, um equipamento de fabricação germânica que possui sondas e sensores que quando introduzidos na água, podem converter a concentração de íons H^+ em pH e concentrações de sais e correntes elétricas através da Sonda de Condutividade Elétrica e uma terceira sonda que é a de Oxigênio Dissolvido, que expressa através de seus sensores a quantidade de oxigênio presente no corpo hídrico durante o momento de coleta. O multiparâmetro também apresenta em suas sondas um termômetro capaz de perpetuar a leitura da temperatura. Em geral o tempo gasto por ponto de coleta é 30 minutos, excedendo esse prazo em caso de anormalidades (problemas com equipamentos, frascaria de coleta incompleta, entre outros) durante a coleta. Após a coleta e a prévia de algumas análises em campo, as amostras seguem para a segunda etapa, as análises em laboratório.

No laboratório as amostras identificadas serão triadas e acondicionadas até o início das análises, utilizando como método balizador os ensaios propostos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Tabela 5).

O parâmetro Coliformes termotolerantes via Collilert é um dos primeiros a serem realizados, uma forma de evitar que ocorra a multiplicação ou a morte deste tipo de bactéria (quando presente), buscando aproximar-se ao máximo das características de campo. Dando sequência às análises, um índice que necessita de um tempo menor de prazo para resultado é a Turbidez, a qual é lida com o equipamento Turbidímetro HANNA. Outro equipamento utilizado é o espectrofotômetro DR 2700 HACH responsável pela leitura dos resultados de Fosfato Total e Nitrato.

Para a aquisição dos Sólidos Totais é necessário encontrar seus elementos formadores, uma vez que este tipo de sólido consiste na soma dos Sólidos Suspensos (é a quantidade de sólidos retida em um papel filtro de $0,45\mu m$) e os Sólidos Dissolvidos Totais (a medição através da Sonda de Condutividade Elétrica de ânions e íons na água com capacidade de conduzir carga elétrica). E por fim a última análise a ser feita consiste na DBO, onde se faz uma leitura no dia de sua preparação e 5 dias após seu acondicionamento numa estufa incubadora.

Tabela 5. Métodos realizados segundo SMEWW 22ª edição

CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO
Amostragem	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª –1060
Determinação de coliformes totais e Escherichia coli Método do substrato enzimático (cromogênico e fluorogênico)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª – 9224 F
Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio – Método respirométrico (20°C, 5 dias)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª Edição - Método – 5210 D
Determinação de fósforo total – Método colorimétrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª edição. Método – 4500 P - B e E
Determinação de nitrato – Método eletrométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª Edição - NO3
Determinação de oxigênio dissolvido – Método Sensor Óptico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª 4500-O
Determinação de pH - Método potenciométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª edição. -Método – 4500 H+ B
Determinação de sólidos totais, sólidos em suspensão totais e sólidos dissolvidos totais.	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ª edição.Método – 2540 B e 2540 D
Determinação de temperatura	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª edição. - Método – 2550 B
Determinação de turbidez – Método nefelométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª edição. Método – 2130 B

Fonte: SMEWW 22ª edição.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo pilares do relatório de Riscos Globais (2012) do Fórum Econômico Mundial, observa-se que a água foi identificada como um dos cinco principais riscos para a saúde social, econômica e ambiental (The Royal Academy of Engineering, 2012).

Assuntos que pautam sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos frequentemente demandam reavaliações dos modos de vida em nível global, uma vez que o problema da escassez e poluição vem assolando o cotidiano, afetando a vida de gerações. Exemplos diariamente são ressaltados, como o emblemático problema das águas do Sistema Cantareira em São Paulo, o derrame de lama provenientes da extração de minérios em Mariana por toda a Bacia do Rio Doce e anteriormente a este fato, a redução drástica da vazão desta bacia, devido a baixos índices de precipitação e constante ocupação de áreas de recarga hídrica, o processo de transposição do Rio São Francisco e a seca de suas nascentes e o progresso acelerado da degradação das principais bacias hidrográficas do Brasil.

Tendo em vista tal contexto, faz-se necessário analisar o Rio Piranga, formador de uma das bacias mais afetadas por impactos ambientais. Este rio, conforme o IGAM (2011) veio a apresentar alguns resultados laboratoriais que demonstram o aumento de bactérias derivadas do esgoto sanitário e de efluentes suinocultores, além de alguns elementos estipulados na portaria que rege água para consumo humano bem acima dos limites permitidos, cabendo assim quantificar e analisar a real qualidade hídrica dos trechos urbanos de Ponte Nova.

4.1 Condições Temporais Durante a Amostragem

A avaliação das condições de tempo anterior e durante a amostragem (Tabela 6) são peças chave para entender a disponibilidade dos parâmetros trabalhados no cálculo do IQA, uma vez que estes sofrem variação em condições mais secas e úmidas. Geralmente nas condições úmidas ocorre elevação de grande parte dos índices, uma vez que o escoamento superficial das águas da chuva acelera a erosão do solo exposto, o qual é lixiviado e pode promover o aumento de parâmetros como Turbidez e Sólidos Totais. Além do mais o escoamento superficial em áreas impermeabilizadas promove drenagem da carga orgânica das ruas e das galerias de esgoto sanitário para os corpos

hídricos, imbricando em índices de DBO e de nutrientes nitrogenados e fosfatados elevados.

Em condições secas, podem ocorrer concentrações mais elevadas de nutrientes fosfatados, nitrogenados, da DBO e dos Coliformes se comparado ao período úmido, uma vez que os esgotos lançam e concentram nos rios todo seu material disponível, que em períodos úmidos seria mais diluído, já o índice de turbidez tende-se a reduzir, uma vez que o material particulado presente tem sua origem relacionada aos efluentes sanitários, cujos materiais podem ser de menor granulometria e biodegradáveis.

Tabela 6. Condições temporais durante as amostragens

1ª Campanha - 10 de janeiro de 2014	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem, chuvas nos 15 últimos dias.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 26,0°C a 30,0°C.
2ª Campanha - 11 de Abril de 2014	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo parcialmente nublado; com correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 24,0°C a 30,0°C.
3ª Campanha - 11 de Julho de 2014	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 22,0°C a 24,0°C
4ª Campanha - 2 de Outubro de 2014	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem, nos 15 últimos dias.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 28,0°C a 29,0°C
5ª Campanha - 22 de Janeiro de 2015	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem, nos 15 últimos dias.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 32,0°C a 33,0°C

Fonte: Micra (continua).

6ª Campanha 29 de Abril de 2015	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo nublado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem, chuvas nos 15 últimos dias.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 23,0°C a 25,5°C
7ª Campanha 10 de Julho de 2015	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado e com poucas nuvens; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 21,0°C a 21,7°C
8ª Campanha 9 de outubro de 2015	
Condições do Tempo no período de amostragem	Tempo ensolarado; sem correntes predominantes de ventos de interesse de amostragem.
Variação temperatura ambiente no período de amostragem	Temperatura ambiente variando entre 24,8°C a 25,0°C

Fonte: Micra (conclusão).

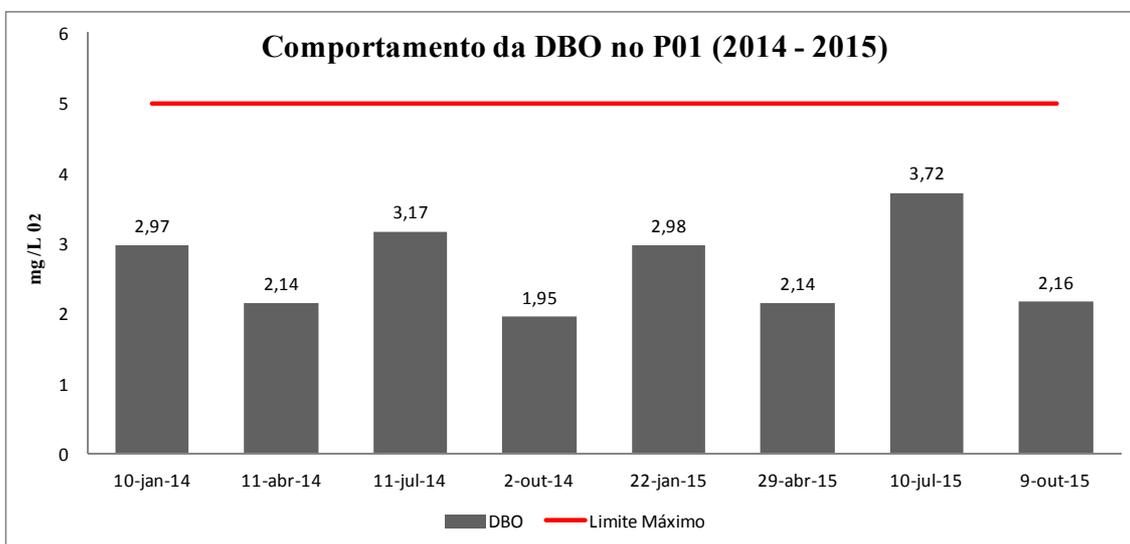
Visualiza-se que durante as amostragens, as condições ambientais foram adversas, apresentando tempo poucas nuvens, céu aberto, e períodos precedidos por chuvas e ventos. Esta análise temporal reflete sobre as variáveis físico-químicas, que se comportam muita das vezes de forma diferenciada em períodos chuvosos e em períodos secos, o que imbrica em maiores ou menores concentrações dos elementos, devido à sua disponibilidade e facilidade de solubilização em meio aquoso.

4.2 Comportamento das Variáveis que Compõem o Cálculo do IQA Durante a Rede Amostral

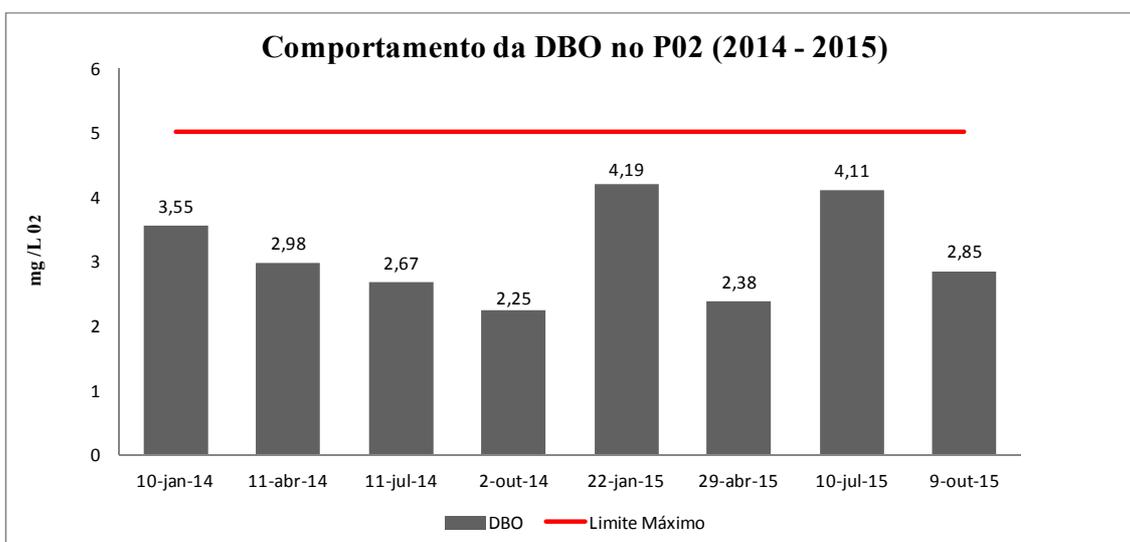
Para melhor compreender a dinamicidade do IQA, faz-se necessário analisar as variáveis que o compõem, tendo os resultados em conjunto expressando o próprio Índice de Qualidade e os dados analíticos por si só caracterizando particularidades que podem influenciar num produto final positivo ou negativo ao índice analisado nesta pesquisa. Através dessa pauta seguem abaixo as sistematizações individuais das variáveis físico-químicas e biológicas e ao final o produtório que poderá quantificar o nível de impacto sobre os trechos urbanos da cidade Ponte Nova (MG). O instrumento jurídico utilizado para comparativo é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM Nº01, de 05 de maio de 2008 (Artigo 14- Padrão para Águas Classe II), que pauta sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio de Minas Gerais, usado pelo IGAM em seu monitoramento na Bacia do Rio Doce.

4.2.1 Comportamento da DBO Durante a Rede Amostral

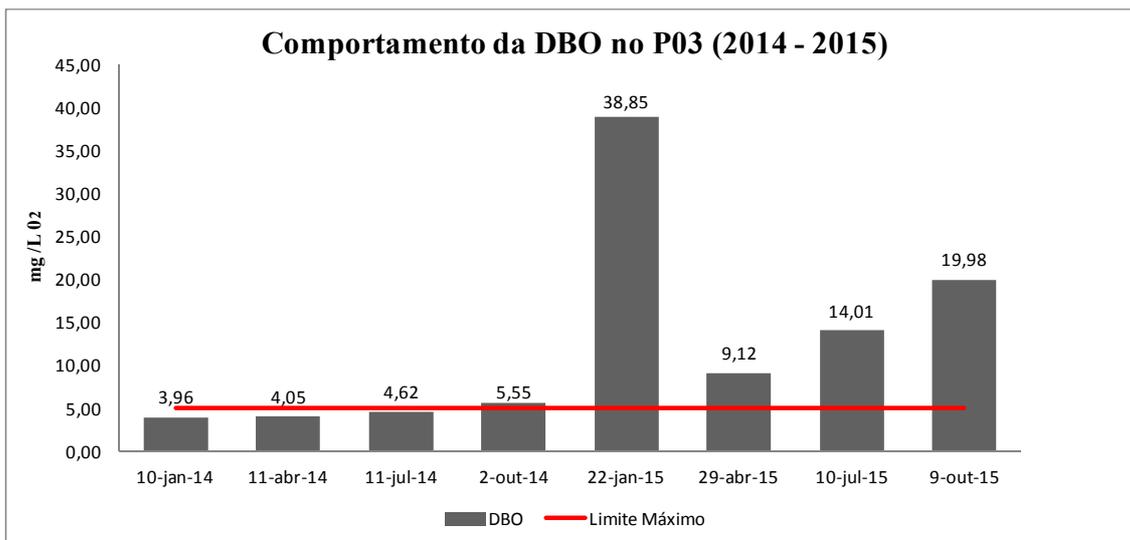
Perante PIVELI *et al.*,(2005) e von Sperling (2007) a principal fonte de matéria orgânica nas águas superficiais da atualidade em sua grande maioria é resultado da descarga de esgotos sanitários, uma vez que em território brasileiro, a maioria absoluta das bacias que compõem os municípios não possui sistema de tratamento de esgotos ou em alguns casos quando possuem estão precarizados. Para von Sperling (2007) uma das formas de quantificação dessa matéria orgânica são através da análise de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio e a DQO (Demanda Química de Oxigênio. Perante uma das visões de von Sperling, seguem os resultados obtidos com a análise de DBO, a partir dos Histogramas 1 ao 4.



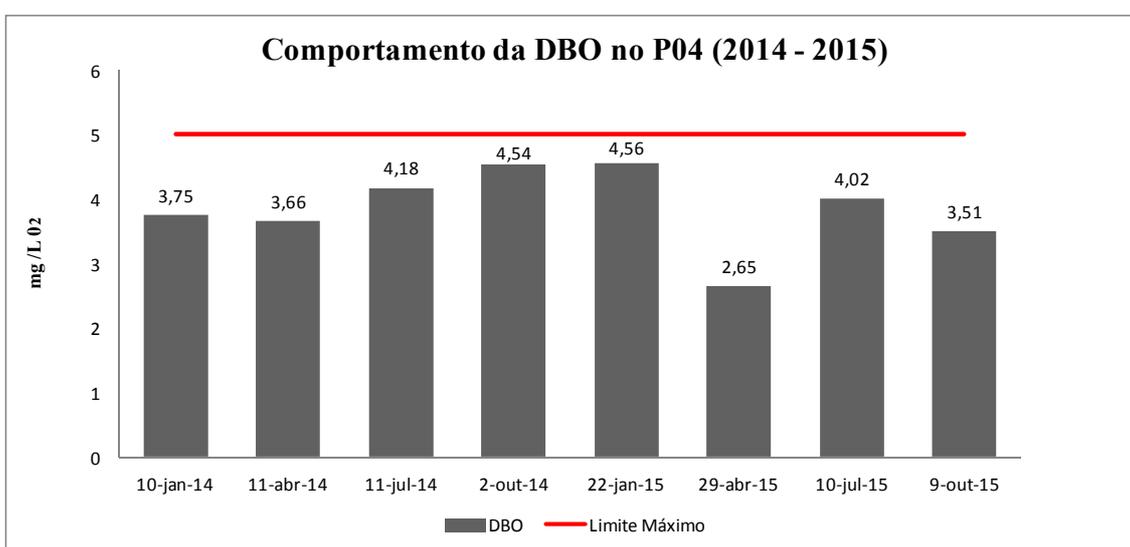
HISTOGRAMA 1. Comportamento da DBO no P01 (2014 - 2015)



HISTOGRAMA 2. Comportamento da DBO no P02 (2014 - 2015)



HISTOGRAMA 3. Comportamento da DBO no P03 (2014 - 2015)



HISTOGRAMA 4. Comportamento da DBO no P04 (2014 - 2015)

Em um esgoto predominantemente doméstico, 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são de natureza orgânica. Estes compostos são constituídos principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de outros elementos como nitrogênio, fósforo, enxofre, ferro, etc. Os principais grupos de substâncias orgânicas encontradas nos esgotos são proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 60%) e óleos e graxas (10%). Outros compostos orgânicos sintéticos são encontrados em menor quantidade como detergentes, pesticidas, fenóis, etc. (Metcalf & Eddy, 1991 *apud* PIVELI *et al.*, (2005)).

Como demonstrado nos gráficos de Demanda Biológica de Oxigênio, todos os resultados que competem a Demanda Biológica de Oxigênio do Ponto 01,02 e 04 no ano de 2014, apresentaram-se em conformidade á portaria a qual se compara os dados

obtidos, onde esta norma expõe como limite tolerável e indicativo de baixo avanço da concentração de matéria orgânica biodegradável valores inferiores a 5 mg/L de O₂. Em face disso, durante as amostragens do ano de 2014, no P01, P02 e P04 tem recebido pouca interferência frente à medida indireta de concentração de matéria orgânica. Contudo, mesmo apresentando resultados favoráveis a portaria que enquadra o Rio Piranga como um corpo hídrico de classe 2, alguns resultados de DBO apresentaram valores próximos ao limite, vide isso, observa-se os dados expressos pelo ponto 04, que representa o último ponto de análise e que recorre como um produto final de todos os lançamentos sobre o rio que se fala.

No entanto os resultados do ponto 03 a partir de 02.10.2014 extrapolaram o limite reconhecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01 de 2008, onde se observa valores de 5,5 mg/L de O₂ a 38,85 mg/L de O₂ (sendo o limite de 5 mg/L de O₂), uma vez que este ponto recebe a sua montante o lançamento das águas do Córrego Manso, o qual capta descarga de efluentes *in natura* de bairros como Paraíso, São Pedro, Guarapiranga, Palmeiras e Vale Verde, além do lançamento de efluentes de estabelecimentos comerciais, como supermercados, açougues e mecânicas. Devido ao intenso lançamento de efluentes, os micro-organismos ali presentes buscando manter seu metabolismo passam a assimilar esse efluente, que de forma direta implica sobre a estabilização e regularização orgânica do corpo hídrico. Estes organismos ficam a cargo de sintetizar elementos biodegradáveis em produtos finais mais estáveis ou mineralizados.

Classificando os pontos amostrais perante a portaria CERH, 2008, observa-se que apenas o P03 apresenta resultados acima do limite permitido, representando avanço da poluição hídrica, frente ao dado de DBO, representando um ponto anormal diante aos demais dados do corpo hídrico. Para PIVELI *et al.*, (2005) quanto maior for a quantidade de matéria orgânica biodegradável nas amostras, maior será o consumo de oxigênio durante os 5 dias de incubação e, portanto, maior será o valor da DBO. Já o último ponto de monitoramento, mesmo apresentando alguns resultados próximos ao limite da norma, apresentaram características que permitem salientar que o Rio Piranga perante ao índice da DBO, tem capacidade de decompor a matéria orgânica ao decorrer de seu percurso, o que von Sperling caracteriza como auto-depuração.

4.2.2 Comportamento do Fósforo Total Durante a Rede Amostral

Segundo o 1º Relatório Trimestral de 2011 do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que dispõe sobre Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas, a Bacia do Rio Doce encontrava-se num grupo de bacias com alguns parâmetros físico-químicos e biológicos acima dos limites especificados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/08 que se traduz no avanço do processo de deterioração dessa unidade hídrica (bacia) e conseqüentemente em rios cada vez mais contaminados. Dentre estes valores, os resultados de Fósforo Total se sobressaem.

A disponibilidade do elemento fósforo no ambiente de forma natural está relacionada à dissolução de rochas que possuem este elemento em sua estrutura química (caso da Apatita), nos excrementos de animais selvagens (guano), na composição celular dos organismos e da síntese da matéria orgânica pelos microrganismos. Já sua origem antropogênica está relacionada ao uso de fertilizantes fosfatados na agricultura, das excretas de animais domésticos ou para consumo humano, nos detergentes e principalmente nos despejos industriais e domésticos. Mesmo o fósforo total não sendo considerado para o cálculo de IQA é importante averiguar sua disponibilidade no ambiente, uma vez que é um elemento indicador de lançamento de efluentes no corpo hídrico, e valores elevados podem promover a eutrofização em corpos hídricos. Perante SMITH & SCHINDLER (2009), a eutrofização⁴ pode contribuir à alteração de alguns parâmetros, tais como o sabor, na turbidez, odor, cor da água e a baixos índices do oxigênio dissolvido, culminando no crescimento excessivo de plantas aquáticas (macrófitas), mortandade da mesofauna aquática menos tolerante, além do comprometimento das condições mínimas para o lazer na água. A tabela 7 proposta por PIVELI *et al.*, (2005) relaciona o nível trófico de lagos e reservatórios com as concentrações de fósforo total.

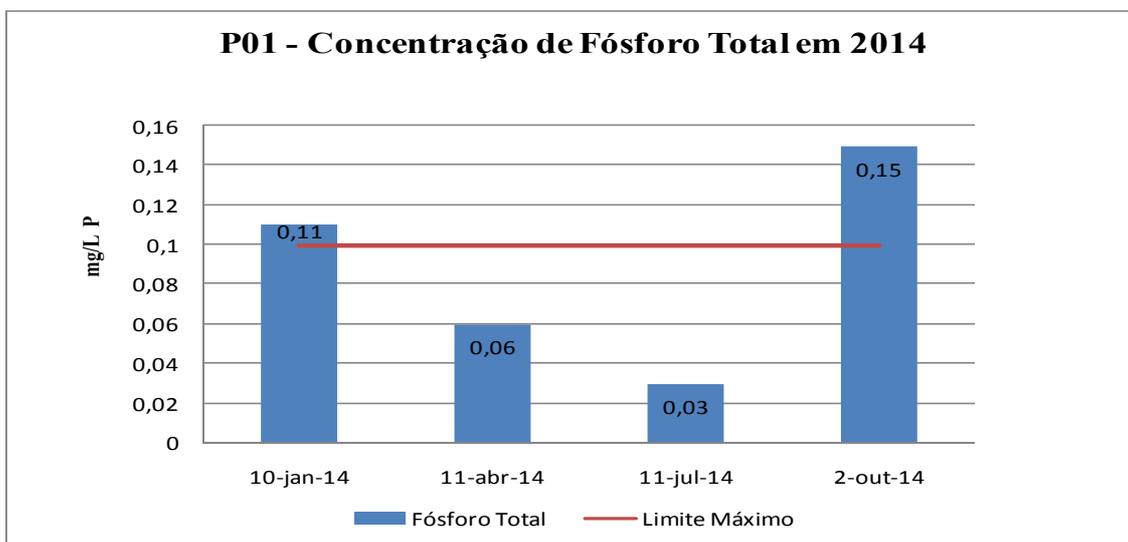
⁴ Segundo SMITH & SCHINDLER (2009) a formação da palavra eutrofização tem origem grega, onde “eu” significa “bem” e “trophein” significa “nutrir”, ou seja: bem nutrido. Consiste então o vocábulo eutrofização, no aumento anormal de nutrientes no corpo hídrico, podendo estes elementos advir da lixiviação de insumos agrícolas (fertilizantes), dos surfactantes aniônicos utilizados em limpezas, nos efluentes industriais e domésticos entre outros.

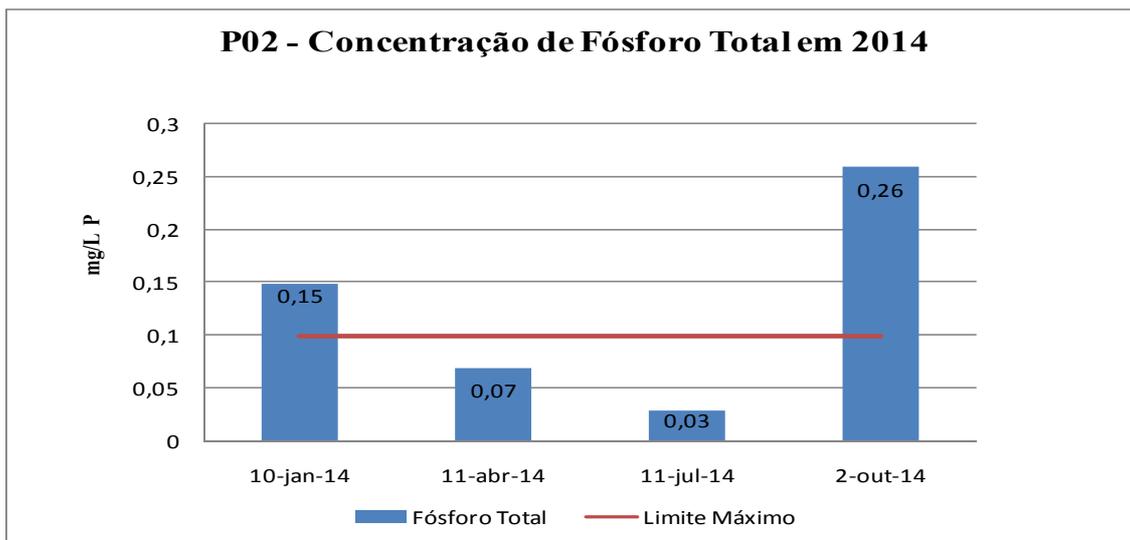
Tabela 7. Nível Trófico de Lagos e Reservatórios perante concentrações de Fósforo Total

Nível	PT (mg/L)	Clorofila (µg/L)
Oligotrófico	< 0,010	< 2,5
Mesotrófico	0,010-0,035	2,5-8,0
Eutrófico	0,035-0,100	8,0-25,0
Hipereutrófico	> 0,100	> 25

Fonte: PIVELI *et al.*, (2005) - Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos

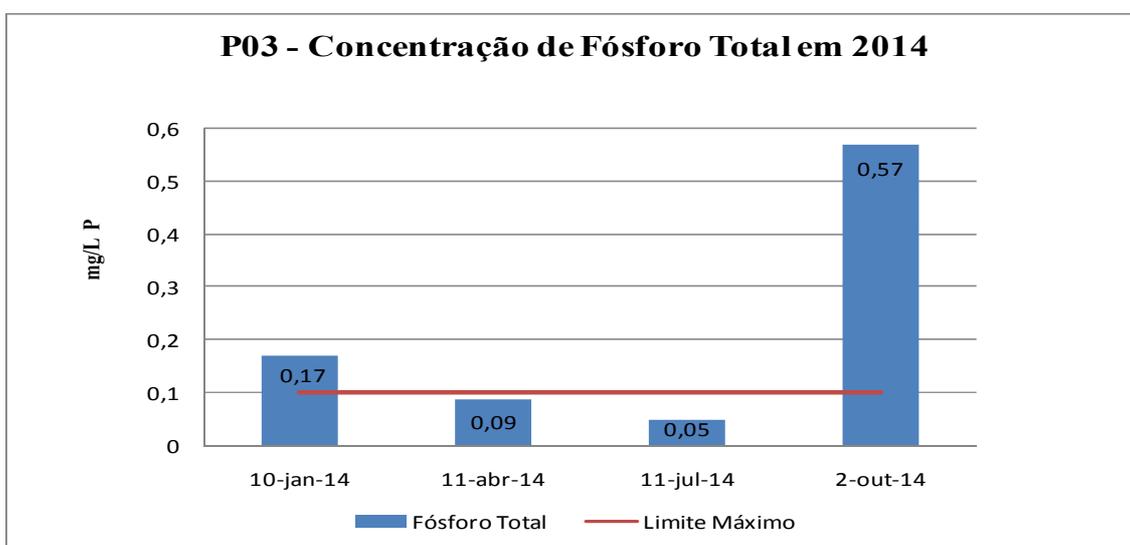
Segundo PIVELI *et al.*, (2005) , quando o nível hipereutrófico é atingido, ocorre o crescimento desordenado de algas e de plantas aquáticas maiores (macrófitas), prejudicando os usos múltiplos que poder-se-iam ocorrer daquele recurso hídrico, além disso, estas macrófitas podem gerar um habitat adequado aos planorbídeos, que podem ser hospedeiros do verme que causa a esquistossomose (gênero *Biomphalaria*) .

**HISTOGRAMA 5.** Comportamento do Fósforo Total no P01 em 2014

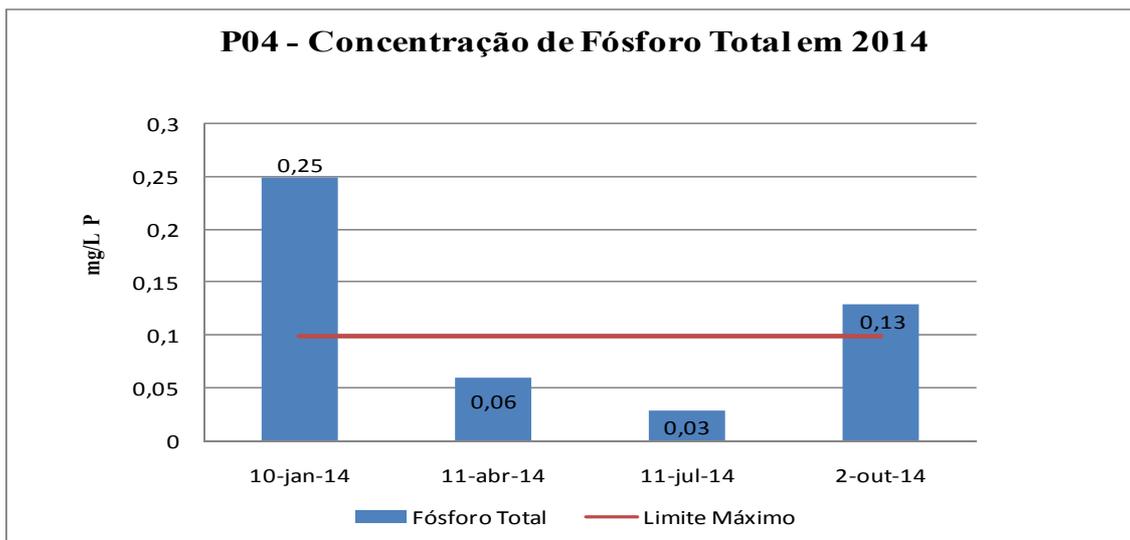


HISTOGRAMA 6. Comportamento do Fósforo Total no P02 em 2014

Visualizando os resultados obtidos de Fósforo Total para os pontos 01 e 02 e como objeto de comparativo a norma CERH de 2008, que estabelece que corpos hídricos de classe 2 lóticos devam apresentar resultados de fósforo abaixo do valor limítrofe de 0,10 mg/L . Através disso, fica evidenciado que em metade das amostragens realizadas no P01 e no P02 apresentaram valores que violam a norma. Os resultados altos são observados em períodos chuvosos, evidenciando o processo de carreamento e lixiviação deste nutriente a montante de Ponte Nova, onde ocorrem cultivos múltiplos e lançamento de efluentes domésticos e industriais, culminando em índices elevados no P01. Já o P02 tem demonstrado valores também altos, uma vez que recebe toda a carga de nutrientes do P01 somada ao lançamento do esgoto sanitário do bairro Copacabana que contara com quase 400 habitantes (IBGE, 2010).

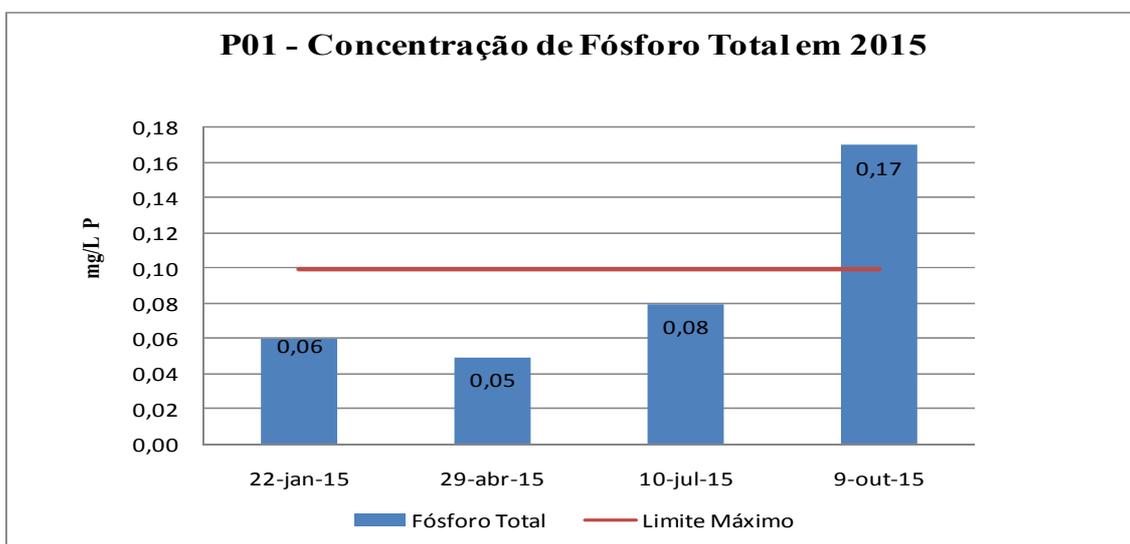


HISTOGRAMA 7. Comportamento do Fósforo Total no P03 em 2014

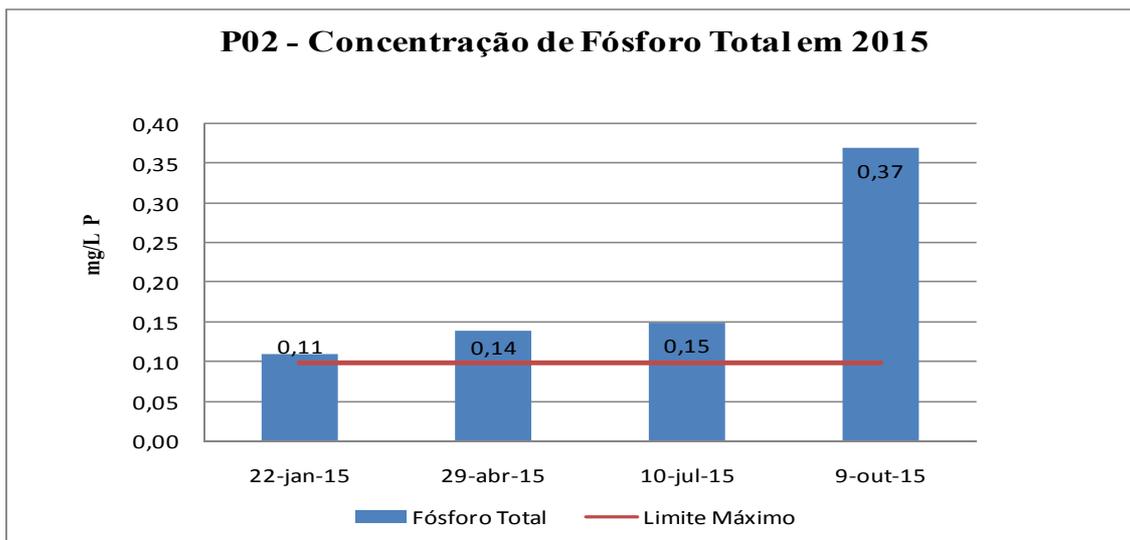


HISTOGRAMA 8. Comportamento do Fósforo Total no P04 em 2014

Permanecendo a análise no ano de 2014, observam-se resultados também elevados para fósforo nos meses de Janeiro e Outubro no P03 e P04, que como já salientado culminam em meses onde as amostragens foram precedidas por dias chuvosos, onde a drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água (ANA, 2012), além dos despejos sanitários e industriais que também somam para elevar os teores do fósforo no ambiente.

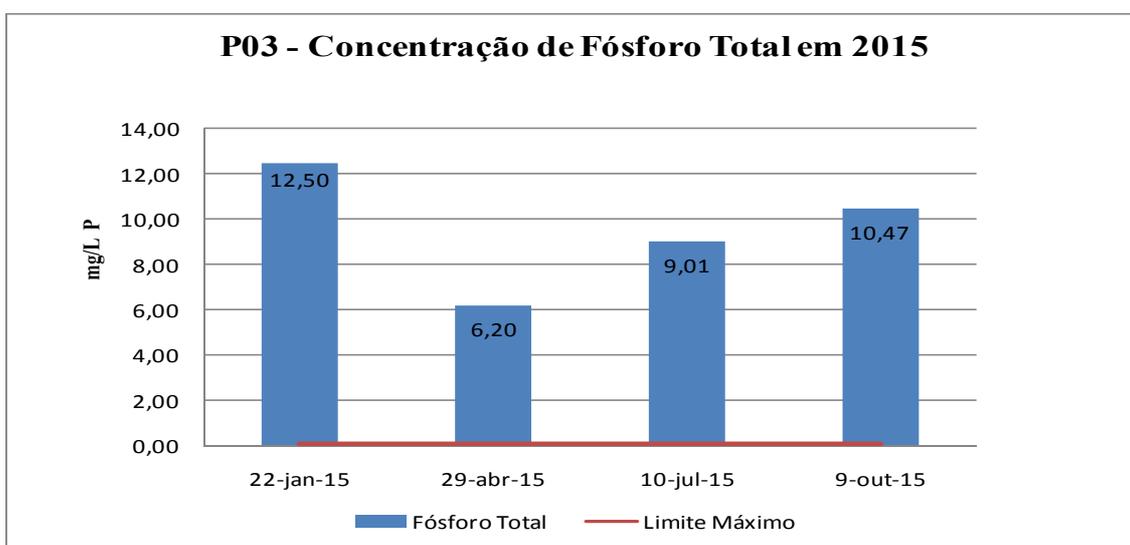


HISTOGRAMA 9. Comportamento do Fósforo Total no P01 em 2015

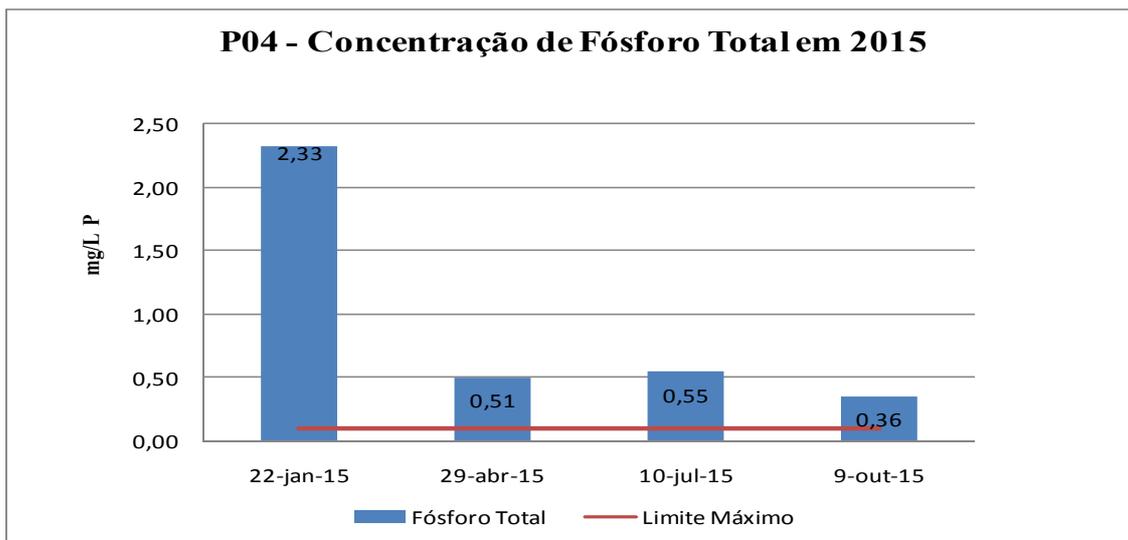


HISTOGRAMA 10. Comportamento do Fósforo Total no P02 em 2015

O ano de 2015 foi drasticamente afetado pelo predomínio de massas de ar secas, que resultaram em índices baixíssimos de precipitação. Através da queda da pluviosidade normal nos meses de dezembro e março reduz-se gradativamente o processo de lixiviação dos compostos fosfatados do solo, contudo devido ao baixo índice de chuvas a diluição dos efluentes lançados diretamente nos corpos hídricos fica afetada, imbricando numa maior concentração de nutrientes na água, como se observa nos gráficos do P02, P03 e P04. Como evidência de tal incidente é notório os altos índices de fósforo no P03, localizado a jusante do encontro do Córrego Manso com o Rio Piranga, esse primeiro é enriquecido pelo lançamento de esgoto sanitário dos maiores bairros de Ponte Nova e no P04, que recebe toda a carga lançada nos pontos amostrais anteriores.



HISTOGRAMA 11. Comportamento do Fósforo Total no P03 em 2015



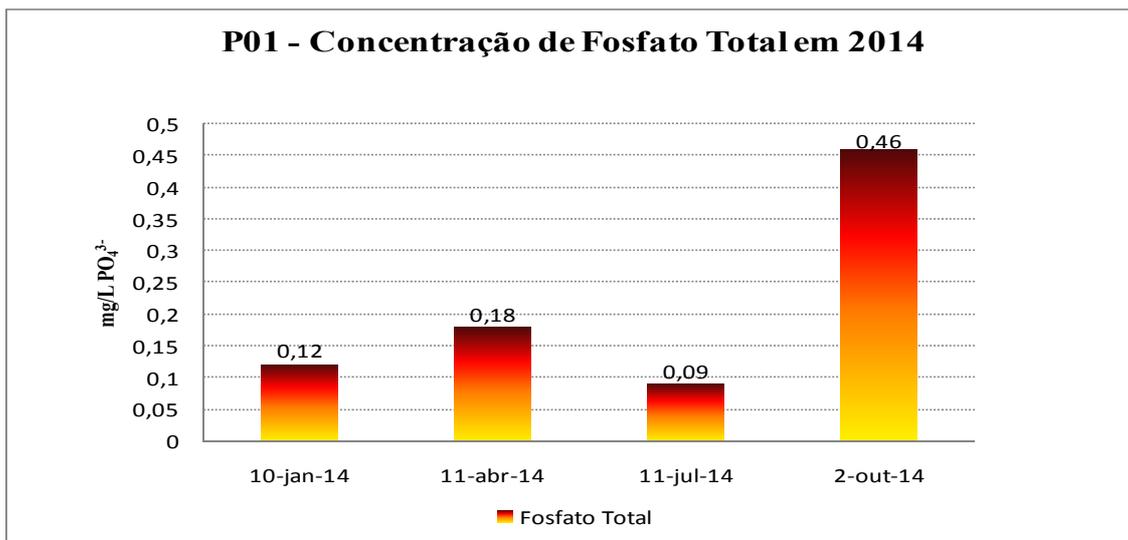
HISTOGRAMA 12. Comportamento do Fósforo Total no P04 em 2015

Mesmo sendo constatados que os resultados de Fósforo Total estejam acima do limite estipulado pela norma, os índices decaem quando chegam ao último ponto de coleta (P04) se comparado a pontos a seu montante. O que reflete que ao decorrer do percurso hídrico o Fósforo tem sido diluído, representando assim menores concentrações no último ponto amostral se comparado ao ponto amostral anterior.

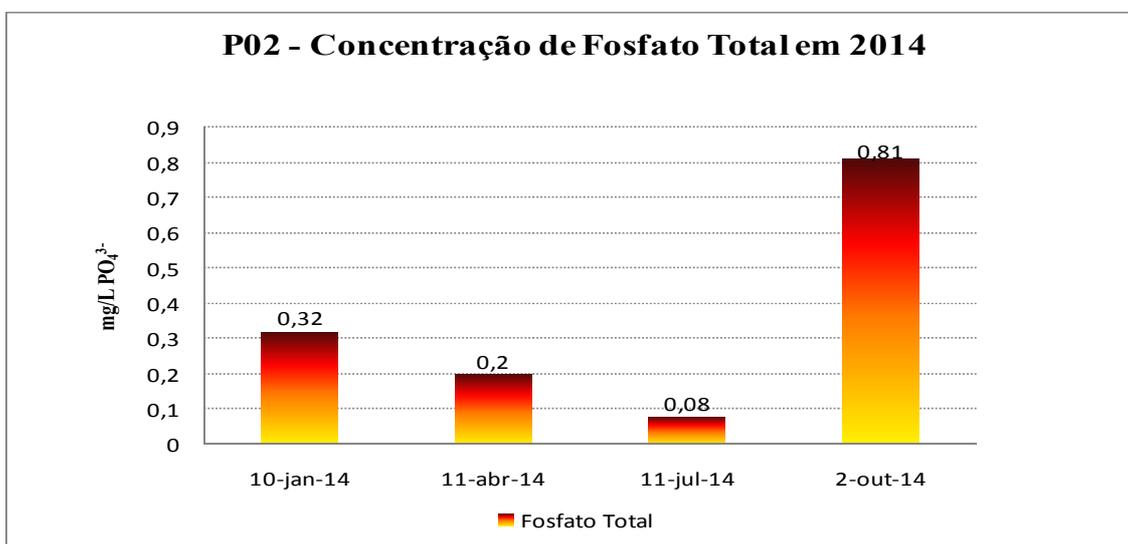
Conquanto, os resultados analíticos obtidos de Fósforo total permanecem a apontar gradientes tróficos considerados elevados para a rede de monitoramento. Os dados apontam que as contribuições de Fósforo para os cursos d'água são consideradas elevadas e tal riqueza de matéria orgânica disponível como nutriente é um fator preponderante para formações de *blooms* de Cianobactérias e de vegetação macrófita principalmente em locais onde os cursos d'água assumem o Comportamento lântico, como reservatórios de Usinas Hidrelétricas, represamentos, braços e outros impactos hidrogeológicos.

4.2.3 Comportamento do Fosfato Total Durante a Rede Amostral

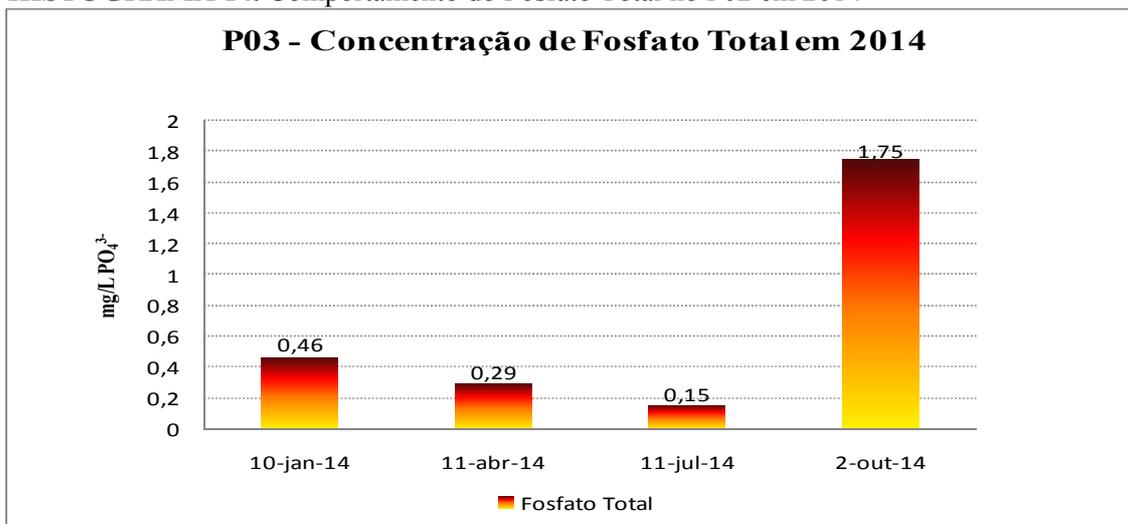
Como no Fósforo, a origem natural do Fosfato se insere sobre os ciclos das rochas e o intemperismo das mesmas, além disso, este segundo elemento se insere como produto da degradação da matéria orgânica e inorgânica pelos micro-organismos, ficando muitas das vezes retidas pelo Ferro (ESTEVES 1998).



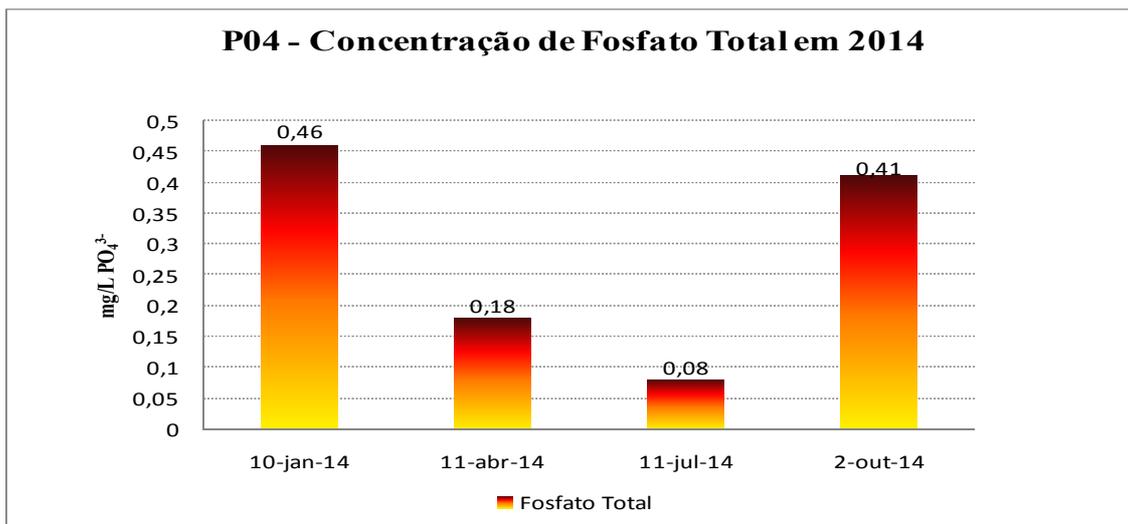
HISTOGRAMA 13. Comportamento do Fosfato Total no P01 em 2014



HISTOGRAMA 14. Comportamento do Fosfato Total no P02 em 2014

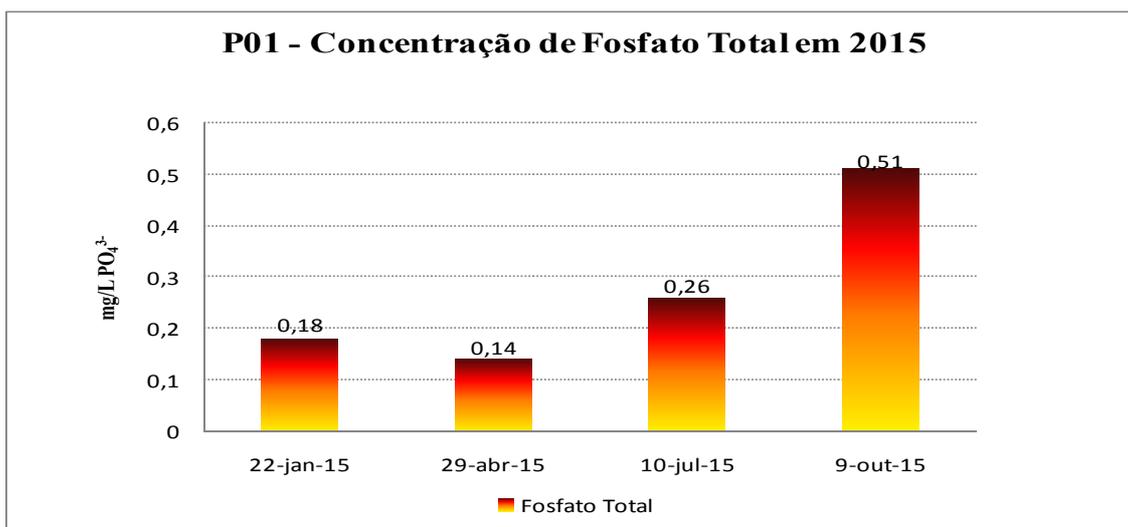


HISTOGRAMA 15. Comportamento do Fosfato Total no P03 em 2014

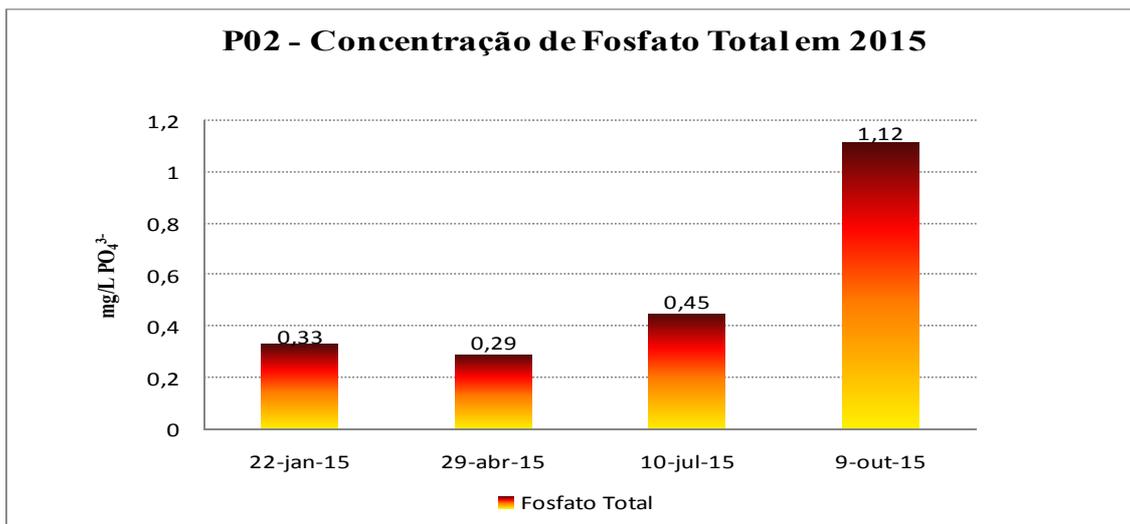


HISTOGRAMA 16. Comportamento do Fosfato Total no P04 em 2014

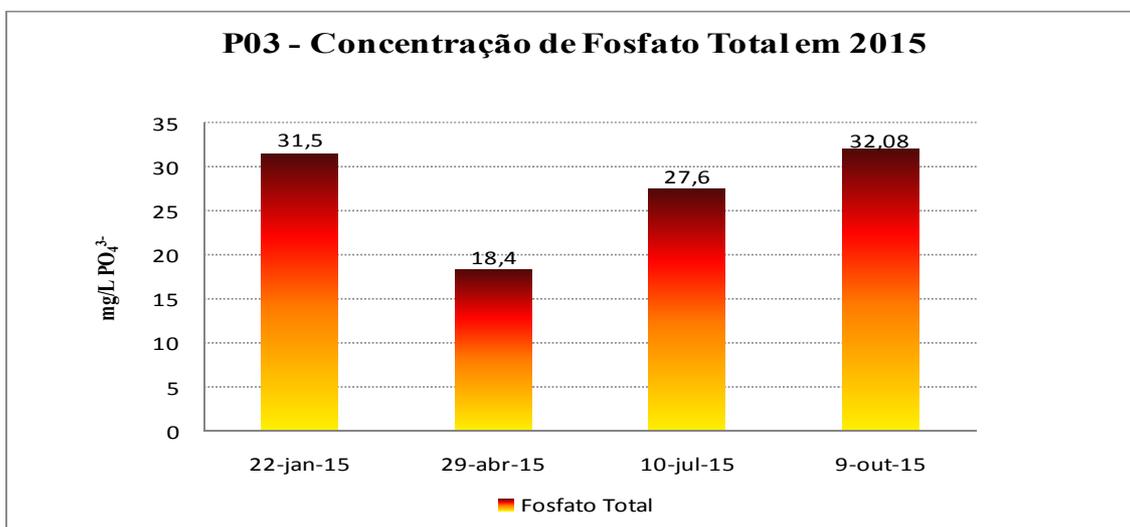
A norma CERH de 2008 não estipula valores máximos toleráveis para o Fosfato total, contudo o Fósforo, formador dessa molécula possui valores muito bem delimitados, cabendo então como potencial maior de avanço da degradação hídrica, observar a variação sazonal do fósforo, uma vez que este é adsorvido pela mesofauna aquática em menor quantidade, já o fosfato que como aborda ESTEVES (1998) em sua grande parte pode ser precipitado nos sedimentos e não retornar ao metabolismo aquático ou estar na fração fosfato orgânico dissolvido, “que é rapidamente decomposto pelos micro-organismos e reassimilado pela comunidade fitoplanctônica” (ESTEVES 1998, p. 87).



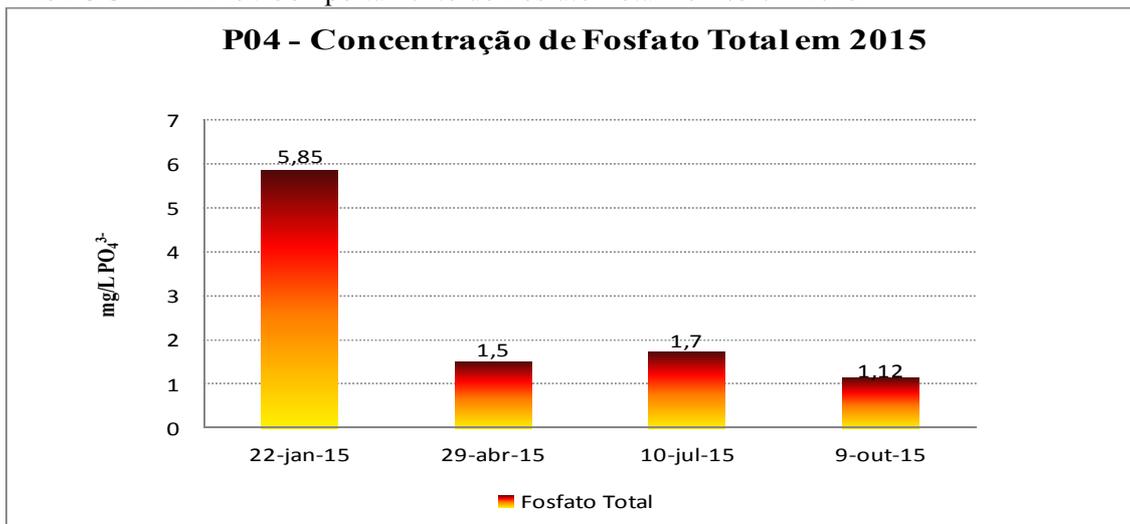
HISTOGRAMA 17. Comportamento do Fosfato Total no P01 em 2015



HISTOGRAMA 18. Comportamento do Fosfato Total no P02 em 2015



HISTOGRAMA 19. Comportamento do Fosfato Total no P03 em 2015



HISTOGRAMA 20. Comportamento do Fosfato Total no P04 em 2015

Através da análise dos dados constatados em laboratório, verifica-se que em grande parte das amostragens ocorre uma maior concentração de Fósforo total no P03 e

de Fosfato no P04. Isso sobrevém pelo fato do P03 localizar-se próximo á grandes lançamentos de efluentes domésticos, resultando numa quantidade maior de fósforo na coluna d'água. Já o P04 expressa maior quantidade de Fosfatos, uma vez que o corpo hídrico tem capacidade de sedimentar o material rico em fósforo ao longo da bacia e retorna-lo para o ambiente como fosfato em condições/ambientes onde adsorção é reduzida e a atividade planctônica é acelerada. Os resultados dão visibilidade á uma ligeira elevação dos resultados nos meses onde ocorre maior pluviosidade, o que destaca a influência do escoamento superficial e lixiviação no aumento gradativo destes elementos no ambiente hídrico.

4.2.4 Comportamento do Nitrogênio Total Durante a Rede Amostral

Perante ESTEVES (1998) e von Sperling (2007) o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Sua elevada concentração é devido sua disponibilidade em diversas proteínas, composição celular dos micro-organismos , de compostos biológicos, e de grande parte da matéria orgânica. Além disso, von Sperling (2007) , salienta outras importâncias sobre o nitrogênio:

- Ser indispensáveis para o crescimento de vegetais e organismos, uma vez que é usado na síntese de aminoácidos. E se constatados resultados elevados desse parâmetro e de fósforo total, podem fornecer ambiência para o crescimento anormal e exagerado de organismos que podem resultar no aumento da toxicidade do ambiente.
- Resultados elevados de Nitrato (NO_3^-) podem causar a síndrome do bebê azul (metemoglobinemia).

As crianças pequenas são mais susceptíveis que os adultos à formação de metemoglobina, devido a fatores como: (a) sua ingestão total de líquidos por kg de peso corporal é cerca de 3 vezes maior que a do adulto. (b) a secreção gástrica ácida é incompleta e faz com que o pH estomacal fique entre 5 e 7, o que permite a adaptação de bactérias redutoras de NO_3^- à parte alta do trato gastrointestinal e assim o nitrito resultante é absorvido; (c) a hemoglobina fetal (hemoglobina F) é mais facilmente convertida à metemoglobina do que a adulta (hemoglobina A) e as crianças pequenas têm consideráveis quantidades da hemoglobina F; (d) as crianças menores, por deficiência de algumas enzimas, têm maior dificuldade para reduzir a metemoglobina (FERNÍCOLA & AZEVEDO, 1981).

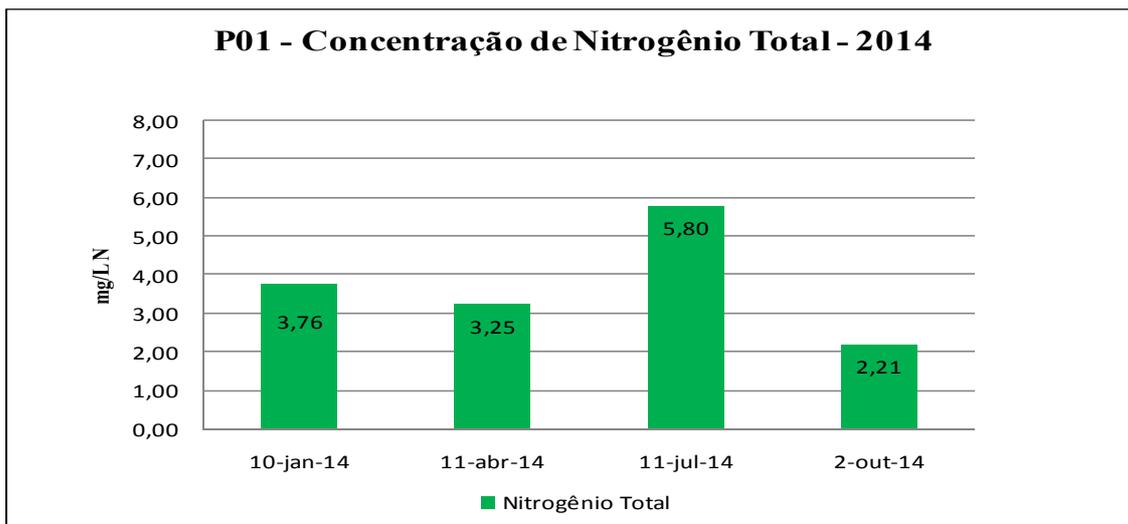
- Nos processos de conversão da amônia a nitrito (por um grupo de bactérias nitrificadoras denominadas *Nitrossomonas*) e do nitrito para nitrato (nitrificação pelas bactérias *Nitrobacter*) ocorre a oxidação do nitrogênio, imbricando no consumo de oxigênio dissolvido do ambiente (corpo hídrico), que pode culminar no metabolismo da mesofauna aquática e exclusão de várias espécies em condições onde o oxigênio seja consumido rapidamente por este ciclo;
- Diferentes estágios do ciclo do nitrogênio podem dar a indicação do grau de poluição e fixação dos compostos nitrogenados. Portanto quando a poluição for recente, ocorre maior teor de nitrogênio orgânico e amoniacal que de acordo com o pH do meio pode adquirir alta toxicidade forma mais tóxica, como demonstra a tabela 8.

Tabela 8 - Valor máximo de Nitrogênio Amoniacal - Águas de Classe 2

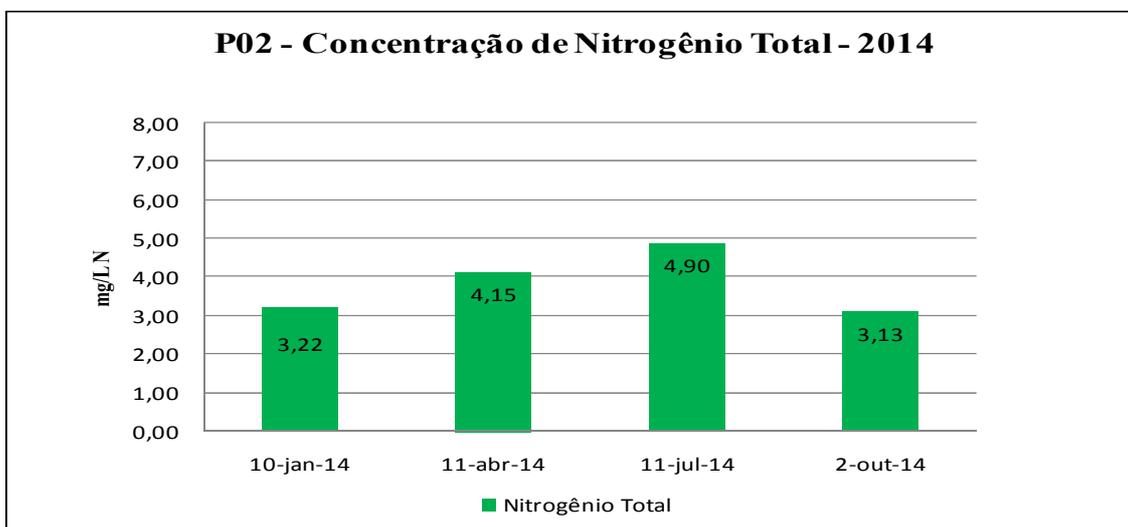
Nitrogênio Amoniacal (mg/L N-NH₃)	Faixa de pH
3,7	< 7,5
2,0	7,5 a 8,0
1,0	> 8,0
0,5	> 8,5

Fonte: DN Conjunta COPAM e CERH 001/2008.

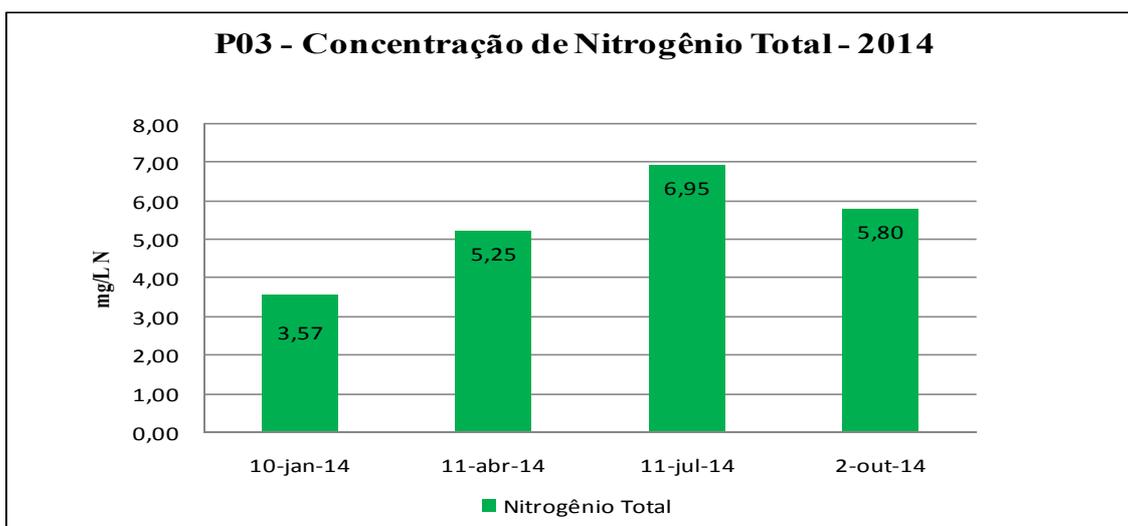
No meio aquático o nitrogênio possui diversas formas, como o nitrato (NO₃⁻), o nitrito (NO₂⁻), a amônia (NH₃), o íon amônio (NH₄⁺), o óxido nitroso (N₂O), o nitrogênio molecular (N₂), o nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, amina, aminoácidos, entre outros), o nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), entre outras formas. Conforme von Sperling (2007) as origens artificiais do nitrogênio estão inseridas no lançamento de efluentes sanitários e industriais, dejetos de animais e fertilizantes nitrogenados. Por ser um elemento comum no ambiente, a CERH 2008 não estipula valores máximos toleráveis para este parâmetro, cabendo então avaliar a sazonalidade do parâmetro durante as amostragens.



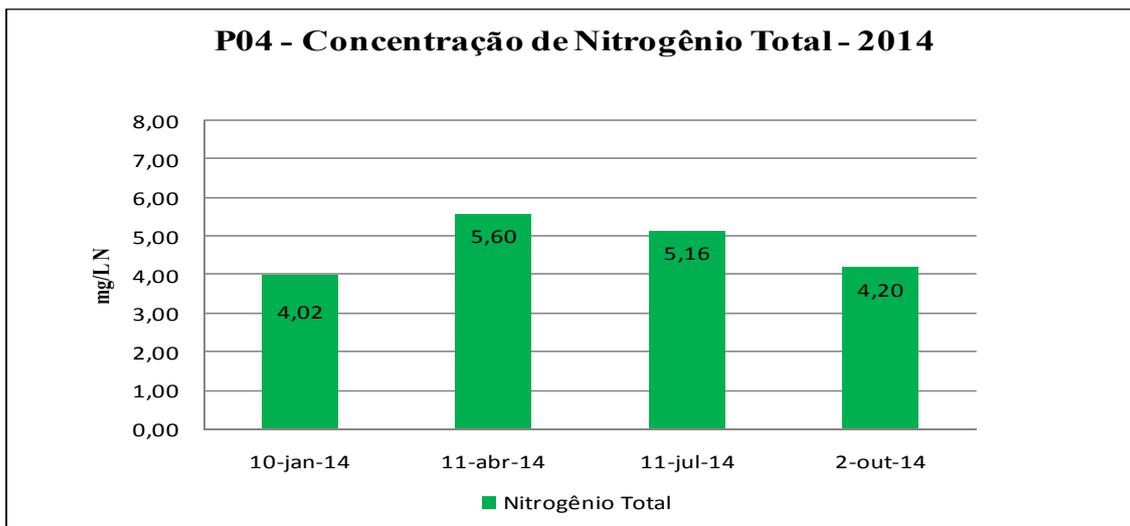
HISTOGRAMA 21. Comportamento do Nitrogênio Total no P01 em 2014



HISTOGRAMA 22. Comportamento do Nitrogênio Total no P02 em 2014



HISTOGRAMA 23. Comportamento do Nitrogênio Total no P03 em 2014

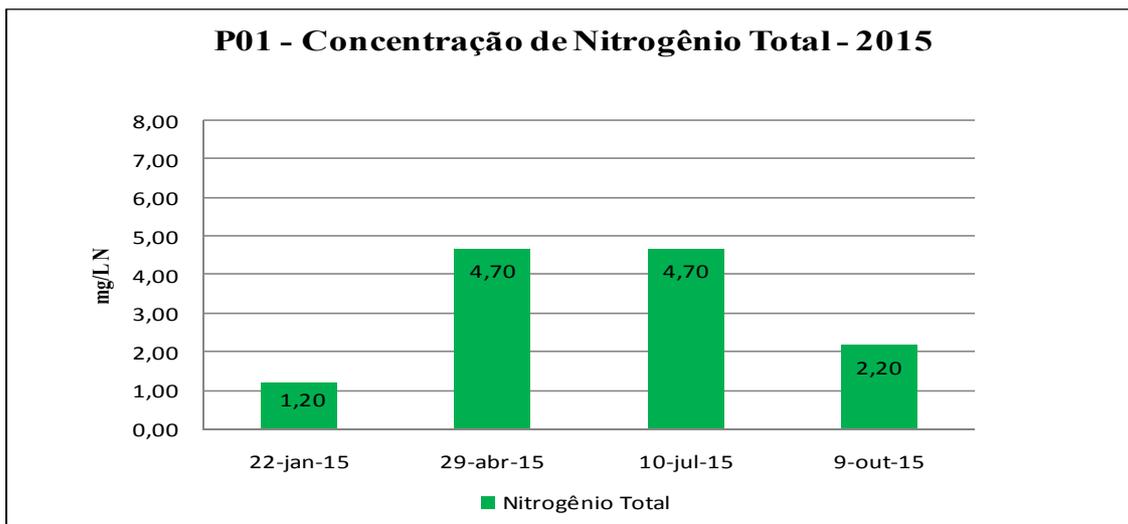


HISTOGRAMA 24. Comportamento do Nitrogênio Total no P04 em 2014

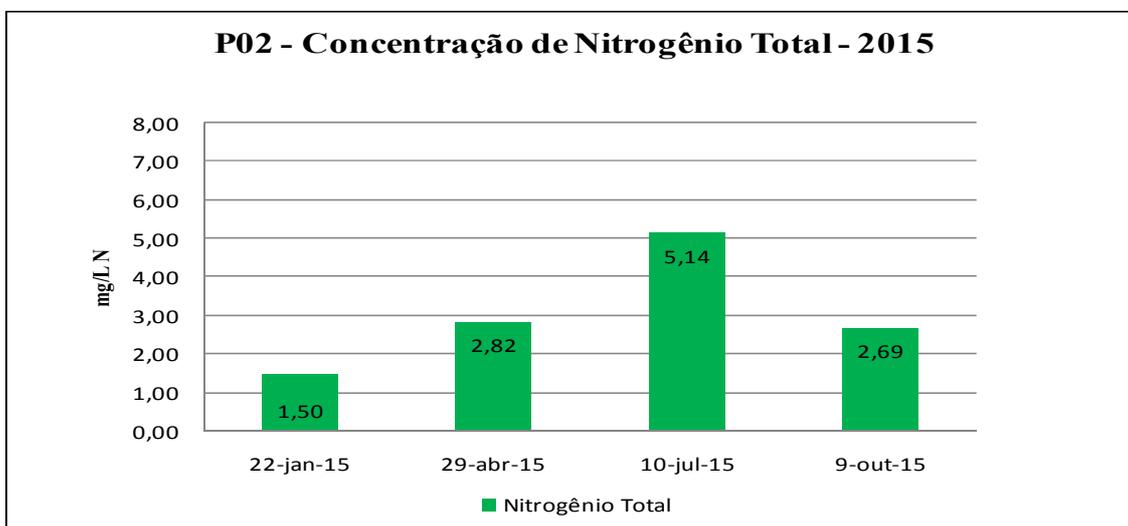
Durante as amostragens do ano de 2014, os resultados do dia 11.07 destoaram de forma significativa das demais amostras. Esta situação pode estar relacionada à baixa pluviosidade do período, concentrando nos corpos hídricos grande quantidade de matéria orgânica de origem animal e sanitária, que culmina no crescimento anormal de organismos procariontes. Outra característica desta situação é a cor esverdeada dos corpos hídricos.

Os organismos procariontes (bactérias e algas cianofíceas) possuem a capacidade de transformar o nitrogênio molecular em nitrogênio proteico, isto é, são capazes de fixá-lo. Em ambientes aquáticos, estes organismos podem ser tanto de vida livre, como podem viver em simbiose, ou semi-simbiose com plantas aquáticas superiores. Na grande maioria dos ecossistemas aquáticos, além de alguns gêneros de bactérias (os gêneros Clostridium e Azotobacter), vários gêneros de algas cianofíceas dispõem do sistema enzimático necessário para a fixação do nitrogênio molecular. Dentre as algas cianofíceas, destacam-se várias espécies planctônicas e perifíticas dos gêneros Nostoc, Anabaena e Aphanizomenon e a espécie Anabaena azollae, que vive em simbiose com macrófitas aquáticas do gênero Azolla (ESTEVEZ, 1998, p. 75).

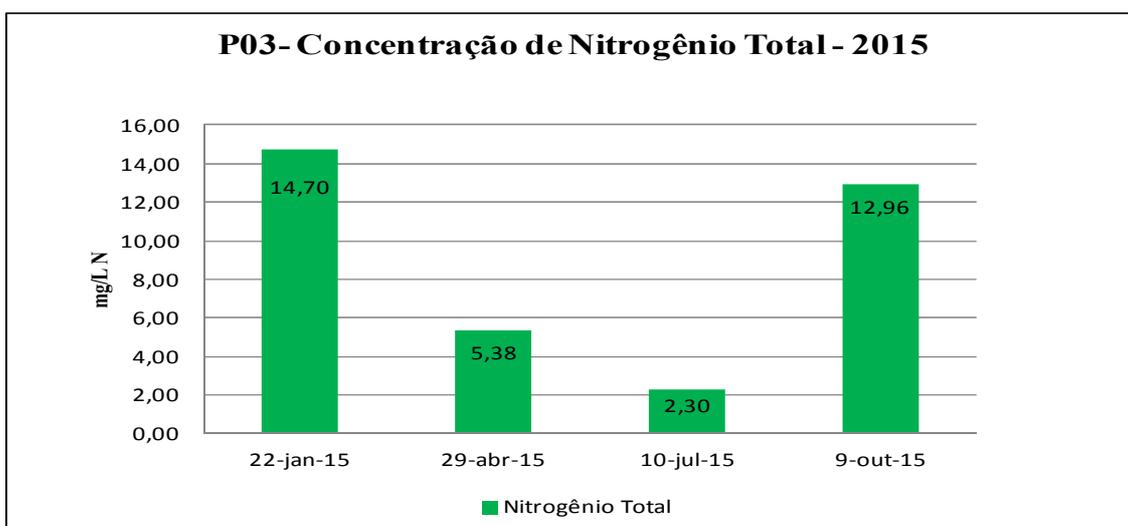
No processo de fixação do nitrogênio molecular, pelos organismos procariontes (algas e bactérias), o primeiro produto formado é a amônia, caracterizando um processo redutor. Dados secundários demonstram também o aumento dos teores de amônia durante o período amostral, indicando estágios ainda iniciais de assimilação nitrogenada. É notória também a presença de valores superiores aos demais pontos de monitoramento no P03, que pelas características físico-químicas tem recebido maior teor de despejos antrópicos e assim mais impacto, refletindo em valores acima dos demais.



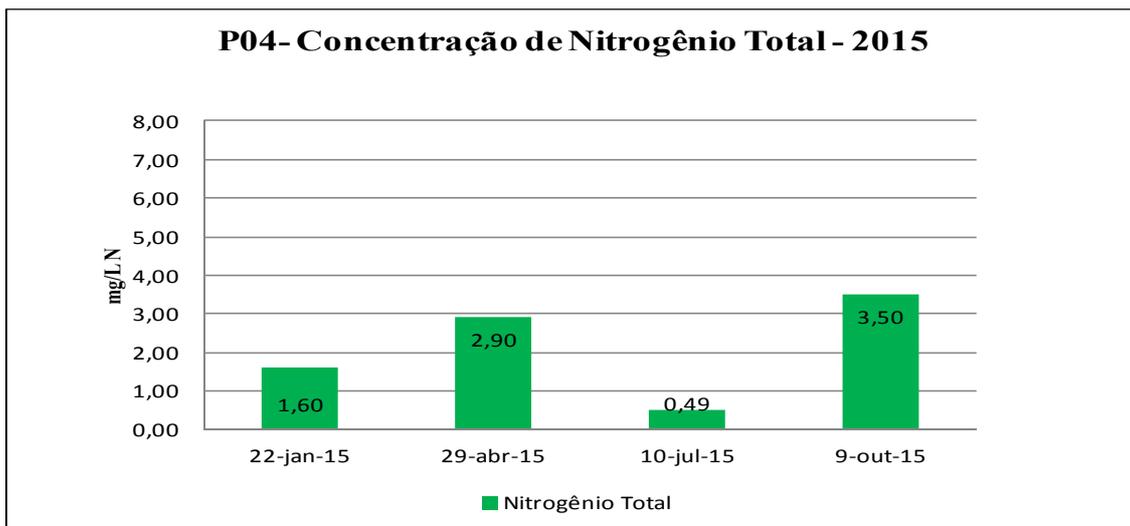
HISTOGRAMA 25. Comportamento do Nitrogênio Total no P01 em 2015



HISTOGRAMA 26. Comportamento do Nitrogênio Total no P02 em 2015



HISTOGRAMA 27. Comportamento do Nitrogênio Total no P03 em 2015



HISTOGRAMA 28. Comportamento do Nitrogênio Total no P04 em 2015

Para o ano de 2015, identificou-se que o nitrogênio teve seus índices reduzidos, se comparados ao ano de 2014 nos P01, P02 e P04. Este fato nos leva a concluir que nestes ambientes o elemento foi mais bem assimilado na cadeia trófica. Uma hipótese á redução de oxigênio, consiste na sua oxidação, deixando-o disponível para a macrofauna aquática e em estágios finais disponível no processo de evaporação. Somente no P03 que ocorreu aumento de sua presença para os meses de Janeiro e Outubro se comparado ao ano de 2014, fato que pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade do nutriente pelo lançamento de cargas difusas próximas aos pontos de amostragem e sua baixa assimilação uma vez que o lançamento é perene.

4.2.5 Comportamento do Nitrato Durante a Rede Amostral

Conforme mencionado no ciclo anterior, o Nitrato (NO_3^-) é uma fase essencial no processo de depuração dos lançamentos de efluentes ricos em nitrogênio sobre os corpos hídricos, representando a forma mais oxidada do nitrogênio. Sua fonte natural nas águas superficiais compete à assimilação de nitrogênio e sua fixação em cadeia trófica, sendo este o produto da ação de micro-organismos sob a matéria orgânica (restos animais e vegetais). Outra forma de se encontrar nitratos no recurso hídrico é através do intemperismo de rochas ígneas vulcânicas. Em concentrações naturais, os resultados de Nitrato são baixos, uma vez que em índices reduzidos é facilmente sintetizado.

Contudo, perante o avanço urbano e condições precárias de tratamento de efluentes, grande parte do Nitrato encontrado no ambiente é proveniente de ações

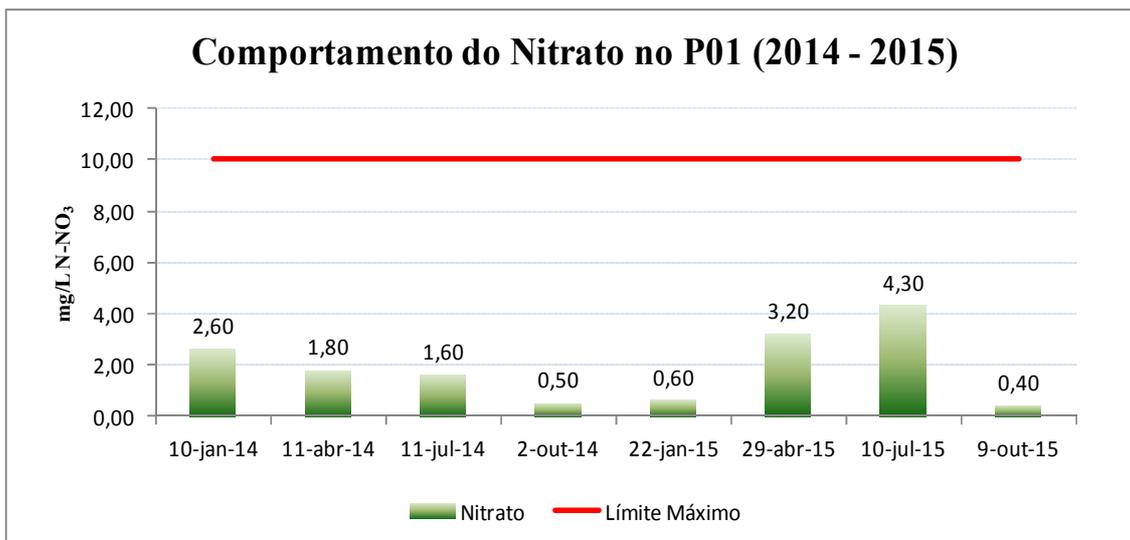
antrópicas, seja através do lançamento de efluentes domésticos e industriais e também pela grande utilização de compostos nitrogenados na produção de gêneros alimentícios, que durante correção nutritiva do solo, uma parcela é perdida por lixiviação e decai sobre os cursos d'água.

Quando influenciadas por atividade humanas, as águas superficiais podem apresentar concentração de nitrato acima de 5,0 mg/L de NO_3^- no entanto muitas vezes sejam encontrados valores abaixo de 1,0 mg/L. Concentrações de 5,0 mg/L de NO_3^- ou superiores geralmente indicam contaminação por efluentes humanos ou animais ou águas de lixiviação de solos fertilizados. Em casos de extrema poluição, as concentrações podem atingir até 200 mg/L NO_3^- . [...] Em lagos, concentrações de nitrogênio nitrato superiores a 0,2 mg/L de N-NO_3^- tendem a estimular o crescimento de algas e indicar possíveis condições eutróficas (UNESCO/WHO/UNEP, 1996: 96, tradução nossa)⁵.

A Deliberação Normativa Conjunta 01, de 05 de maio de 2008 que instaura padrões de lançamentos e enquadramento de corpos hídricos e a Portaria N° 2914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que rege sobre padrões de potabilidade da água estabelecem como valor limítrofe máximo 10 mg/L, valores superiores a este infringem a portaria que rege sobre as águas de Classe 2 e ao uso da água para consumo sem prévio tratamento. Segundo UNESCO/WHO/UNEP (1996) valores iguais e superiores a 5 mg/L de NO_3^- já induzem alterações nas condições hídricas analisadas e refletem processos antrópicos de relativo impacto, podendo em alguns casos derivar em estágios de eutrofização em condições que os valores de fósforo também estiverem acima do permitido pela norma, ou se existir consumo pode causar a síndrome do bebê azul (metahemoglobinemia infantil⁶). Seguem abaixo os Histogramas com a sazonalidade dos resultados de nitrato.

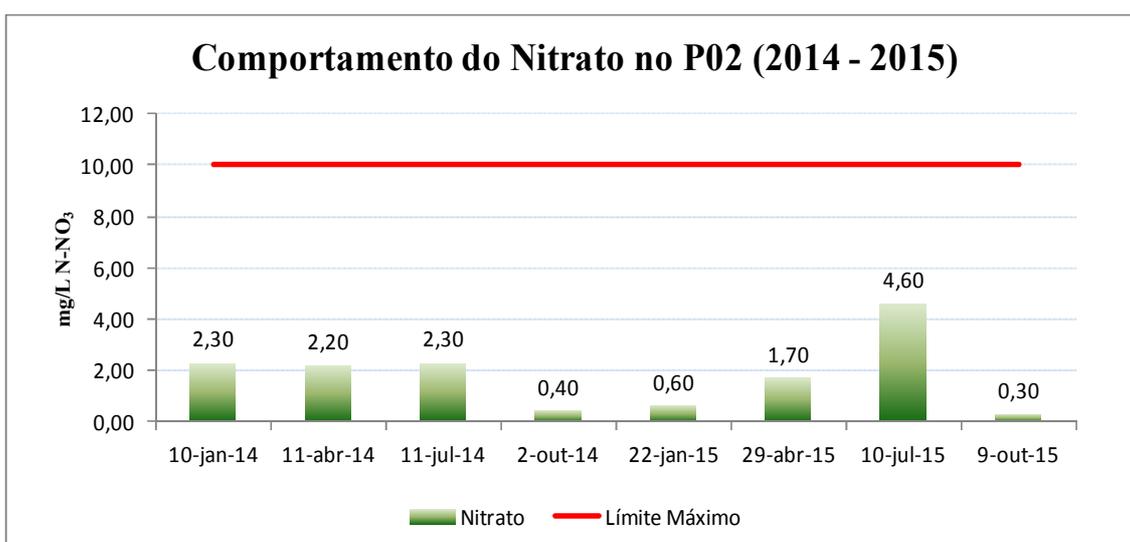
⁵ When influenced by human activities, surface waters can have nitrate concentrations up to 5 mg l-1 $\text{NO}_3\text{-N}$, but often less than 1 mg l-1 $\text{NO}_3\text{-N}$. Concentrations in excess of 5 mg l-1 $\text{NO}_3\text{-N}$ usually indicate pollution by human or animal waste, or fertiliser run-off. In cases of extreme pollution, concentrations may reach 200 mg l-1 $\text{NO}_3\text{-N}$. [...] In lakes, concentrations of nitrate in excess of 0.2 mg l-1 $\text{NO}_3\text{-N}$ tend to stimulate algal growth and indicate possible eutrophic conditions UNESCO/WHO/UNEP, 1996, p. 96).

⁶ Em condições de metahemoglobinemia o nitrato tem capacidade de se reduzir a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, deixando o sangue com tonalidade azulada.



HISTOGRAMA 29. Comportamento do Nitrato no P01 (2014 - 2015)

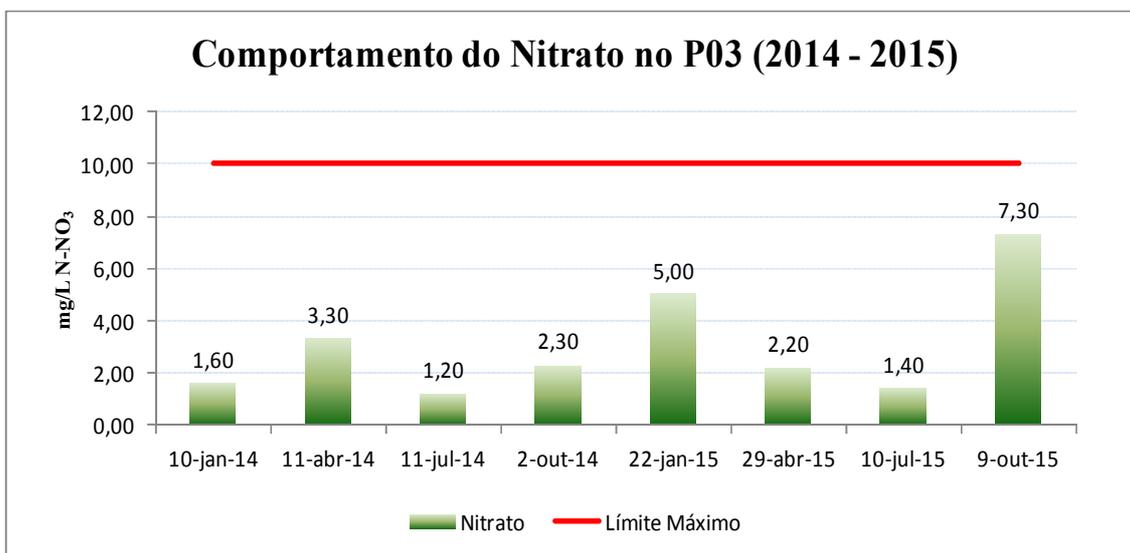
Por intermédio da análise dos resultados encontrados no P01 durante os anos de 2014 e 2015 constata-se que não ocorrera infração dos valores limítrofes máximos estipulados pela norma que se compara e como ressaltado em UNESCO/WHO/UNEP (1996) os valores residem abaixo de 5 mg/L, que se insere a ambientes onde ocorre o avanço de despejos ricos em nitratos/nitrogênio. A presença e valores abaixo da portaria constata que o ciclo do nitrogênio tem ocorrido com eficácia, exemplo disso observa-se valores das coletas de julho de 2014/2015 e seu relativo declínio nos meses de outubro de 2014/2015, cuja ação está relacionada à assimilação do nitrato pela mesofauna aquática e sua subtração do ambiente, não havendo assim riscos ou restrições aos usos da água neste trecho amostral em relação ao parâmetro nitrato.



HISTOGRAMA 30. Comportamento do Nitrato no P02 (2014 - 2015)

Visualizando e interpretando os resultados analíticos encontrados no P02 consoante às diretrizes da norma de referência é expresso que os resultados encontrados não ultrapassam os limites máximos permitidos, o que confere ao ambiente uma designação próxima ao P01, onde as condições ambientais e a mesofauna aquática tem desempenhado papel fundamental na síntese nitrogenada.

Contudo o P02 apresenta a seu montante lançamento de efluentes sanitários que imbricam em condições onde a chance de maior concentração de nitrogênio. Mas no ambiente ocorre variação da profundidade do rio e em algumas partes a água adquire maior velocidade quando em contato com o fundo rochoso, promovendo maior oxigenação e constante oxidação nitrogenada e por meio disso seu retorno ao estado atmosférico e ao metabolismo da mesofauna aquática.

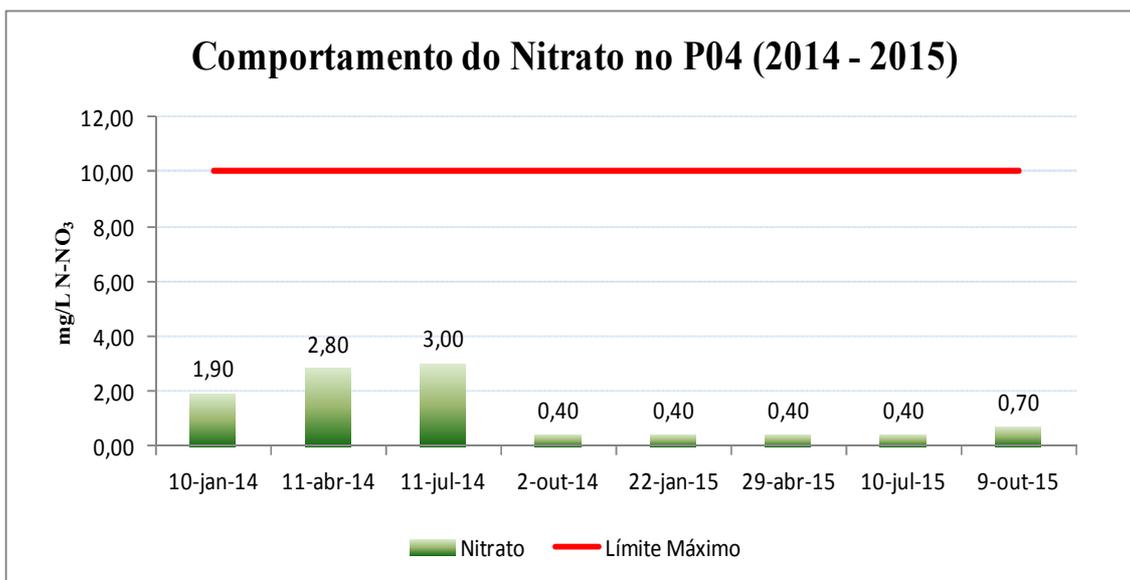


HISTOGRAMA 31. Comportamento do Nitrato no P03 (2014 - 2015)

Os valores mais críticos de nitrogênio total localizam-se no P03, contudo os resultados de nitrato ainda não infringem a norma utilizada como comparativo, contudo segundo UNESCO/WHO/UNEP (1996) os resultados analíticos em duas amostragens do ano de 2015 refletem o que já foi constatado no nitrogênio total, avanço da ação antrópica através de despejo de efluentes que possuam teor igual ou acima de 5mg/L de NO₃⁻.

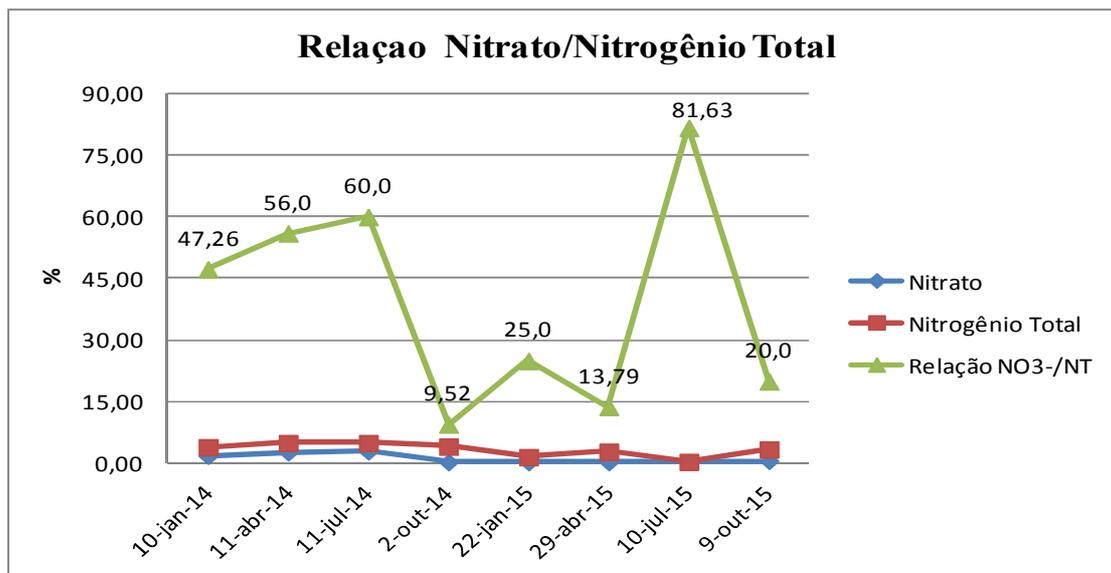
Pela interpelação dos resultados de Nitrogênio Total, visualiza-se que na campanha de 22.01.2015 o nitrato correspondia a 34,01% da concentração de nitrogênio total, imbricando em condições onde pode ocorrer maior concentração de amônia e baixos índices de nitrogênio oxidado, que confere von Sperling (2007) à condições onde

os estágios de consumo de nitrogênio no ambiente estão iniciais e a fonte de despejos encontra-se próxima ao ponto amostral. Já em 09.10.2015 a concentração de nitratos aumentara para 56,33% sobre o índice de nitrogênio, refletindo condições onde à maior oxidação nitrogenada, mas ainda não se descarta altos índices amoniacaais e condições de toxicidade uma vez que este ponto recebe grande quantidade de despejos domésticos e industriais.



HISTOGRAMA 32. Comportamento do Nitrato no P04 (2014 - 2015)

No último ponto amostral e refletindo as condições finais da área de estudo, observam-se condições abaixo dos valores limítrofes máximos estipulados pela norma ao qual são comparados os resultados. No ano de 2014, nas três primeiras amostragens (ocorreram condições onde uma das fases oxidadas do nitrogênio possuira quase que metade da concentração do nitrogênio total do ambiente, já na ultima coleta deste mesmo ano as concentrações nitrato se consagraram em condições de 9,52 % do nitrogênio total, que apresentara valor de 4,2 mg/L N , deixando margem para a ocorrência de valores amoniacaais superiores e baixa depuração nitrogenada no ambiente.



HISTOGRAMA 33. Relação de Nitrato/Nitrogênio Total P04 (2014 - 2015)

Durante a interpretação dos resultados do ano de 2015, as condições deparadas indicam baixíssimas concentrações de nitrato que podem indicar baixos índices de poluição, uma vez que os resultados de nitrogênio total também se mostram inferiores a outras amostragens. Esta ação imbrica numa capacidade pontual da mesofauna hídrica em reter, sintetizar e retornar o nitrogênio ao ciclo, mesmo apresentando em algumas coletas baixa correlação nitrato/nitrogênio total, no ano de 2015 os valores de nitrogênio total no P04 foram baixos, o que não deixa margem à incorporação de teores amoniacais intoleráveis e insalubres a atividade da fauna aquática.

4.2.6 Comportamento do pH Durante a Rede Amostral

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro de unidade adimensional, que representa a atividade de íons H^+ em escala antilogarítmica, cujos valores indicam índices de alcalinidade ($pH > 7,0$), neutralidade ($pH = 7,0$) e acidez ($pH < 7,0$). O valor do pH influencia na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, outra grande contribuição do pH confere a sua capacidade de aumentar ou reduzir o grau de solubilidade de muitas substâncias e de conferir o nível de toxicidade de diversos elementos.

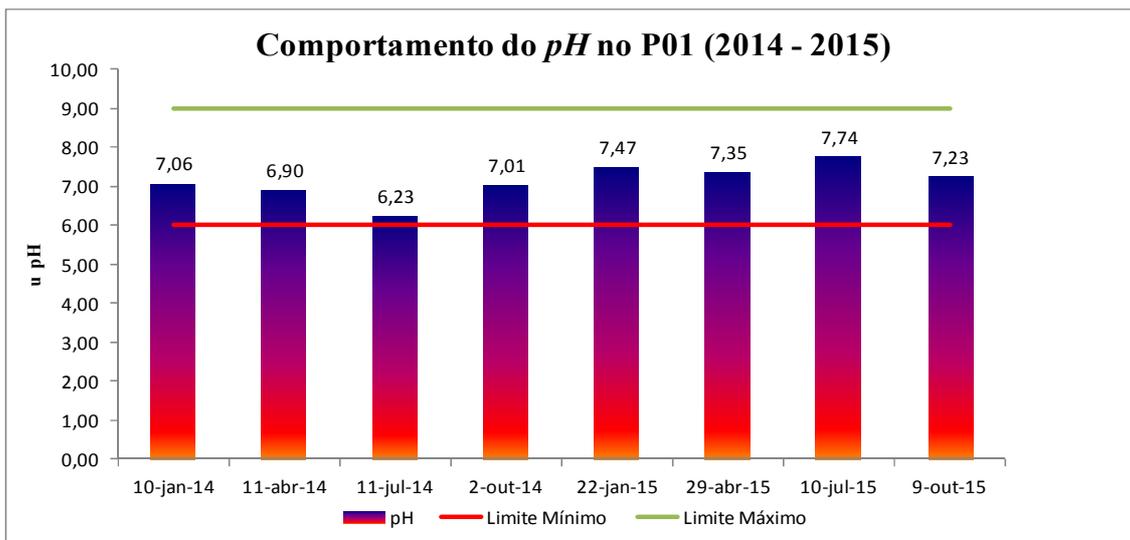
O pH é sensível às mudanças bruscas dos recursos hídricos, variando muito em decorrência da disponibilidade de sais, da decomposição da matéria orgânica, dos exsudados radiculares, dos tipos litológicos e de solos e também em função da temperatura. Uma das maiores características da água é ser o solvente universal, uma vez que elas

possuem propriedades específicas que possibilitam a dissolução de gases e diversas substâncias químicas como sua polaridade e o pH.

Em condições naturais os ecossistemas aquáticos que apresentam valores de pH mais baixos estão condicionados á presença de uma estrutura litológica que quando intemperizada tem capacidade de liberar elementos que possuem capacidade de formar ácidos, como rochas ricas em enxofre que podem promover a formação de ácido sulfúrico. Outra forma de se conduzir valores de pH inferiores se consiste na elevada concentração de ácidos orgânicos dissolvidos, oriundos muitas das vezes da decomposição da matéria orgânica vegetal, sendo um problema recorrente a estágios iniciais de reservatórios hidroelétricos.

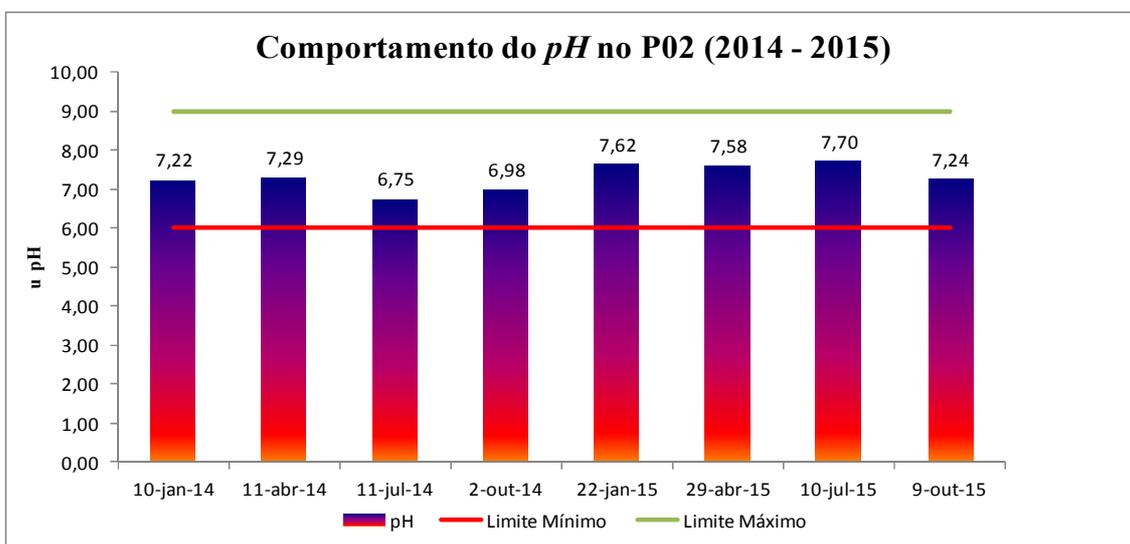
Nas concepções de ESTEVES (1998) valores de pH elevados em ecossistemas aquáticos estão relacionados a regiões onde o balanço hídrico é negativo, que em linhas gerais consiste em ambientes onde a evaporação é maior que a precipitação, onde a acidez oriunda da chuva é pouco influente sobre estes ambiente. O autor também contribui ao abordar que ambientes que sofrem (zonas costeiras) ou já sofreram (ambientes cársticos) influência marinha, cuja água é rica em carbonatos e bicarbonatos também podem gerar pH alcalinos. Por outro lado Calijuri *et al* (1999) abordam que condições de basicidade natural em ecossistemas aquáticos podem estar pautados à fotossíntese da mesofauna aquática, onde nesse processo ocorre a absorção de CO₂ dissolvido na água e por consequência aumento dos valores de pH, fato muito recorrente ao metabolismo dos fitoplânctons e macrófitas aquáticas

Por meio da Deliberação Normativa Conjunta 01, de 05 de maio de 2008, valores que não comprometem o consumo e a sadia qualidade da vida aquática encontram-se na faixa de 6 a 9 unidades de pH (upH), contudo podem ocorrer exceções a estas recomendações em cursos hídricos dotados de altos índices matéria orgânica natural, como se observa em rios da Amazônia. Mas devido a inexistência de tipologia de afluentes ricos em ácidos húmicos na bacia do Piranga, serão usados como comparativo índices máximos e mínimos traçados pela norma Conjunta 01 de 2008.



HISTOGRAMA 34. Comportamento do *pH* no P01 (2014 -2015)

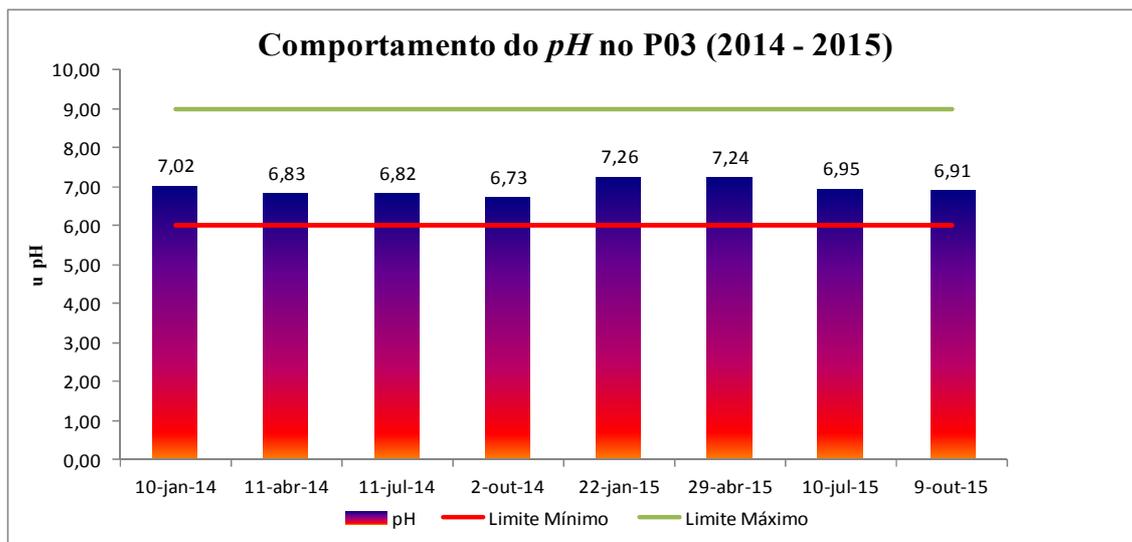
Ao cumprimento dos requisitos legais da portaria DN 01 percebe-se que os resultados no P01 apresentam conformidade aos seus valores limítrofes máximos e mínimos, ocorrendo um predomínio de condições alcalinas no meio aquático, encontrando apenas duas datas que apresentam teores de acidez sendo respectivamente as amostragens de 11.04.2014 e 11.07.2014, que imbricam condições onde há maior dissolução e ou despejo de efluentes saudosos em sais sob o corpo hídrico.



HISTOGRAMA 35. Comportamento do *pH* no P02 (2014 -2015)

Como visualizado no P01 o P02 também apresentara resultados conformes à norma, ocorrendo predomínio de condições alcalinas em ambos os anos. Novamente o mês de julho de 2014 reportou resultados abaixo dos demais, refletindo junto à amostragem de outubro de 2014 condições ácidas. Se observarmos as condições temporais durante a amostragem de julho de 2014 fica evidente que a mesma ocorrera

em período seco e com baixos índices pluviométricos anteriores à amostragem. ESTEVES (1998) e von Sperling (2007) corroboram que de maneira geral, existe grande tendência das concentrações de pH da bacia apresentarem resultados inferiores em períodos secos, uma vez que o aumento do pH em períodos chuvosos pode advir da dissolução de sais. Já o nível de acidez observado na amostragem de outubro de 2014 pode estar associado ao lançamento de efluentes a montante do ponto amostral, que pode vir a apresentar maiores concentrações de íons H^+ e como produto declínio do pH.

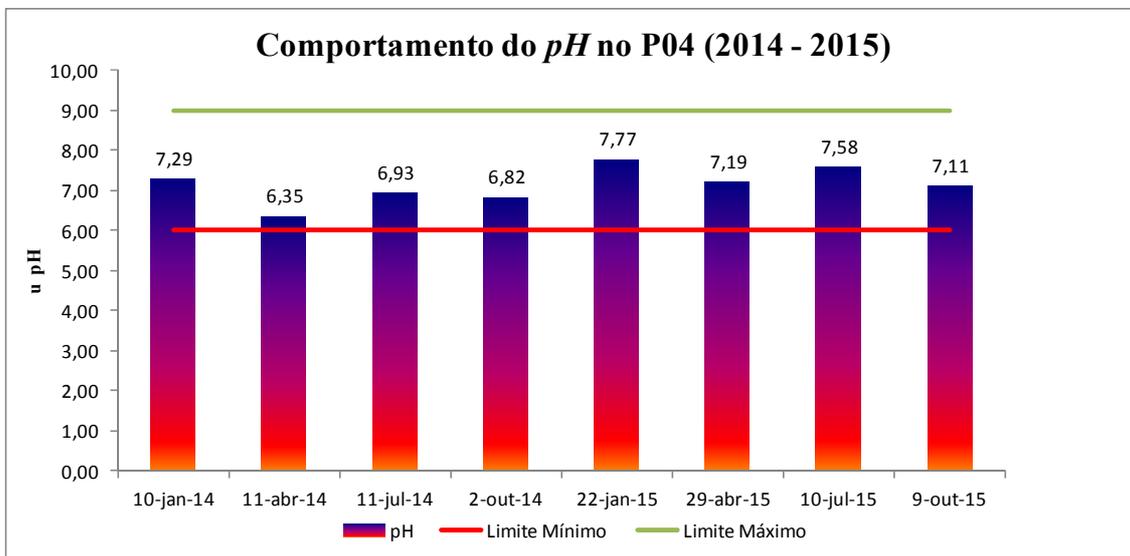


HISTOGRAMA 36. Comportamento do pH no P03 (2014 -2015)

Perante o processamento dos resultados do P03 constata-se uma inversão perante os demais pontos amostrais, uma vez que 62,50% dos dados encontrados demonstraram índices mais ácidos, contudo conformes a portaria utilizada como referência. O ponto amostral recebe a seu montante grande quantidade de despejos sanitários orgânicos, que além de conter matéria orgânica (ácidos orgânicos) possui gases gerados pela ação microbiana nas galerias de drenagem destes efluentes, podendo em alguns casos ocorrer a formação do gás sulfídrico. Este gás em condições aquosas pode conformar a formação do ácido sulfúrico que em altas concentrações culminam em desastrosas condições hídricas, perda de biodiversidade aquática e liberação para o ambiente de odor característico (que mais se aproxima ao cheiro de ovo podre), fato constatado pelo pesquisador durante a amostragem, refletindo desta forma em condições de declínio do pH.

No processo fotossintético realizado pelos organismos fotossintetizantes aquáticos (algas e macrófitas) ocorre consumo de dióxido de carbono (CO_2) do bicarbonato (HCO_3^-) que no balanceamento da equação libera OH^- , que possui

características que coíbem condições mais ácidas de pH. No entanto no processo de respiração da mesofauna ocorre liberação constante de CO₂ e quando somado ao lançamento de efluentes (ricos em H⁺) tem capacidade de formar mais bicarbonato e reduzir o pH (VON SPERLING, 1996).



HISTOGRAMA 37. Comportamento do pH no P04 (2014 -2015)

Os resultados do P04 apresentaram o inverso dos resultados do P03, sendo obtido um total de 62,50% de valores de pH alcalinos com predomínio desses índices na campanha de 2015. Os valores do P04 como todos os de pH encontrados nas amostragens, demonstram que não ocorrerá violação aos limites propostos pela Deliberação Normativa 01 e que diante a este parâmetro as condições aquáticas permanecem na faixa tolerável. Mesmo ocorrendo lançamentos de efluentes que podem somar a diferentes níveis de pHs (altos e baixos) e neste caso com predomínio de condições alcalinas durante os períodos amostrais, verificasse que as condições temporais durante as amostragens e a ação dos microrganismos aquáticos na síntese e consumo dos compostos orgânicos e inorgânicos possuem papel fundamental sob os resultados de pH.

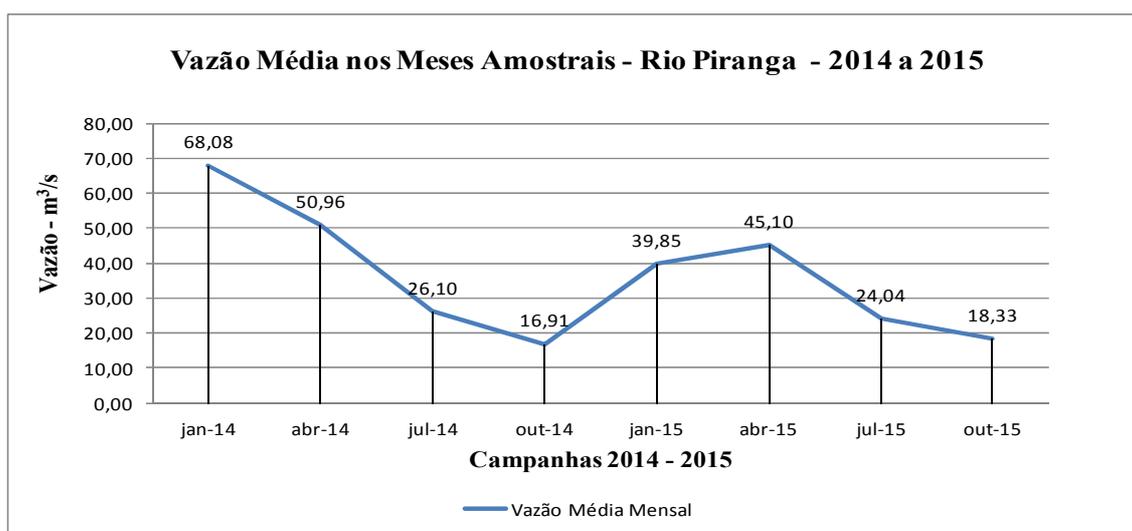
4.2.7 Comportamento da Turbidez Durante a Rede Amostral

A Turbidez consiste na quantificação por meio de aparelhos nefelométricos da dificuldade (grau de atenuação) que um feixe de luz sofre ao atravessar água. Este desvio pode ocorrer devido a presença de sedimentos clásticos em suspensão (areia, silte, argila), pela presença de matéria orgânica, tais como restos e excretas da mesofauna aquática.

As ações antrópicas desempenham papel fundamental sobre os índices da turbidez, através do lançamento de efluentes sob os corpos hídricos, a lixiviação e carreamento de partículas de solo exposto e a extração de ouro e areia (que provoca revolvimento do sedimento do fundo dos rios). Na cidade de Ponte Nova ocorrem maiores índices de turbidez em períodos chuvosos inclusive devido a inexistência de mata ciliar em vários pontos da bacia, cujo avanço urbano, enchentes e obras pós-enchentes, transformaram esta paisagem, excluindo em grande parte as matas ciliares. Em condições onde a água possui cor relativamente alta (acima de 75,0 Razem) pode ocorrer interferência negativa sobre os valores de turbidez uma vez que a cor tem atributo de absorção de luz, reduzindo as zonas fóticas do ambiente e impactando a vida sob a coluna d'água.

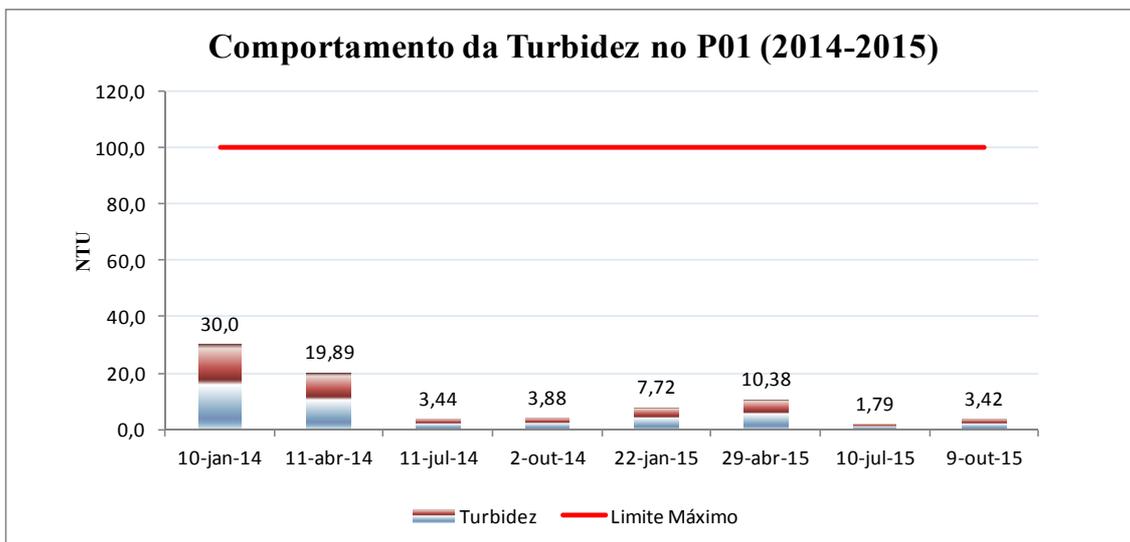
Em ambientes onde os níveis de turbidez são altos a luz tem dificuldade de penetrar na água, o que desfavorece a ação dos organismos fotossintetizantes, que são em grande parte dos ambientes aquáticos o primeiro ou segundo nível trófico das cadeias alimentares, comprometendo assim a sucessão dos ciclos ambientais de fixação de energia e nutrientes.

O Histograma 50 demonstra a vazão do Rio Piranga nos anos de 2014 e 2015 para correlação com os valores de turbidez, uma vez que vazões maiores indicam dias que sucedem maiores índices pluviométricos e devido às fontes mais significativas de turbidez imbricam em maiores valores.



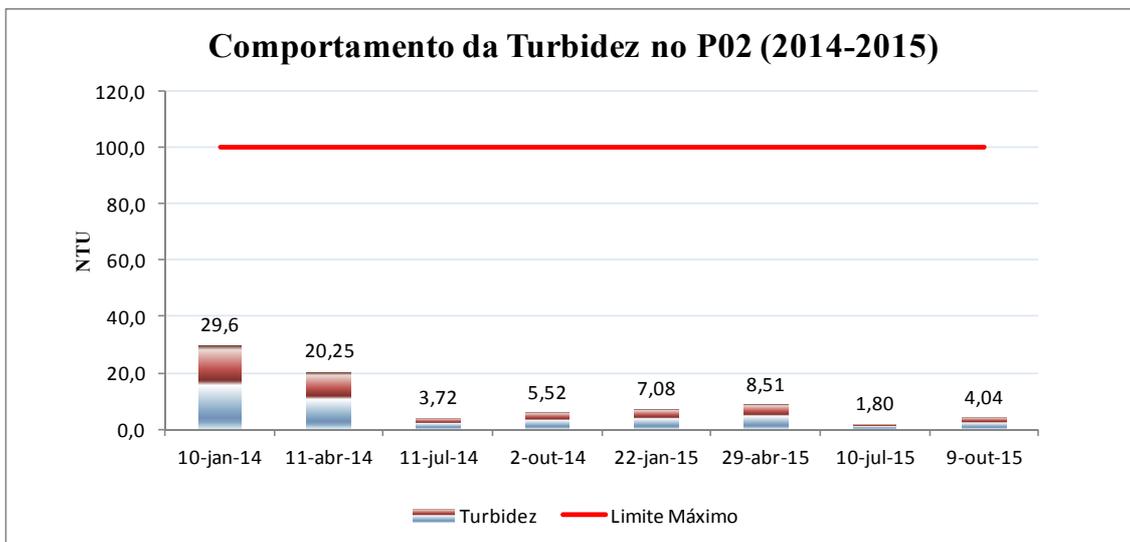
HISTOGRAMA 38. Vazão média Rio Piranga. Fonte de dados: IGAM

Os valores de Turbidez são analisados e amparados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM N°01, de 05 de maio de 2008 (Artigo 14- Padrão para Águas Classe II) que estipula 100 NTU como valor máximo para águas classe 2. Segue abaixo a sistematização dos resultados encontrados refletindo as condições hídricas durante as amostragens.



HISTOGRAMA 39. Comportamento da Turbidez no P01 (2014-2015)

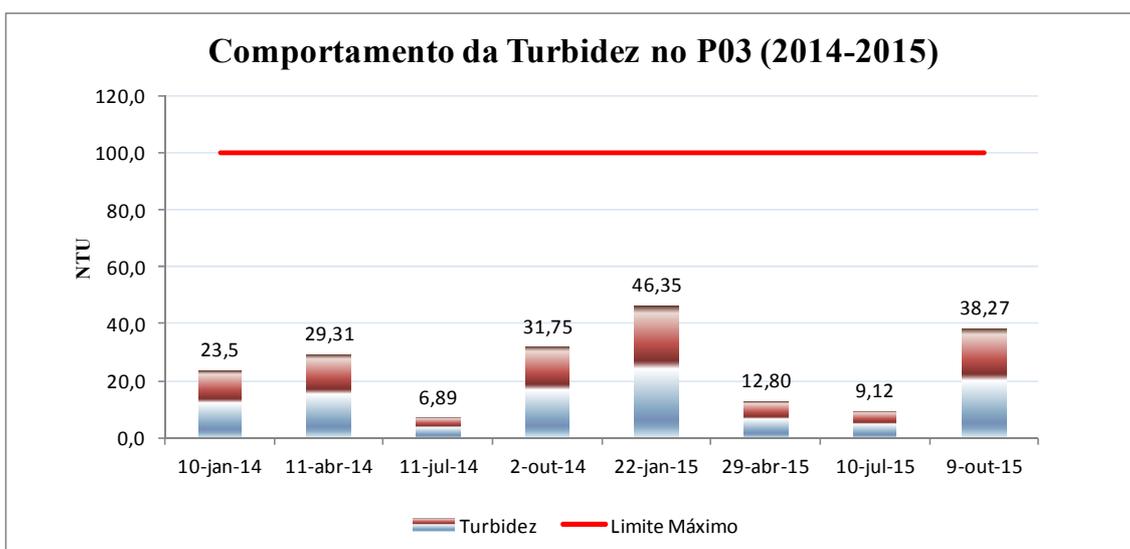
Observando a distribuição dos valores de turbidez durante as amostragens do P01, fica evidenciado a influência dos períodos chuvosos sobre os índices e a sua sazonalidade. Mesmo em todas as amostragens os resultados se localizaram bem abaixo do limite permitido. Pode-se afirmar que em condições amostrais precedidas por chuva (vazões maiores) os resultados destoaram-se, ou seja, foram mais altos que condições climáticas mais secas.



HISTOGRAMA 40. Comportamento da Turbidez no P02 (2014-2015)

O mesmo fato observado no P01 reflete-se nos dados do P02, onde a turbidez acompanha as condições temporais durante a amostragem, sendo percebido valores inferiores à norma e súbitos picos em condições de vazão média mensal superiores a 39 m³/s, que representa os respectivos meses de janeiro e abril nos anos de 2014 e 2015. Essas condições estão relacionadas ao desmatamento ocorrido na bacia, sob os pilares do avanço da pecuária, da construção de loteamentos habitacionais e da constante substituição das florestas nativas por extensas plantações de cana-de-açúcar e eucalipto, este último possui dossel aberto e por ser espécie exótica e competitiva não abriga condições ao crescimento de espécies forrageiras.

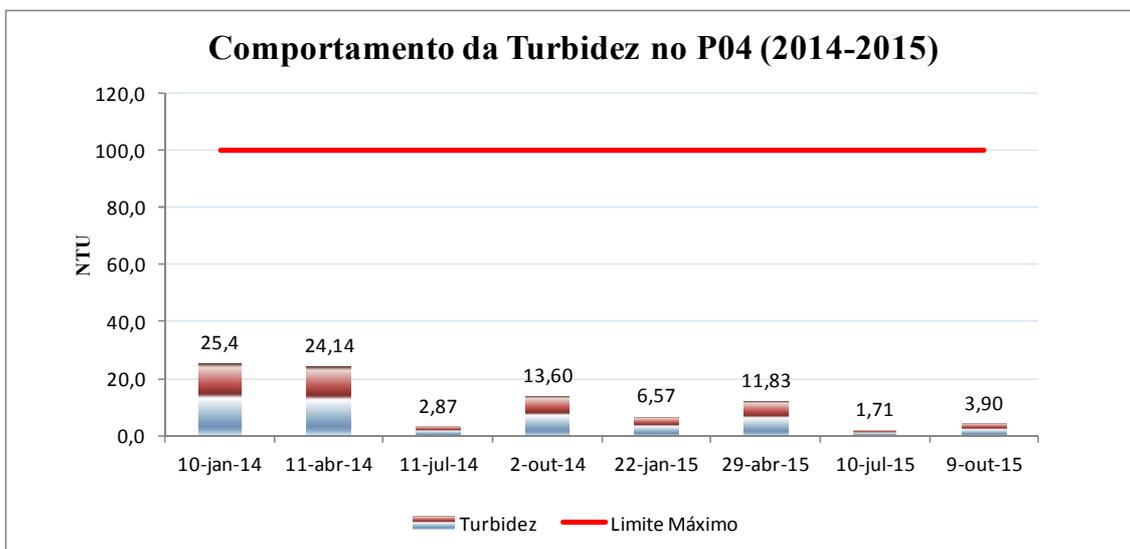
Em linhas gerais as diversas formas de uso e ocupação do solo tem somado condições para sua perda por salpicamento (gotas da chuva tem contato direto com o solo promovendo sua desagregação em superfície) e, outras formas até mais agressivas, que liberam material particulado específico capaz de alterar os níveis de turbidez da água



HISTOGRAMA 41. Comportamento da Turbidez no P03 (2014-2015)

Como já salientado nos pontos anteriores, o P03 também apresentara variações de turbidez diante dos índices de vazão do curso hídrico, contudo soma-se a esta análise a presença do ribeirão Vau- Açú, que possui em seus percursos ambientes de forte degradação usados pela pecuária e cultivo de eucalipto e cana-de-açúcar que como já salientado são formas de cobertura incipientes na proteção da desagregação do solo pela chuva (Foster, 1982). As informações dão indício à presença de valores ainda mais superiores no P03, o que fica evidenciado nas coletas amostrais, além disso, este ponto

recebe grande descarga de efluentes á montante, o que disponibiliza no ambiente materiais em suspensão que podem influenciar no aumento dos teores de turbidez.



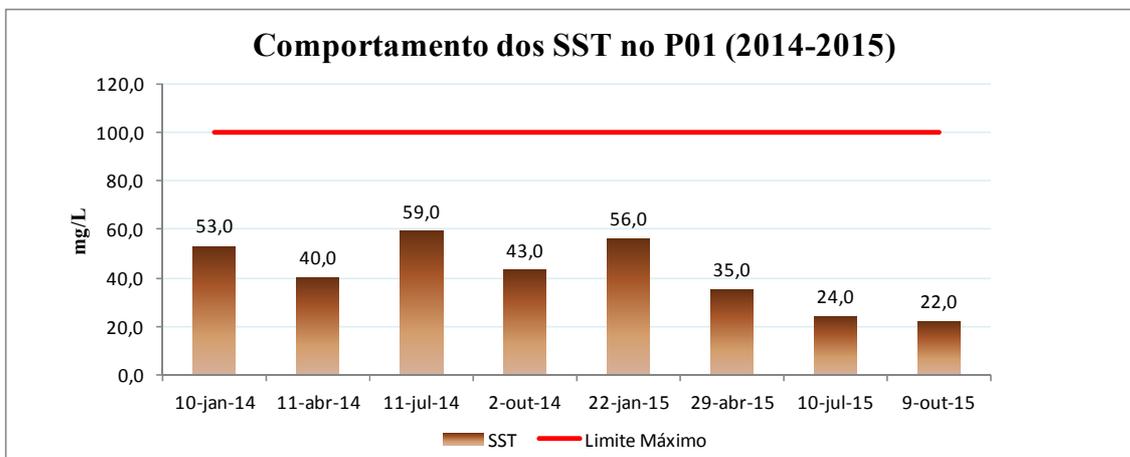
HISTOGRAMA 42. Comportamento da Turbidez no P04 (2014-2015)

A partir das condições analíticas acima se pode afirmar que em nenhuma campanha os resultados de turbidez estiveram acima do que a Deliberação normativa prevê. Os resultados obtidos para turbidez indicam sua íntima relação aos períodos de maior precipitação. Em ambientes próximos aos lançamentos de efluentes a turbidez também possui tendência a se destoar dos demais valores, mesmo em condições secas, uma vez que estes despejos podem estar enriquecidos por colóides orgânicos que podem ficar suspensos na coluna d'água e interferir na fixação solar de organismos fotossintetizantes aquáticos, nos processos de troca da água com o ar e assim nos seus níveis.

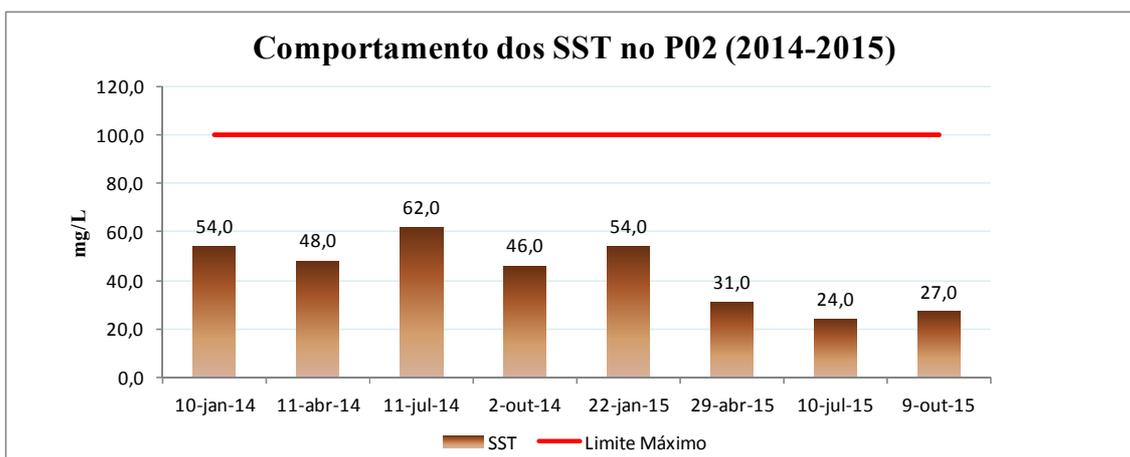
4.2.8 Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais Durante a Rede Amostral

Os sólidos suspensos totais consistem em partículas que podem ser retidos em processos de filtração, que em ensaios laboratoriais são substâncias que ficam retidas em papel filtro de fibra de vidro com porosidade de $0,45 \mu\text{m}$. Este parâmetro pode variar ao longo do ano, com expectativas de maiores valores em períodos chuvosos, cujo processo de lixiviação do solo exposto se realiza em maior velocidade do que em períodos secos, onde o aporte de sólidos suspensos tem nos esgotos sanitários e processos de mineração e dragagem de areia sua matriz principal.

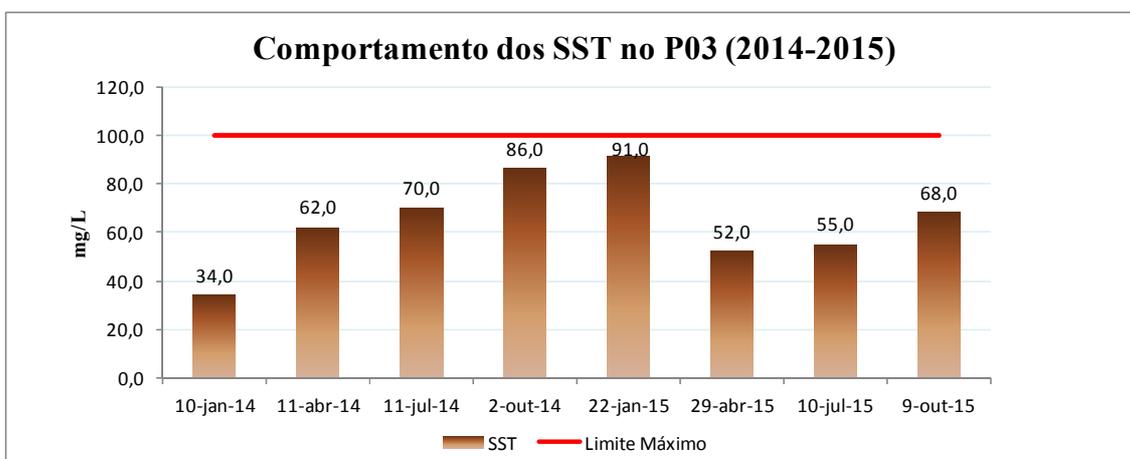
A Deliberação Normativa Conjunta COPAM N°01 estipula como 100 mg/L de valor limítrofe para o índice SST em águas de classe 2, abaixo segue sistematização dos resultados encontrados durante o período amostral.



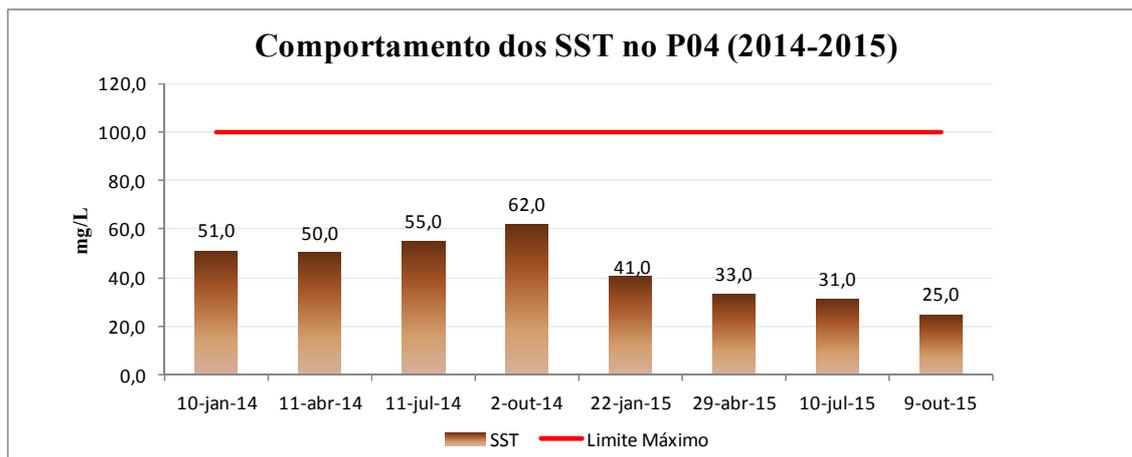
HISTOGRAMA 43. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P01 (2014-2015)



HISTOGRAMA 44. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P02 (2014-2015)



HISTOGRAMA 45. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P03 (2014-2015)



HISTOGRAMA 46. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais (SST) no P04 (2014-2015)

Por meio da análise dos resultados encontrados nas campanhas de 2014 a 2015 fica evidenciado que em nenhuma das coletas os resultados de sólidos suspensos estiveram acima da norma usada como comparativo o que se pode concluir através das informações é que vários fatores podem estar fomentando variações nos níveis de sólidos suspensos ao decorrer dos anos em estudo.

Os resultados expressam que durante o período seco também podem ocorrer valores mais altos de sólidos, uma vez que grande parte das bacias hidrográficas possui lançamento direto de efluentes sobre seus corpos hídricos, cujo material pode ser rico em partículas inorgânicas e insolúveis. Além do mais o material particulado suspenso pode abrigar e favorecer o crescimento de bactérias e fungos que podem agregar a água sabor e odor.

Como na Turbidez, altas concentrações de partículas suspensas podem causar danos à flora e fauna aquática, sobretudo pela interferência na penetração de luz, usada por muitos organismos no processo de fotossíntese. Um estudo realizado por Pereira (2003) na Lagoa dos Patos – Rio Grande do Sul atribui outra característica dos materiais suspensos, a qual consiste em sua afinidade à adsorção de muitos elementos, uma vez que podem possuir alta superfície específica, caso este ocorra com o fosfato, que quando retido, sua concentração e disponibilidade ao primeiro nível trófico fica comprometida, tornando este composto como fator limitante ao crescimento de macrofitas e organismos planctônicos.

4.2.9 Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais Durante a Rede Amostral

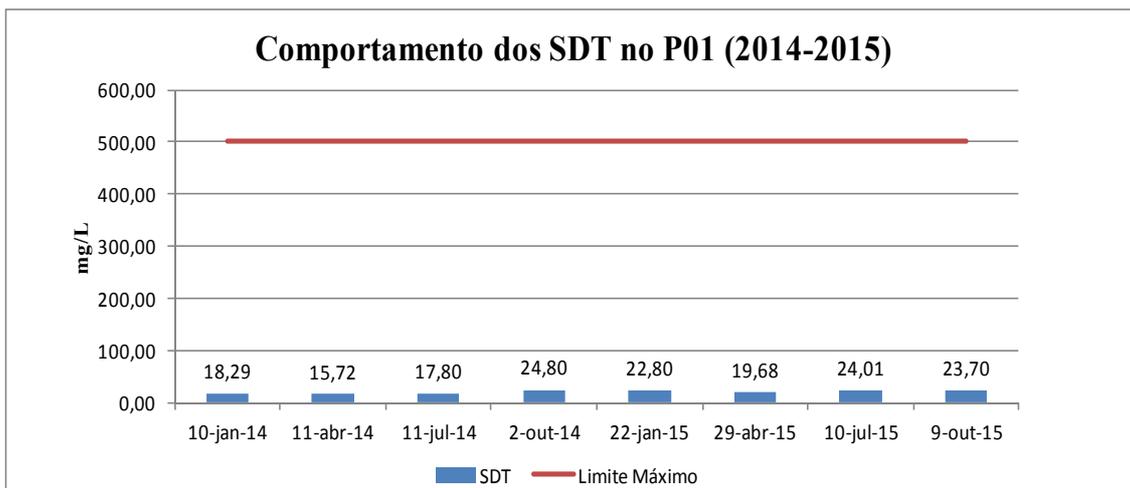
Conforme Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) os sólidos dissolvidos totais (SDT) consistem na quantificação dos sais e os componentes não iônicos no corpo hídrico em análise, podendo em alguns casos ser medido pela multiplicação dos resultados da condutividade elétrica por um “fator de multiplicação entre 0,55 a 0,75” (UNESCO/WHO/UNEP, 1996, tradução nossa), contudo o fator pode variar segundo a concentração de alguns elementos, tais como cloreto, sódio e sulfato⁷.

Grande parte dos SDT advém de compostos coloidais orgânicos dissolvidos, os quais quando de origem natural possuem como fonte a matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) e as rochas (dissolução dos minerais em materiais coloidais inorgânicos). Já as fontes antropogênicas de sólidos dissolvidos estão intimamente associadas ao lançamento de efluentes sobre os corpos hídricos, a lixiviação de material particulado fino dos solos e a processos minerários que removem e alteram a disposição dos substratos aquáticos.

As normas utilizadas como comparativo assumem como valor máximo permitido para águas classe 2 de 500 mg/L. Consequentemente os valores acima comprometem as dinâmicas do ambiente, levando-o a processos de salinização, retenção de bactérias e resíduos orgânicos no substrato hídrico, promovendo consumo de oxigênio do ambiente e através disso a redução de espécimes intolerantes.

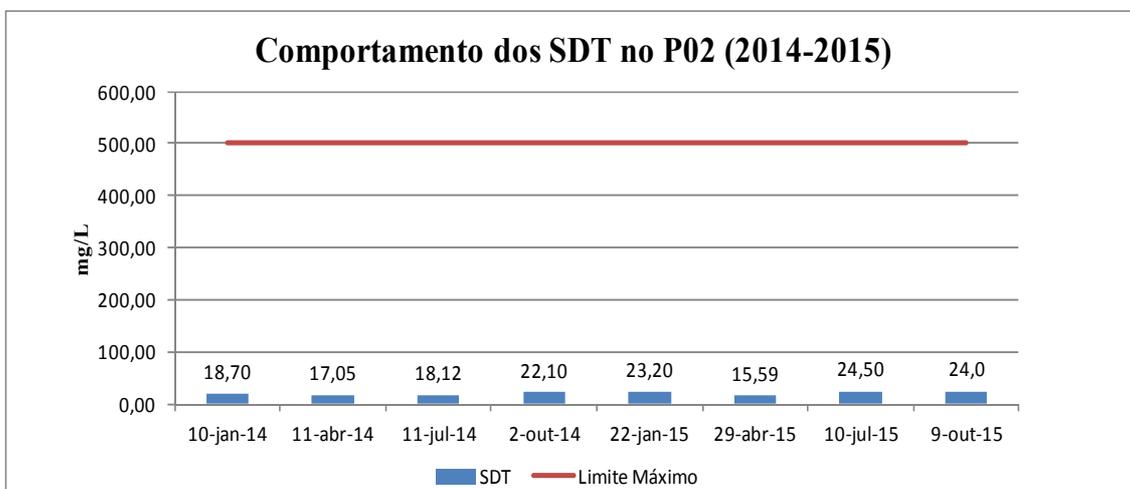
Abaixo segue sistematização dos resultados encontrados durante as campanhas de campo, caracterizando mais um índice chave na contribuição da interpretação da atual situação do Rio Piranga diante as condicionantes de corpos hídricos de classe 2.

⁷ Total dissolved solids (in mg l-1) may be obtained by multiplying the conductance by a factor which is commonly between 0.55 and 0.75. This factor must be determined for each water body, but remains approximately constant provided the ionic proportions of the water body remain stable. The multiplication factor is close to 0.67 for waters in which sodium and chloride dominate, and higher for waters containing high concentrations of sulphate (UNESCO/WHO/UNEP, 1996, p 83).



HISTOGRAMA 47. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P01 (2014-2015)

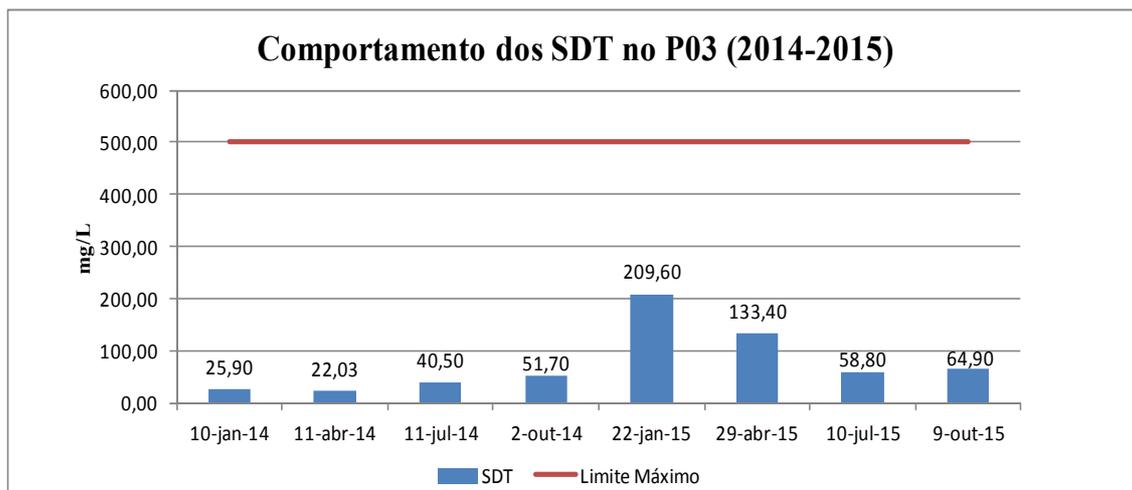
Por meio da avaliação dos resultados propostos no P01 no período amostral de 2014 a 2015, verifica-se que em nenhuma das amostragens ocorreu violação ao limite tolerável pela norma utilizada como comparativo. Os valores variaram de 15,72 (menor valor) a 24,80 (maior valor), compondo a menos 5% do limite tolerável, o que indica que neste ponto o parâmetro sólidos dissolvidos está em equilíbrio com o meio e não apresenta resultados violantes e assim enriquecimento de sais.



HISTOGRAMA 48. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P02 (2014-2015)

Visualizando a disposição dos resultados apresentados no P02 no período bianual amostral, verifica-se que em nenhuma das amostragens ocorreu infração à norma utilizada como comparativo, tendo os valores variando de 15,59 mg/L (menor valor) a 24,50 mg/L. Assim os resultados observados não compõem nem 5% do limite tolerável, o que indica que neste ponto o parâmetro sólidos dissolvidos está em consonância com o meio e não apresenta resultados acima do permitido.

Durante o ano de 2015 os resultados em 3 amostragens apresentaram ligeiro aumento se comparados à 2014, a maior influencia neste índice pode estar imbricada na menor concentração de chuvas e redução de vazão dos rios em 2015 pelo predomínio de massas de ar seca. Com redução das chuvas o aporte orgânico dos ambientes hídricos se dão fortemente pelo lançamento de efluentes ricos em cloretos, sódio, sulfato, os quais podem ter influenciado no aumento (mesmo que reduzido) dos teores de sólidos neste ano.



HISTOGRAMA 49. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P03 (2014-2015)

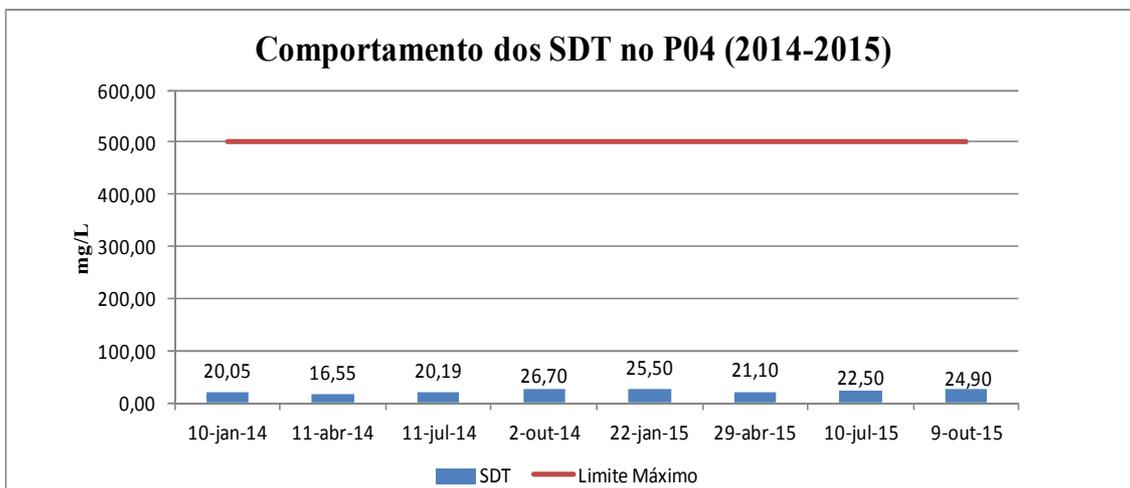
Como evidenciado no P02 e repetido em maiores concentrações no P03, a falta de chuvas e redução da vazão dos corpos hídricos pode contribuir significativamente no aumento da concentração de sólidos dissolvidos de origem antrópica, o que se percebe nas amostragens do ano de 2015.

Devido a baixa vazão o material coloidal orgânico suspenso tem capacidade de sedimentar no fundo dos rios, contribuindo no consumo anormal de oxigênio dissolvido do meio pelos micro-organismos aeróbicos⁸ (os quais liberam massiva quantidade de CO₂). Quando em condições hídricas de sedimentação mais profunda, ocorre também a presença de organismos anaeróbicos⁹, os quais em seu processo de síntese orgânica

⁸ Na presença de oxigênio livre (dissolvido), o material orgânico mais complexo é degradado pelos organismos aeróbicos (bactérias e protozoários) que exsudam ao ambiente gás carbônico (CO₂) e água (H₂O).

⁹ Na ausência de oxigênio livre (dissolvido), a síntese orgânica é realizada pelos micro-organismos, os quais produzem além de CO₂ e H₂O, ácidos orgânicos mais simples, gases como sulfídrico (H₂S), metano (CH₄), nitrogênio (N₂), amoníaco (NH₃) entre outros, que dependendo do aporte orgânico podem apresentar á água odor e intolerância por parte de muitos organismos aquáticos.

liberam gases como o metano e sulfídrico, que pode ser tóxico aos organismos aquáticos. Mesmo assim a quantidade de sólidos encontrados neste ponto não apresentaram desconformidade à norma, mas em uma das amostragens (22.01.2015) um dos valores chegara a quase 40% do valor limítrofe, representando diante dos demais pontos já apresentados um avanço da concentração de sais dissolvidos.



HISTOGRAMA 50. Comportamento dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) no P04 (2014-2015)

Através dos dados obtidos no P04, acredita-se que o Rio Piranga no que tange o parâmetro SDT apresenta valores reduzidos, exceto no P03 onde ocorreram resultados mais elevados devido ao aporte orgânico próximo ao ponto de monitoramento. Os demais pontos apresentaram resultados equânimes com valores abaixo de 30,0 mg/L refletindo baixo teor de elementos dissolvidos, os quais podem ter sido sintetizados pelos organismos na cadeia trófica e ou estão acomodados junto ao sedimento dos rios e sendo liberados ao meio de forma mais gradual, visto os expressivos resultados DBO no P04, que representam a necessidade de oxigênio para a síntese dos efluentes lançados no corpo hídrico.

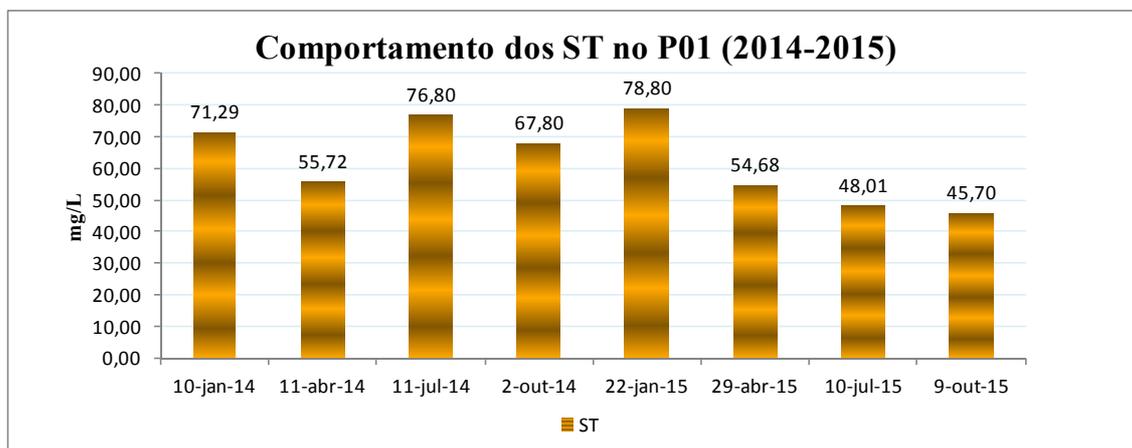
4.2.10 Comportamento dos Sólidos Totais Durante a Rede Amostral

Os sólidos totais são compreendidos como toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação de uma quantidade específica de amostra (CETESB, 2009) a uma temperatura e tempo estabelecidos pelo Standard Methods. Segundo Chella *et al.*, (2005), os sólidos totais (ST) são determinados a partir da amostra como sendo a soma dos sólidos em suspensão e dissolvidos, metodologia utilizada nesta pesquisa na performance deste parâmetro.

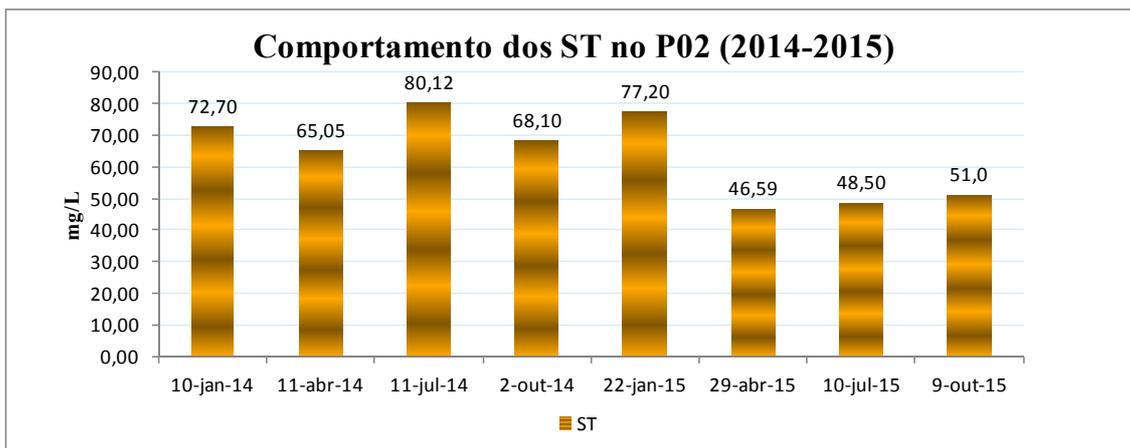
Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. 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 (CETESB, 2009, p.5).

Como consequência dos elevados teores de sólidos totais na bacia hidrográfica temos a elevação da turbidez se o aumento estiver relacionado aos sólidos em suspensão, que como já exposto reduz a penetração de luz nos corpos hídricos, que reflete sobre a vida dos organismos fotossintetizante e na cadeia trófica, outra característica dos sólidos está em abrigar bactérias e patógenos que além de contaminar a água podem agregar a ela odor e redução de oxigênio. Caso o aumento dos sólidos totais esteja mais relacionado aos sólidos dissolvidos observa-se aumento da coloração dos corpos hídricos devido à liberação de ácidos orgânicos, de compostos gasosos que podem ser tóxicos e do aumento da salinização dos ambientes.

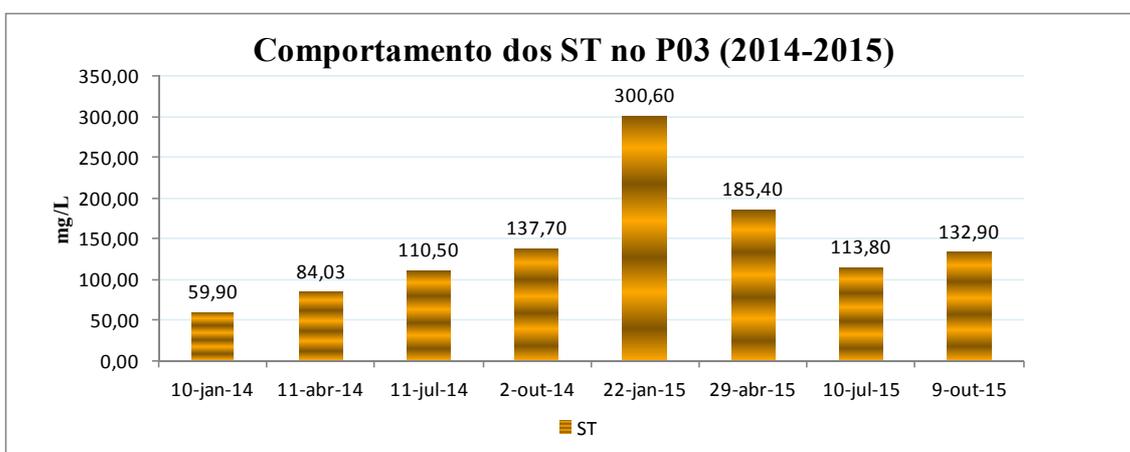
A portaria utilizada como base comparativa não aborda resultados máximos para ST, assim a interpretação se dá na análise segmentada e anteriormente trabalhada nos sólidos suspensos totais e dissolvidos totais. Cabe aqui apenas demonstrar a sazonalidade deste parâmetro no fluxo amostral.



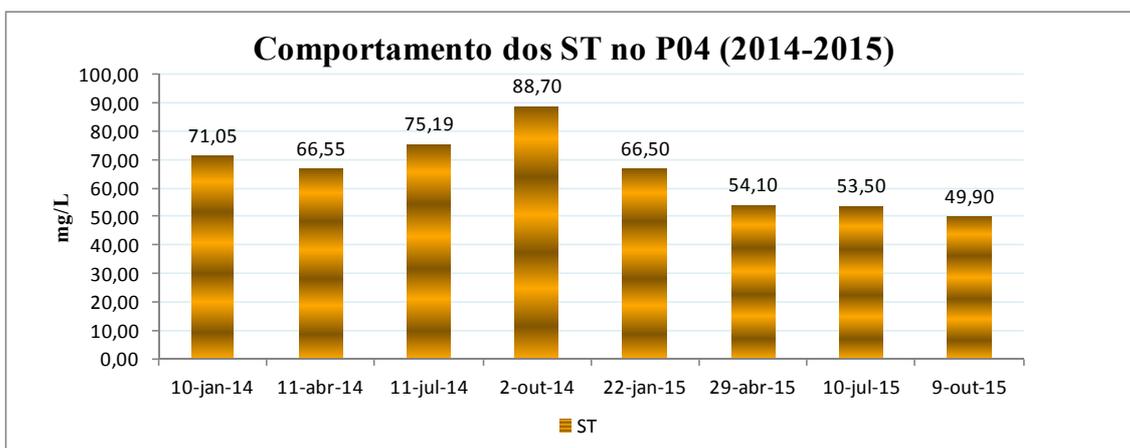
HISTOGRAMA 51. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P01 (2014-2015)



HISTOGRAMA 52. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P02 (2014-2015)



HISTOGRAMA 53. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P03 (2014-2015)



HISTOGRAMA 54. Comportamento dos Sólidos Totais (SDT) no P04 (2014-2015)

A variação dos resultados de sólidos totais em três pontos (P01, P02 e P04) esteve intimamente relacionada à sazonalidade dos resultados de SST, que se fizeram predominantes no cálculo de ST, devido à disponibilidade de material suspenso em grande parte do ano por ações antrópicas e naturais. Já no P03, com evidência no ano de 2015 os resultados de ST tem seu cálculo composto por valores de SDT em maior

quantidade, essa interpretação se baseia na maior disponibilidade de materiais orgânicos e inorgânicos dissolvidos nesse ambiente devido a sua localização próxima ao despejo de grande quantidade de efluentes, mesmo o P03 apresentando valores que destoam dos demais pontos, em todas as amostragens os resultados máximos permitidos por SST e SDT não infringiram a norma. Contudo a presença elevada dos sólidos podem influenciar na turvação da água, reduzindo a penetração de raios solares, na salinização gradativa dos corpos hídricos e proliferação de protozoários e bactérias, já que a superfície dos sólidos é de fácil colonização por estes organismos podendo abrigar organismos patogênicos.

4.2.11 Comportamento da Temperatura Durante a Rede Amostral

A temperatura consiste na medida da intensidade de calor, sua oscilação faz parte do regime climático normal, sendo influenciada pelo efeito natural da latitude, da estação do ano, da altitude, da profundidade, do horário do dia, entre outros. Os corpos hídricos naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical (CETESB, 2009).

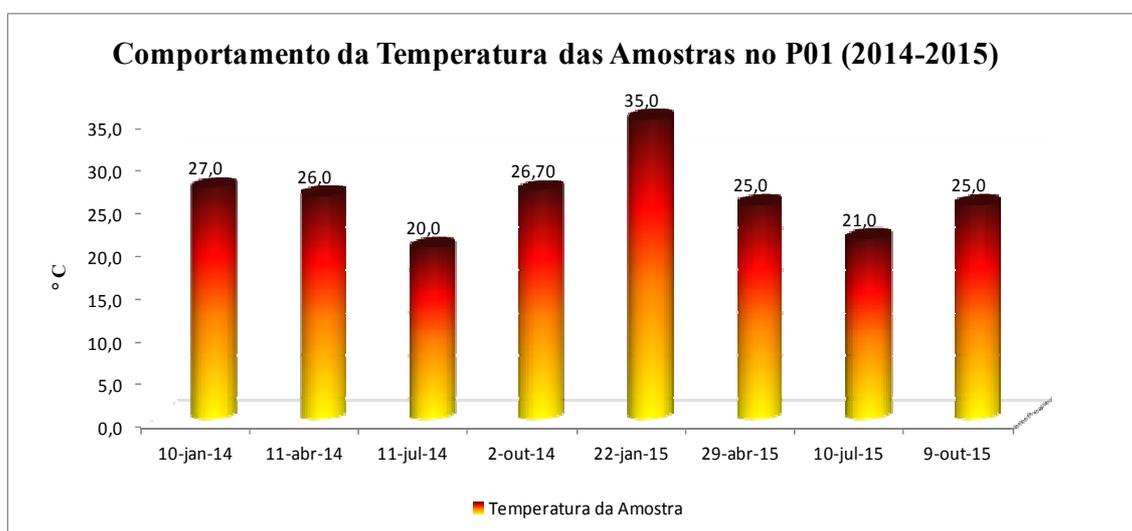
As ações antrópicas têm influencia direta sobre a variação da temperatura, uma vez que em ambientes aquáticos podem estar relacionados ao lançamento de efluentes industriais que utilizam de processos de resfriamento ou aquecimento de máquinas ou produtos, além de empresas que trabalham com ácidos e bases fortes. Outra forte contribuição antrópica no regime termal hídrico consiste no processo de assoreamento dos rios, reduzindo em muitos casos a profundidade dos mesmos e permitindo um aquecimento rápido dos estratos aquáticos.

O parâmetro temperatura influencia os processos químicos, físicos e biológicos aquáticos. Uma vez que a temperatura aumenta de 0 a 30°C ocorre mudança em alguns índices hídricos, tais como a tensão superficial, a viscosidade, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização que tem potencial reduzido, já os índices condutividade térmica e a pressão de vapor tendem a aumentam seu potencial (CETESB, 2009).

Além do mais valores altos de temperatura podem acelerar a velocidade das reações, podendo diminuir em muitos casos a solubilidade de gases importantes ao metabolismo aquático, caso este do oxigênio, que quando dissolvido em água é vital aos

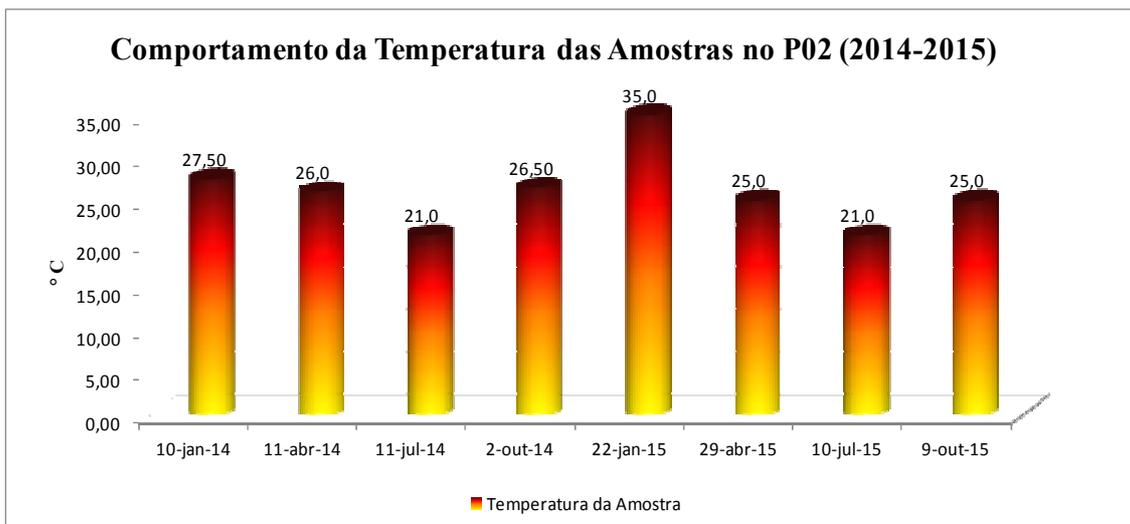
organismos aeróbicos e a oxidação orgânica e inorgânica. Já valores muito baixos de temperatura podem causar letargia na degradação da matéria orgânica, sobressaindo nesta fase microrganismos psicrófilos (organismos que crescem em temperaturas baixas).

A seguir seguem os Histogramas com os resultados de temperatura encontrados ao longo da rede amostral no período bianual. A CERH 01 de 2008 não expõe limites aos valores de temperatura do corpo hídrico, apenas ressalta que os efluentes lançados em corpo receptor deverão possuir valor inferior a 40°C e no ponto de mistura¹⁰ a variação de temperatura do corpo hídrico não deverá exceder a 3°C. Em geral os corpos hídricos do Brasil, inclusive os do Sudeste, as temperaturas superficiais e de alguns estratos estão compreendidas na faixa de 20°C a 30°C (FUNASA, 2014). Contudo a elevação da temperatura de águas superficiais que naturalmente encontram-se baixas e que os organismos ali presentes estão adaptados a tal condição, pode contribuir à perda significativa da biota aquática intolerante às mudanças bruscas termais, além do mais a elevação termal pode induzir a liberação de elementos que permaneciam estabilizados, uma vez que o pH varia principalmente em função da temperatura e assim a liberação de elementos que podem ser tóxicos.

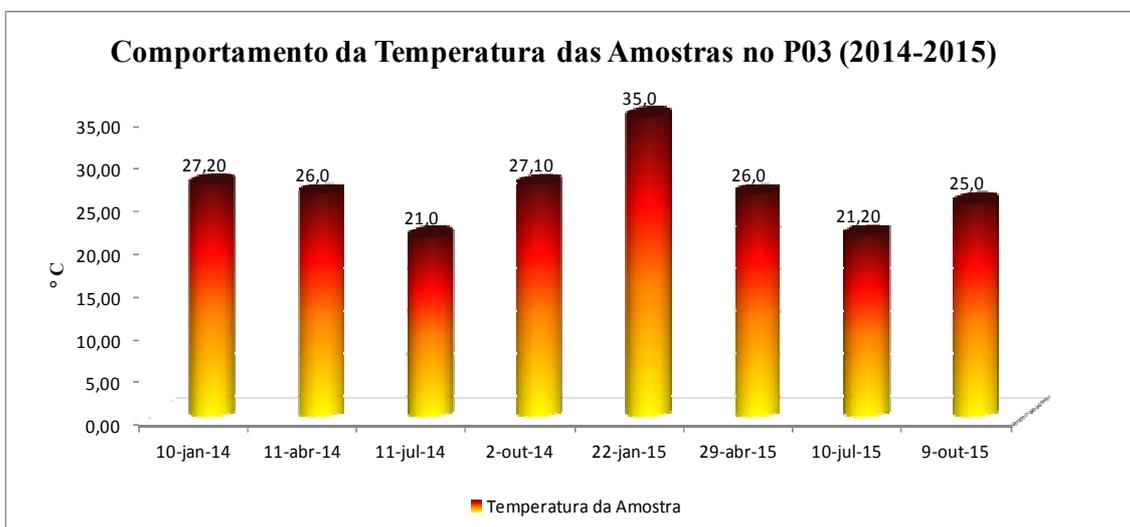


HISTOGRAMA 55. Comportamento das Temperaturas Amostrais do P01 (2014-2015)

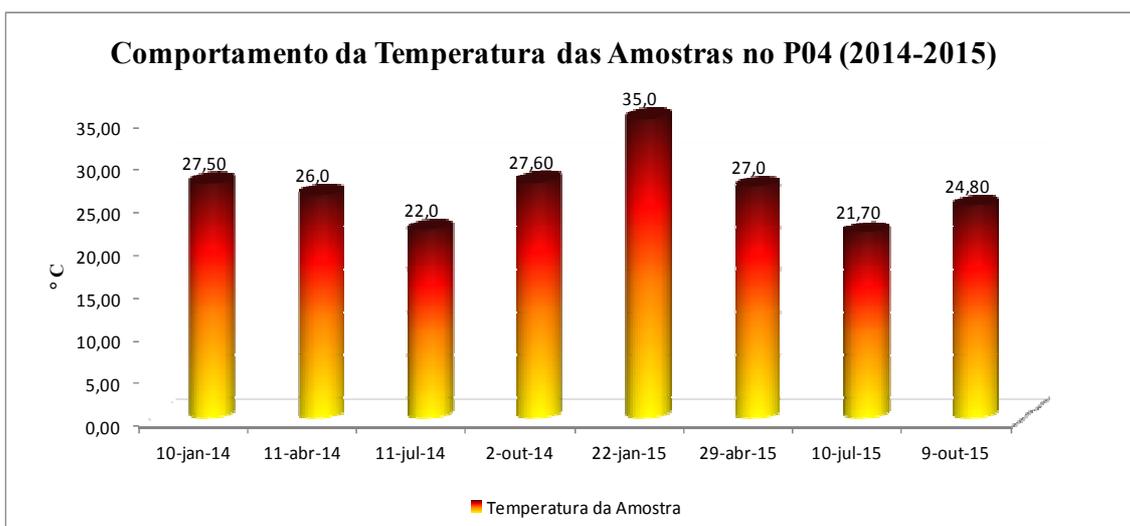
¹⁰ Ponto exato onde ocorre o primeiro contato do efluente com o corpo hídrico receptor.



HISTOGRAMA 56. Comportamento das Temperaturas Amostrais do P02 (2014-2015)



HISTOGRAMA 57. Comportamento das Temperaturas Amostrais do P03 (2014-2015)



HISTOGRAMA 58. Comportamento das Temperaturas Amostrais do P04 (2014-2015)

Em grande parte das amostragens o perfil traçado pela Fundação Nacional da Saúde se fez presente, onde as temperaturas no ano de 2014 variaram de 20 a 30°C, como apresentado por este instituto como variação padrão dos rios brasileiros. Já no ano de 2015 foram apresentados valores mais elevados de temperatura, inclusive no mês de janeiro, período este marcado pelo verão no hemisfério sul e intensificação dos raios solares, os quais tem contribuição direta na temperatura dos corpos hídricos.

O período de maior declínio das temperaturas em ambos os anos se faz no mês de Julho, o qual marca o inverno no hemisfério sul. Este período é característico da queda das temperaturas pelo predomínio de massas de ar frias e secas, que resultam em temperaturas ambientes reduzidas e assim em águas com temperaturas mais baixas.

Como poucas espécies de peixes conseguem sobreviver em temperaturas acima de 35°C (CETESB, 2015), observa-se que no mês de janeiro de 2015 ocorreram valores limitantes de temperatura, que pode influenciar na sadia qualidade da vida destes organismos e do fluxo de energia na cadeia trófica, contudo durante a amostragem não foi observado em nenhum ponto mortalidade de peixes.

Contudo no P03 em ambos os anos e com maior evidencia em 2015, foi perceptível pelo pesquisador odor característico (ovo podre) que está associado à liberação de ácido sulfídrico no ambiente aquático, que reduz o pH, deixando o ambiente mais ácido. O resultado da temperatura mais alto está relacionado ao horário aos quais as amostras foram coletas, os quais partem das 13 horas. Nos demais dias e pontos não ocorreram resultados que poderiam limitar a produtividade de mesofauna, inclusive a ictiofauna e as temperaturas estiveram no intervalo proposto pela FUNASA.

4.2.12 Comportamento dos Coliformes Fecais Durante a Rede Amostral

Segundo CETESB (2009) e FUNASA (2014) este indicador é definido como um grupo de microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a temperatura de 44-45°C, tendo como representantes as bactérias do gênero *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e principalmente pela presença do gênero *Escherichia coli* (*E. coli*), um bioindicador muito utilizado na interpretação de ambientes com poluição hídrica. Dos microrganismos ressaltados, a *E. coli* é a única que possui como fonte exclusiva as fezes dos homeotermos (homens e animais) sendo raramente encontradas em ambientes que não tenham recebido contaminação fecal.

As *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* podem ser encontradas em ambientes hídricos ricos em matéria orgânica natural ou antrópica, ou seja, sua presença pode ocorrer de forma natural e não induzida somente por despejo de efluentes sanitários e industriais, sendo assim uma implicação na identificação do avanço das atividades antrópicas sob o ambiente. Assim como relatado nos estudos do IGAM, ocorreu uma mudança na metodologia de análise do IQA, o qual passou a levar em consideração a partir de 2013 a *E. coli* em contrapartida dos coliformes fecais, uma vez :

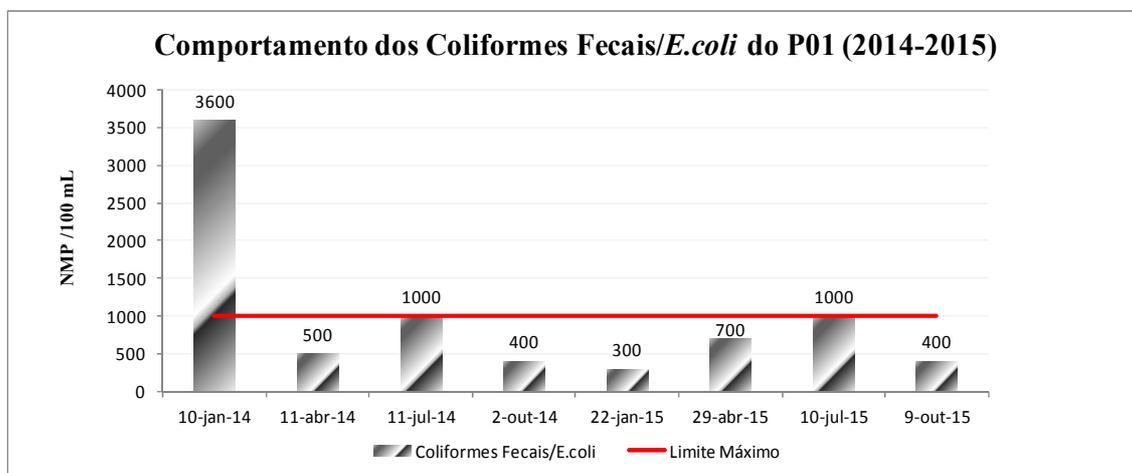
[...] estudos atuais que vem mostrando a espécie Escherichia coli como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, humana ou animal, uma vez que foram identificadas algumas poucas espécies de coliformes termotolerantes habitando ambientes naturais apresentando, portanto, limitações como indicadores de contaminação fecal (IGAM, 2015, p.14).

Conforme Projeto Águas de Minas, iniciado pelo IGAM em 1997 (IGAM 2009), a bacia do Rio Doce, desde o início do monitoramentos arca com uma série de parâmetros que violam o regimento das águas de classe 2. Um dos parâmetros que se despontam como de maior violação é o grupo coliformes fecais/*E.coli*, uma vez que pouquíssimas cidades que compõem essa bacia usufruem da instalação de Estações de Tratamento de Esgoto, lançando efluentes sanitários e industriais muitas vezes *in natura* nos corpos hídricos.

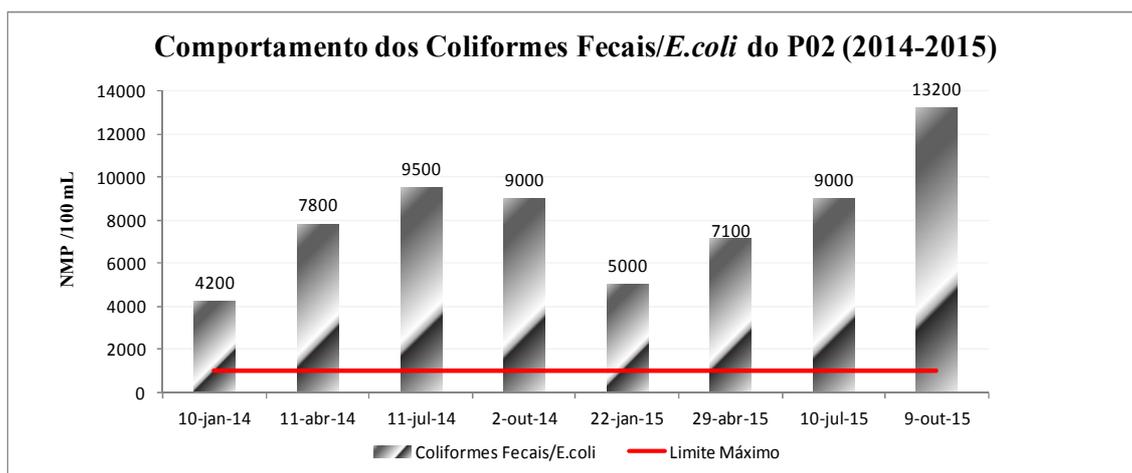
Aos pilares da Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 que rege sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, tem sua verificação efetuada através do fracionamento em classes de análises, sendo as mais usuais as análises físico-químicas e as análises bacteriológicas, sendo um dos requisitos para uma água potável é sua isenção de coliformes e *E.coli*.

O maior problema desse grupo bacteriano consiste em sua residência fora do corpo humano e com isso o consumo de água ou alimentos contaminados, pois algumas cepas de *E.coli* podem ser patogênicas e quando em contato oral, podem dar origem a vários problemas de saúde, tais como diarreias, meningite, infecções e outros problemas no trato urinário, ademais taxas elevadas de microrganismos podem induzir e acelerar a deterioração da qualidade da água, através do desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e a produção de limo ou películas.

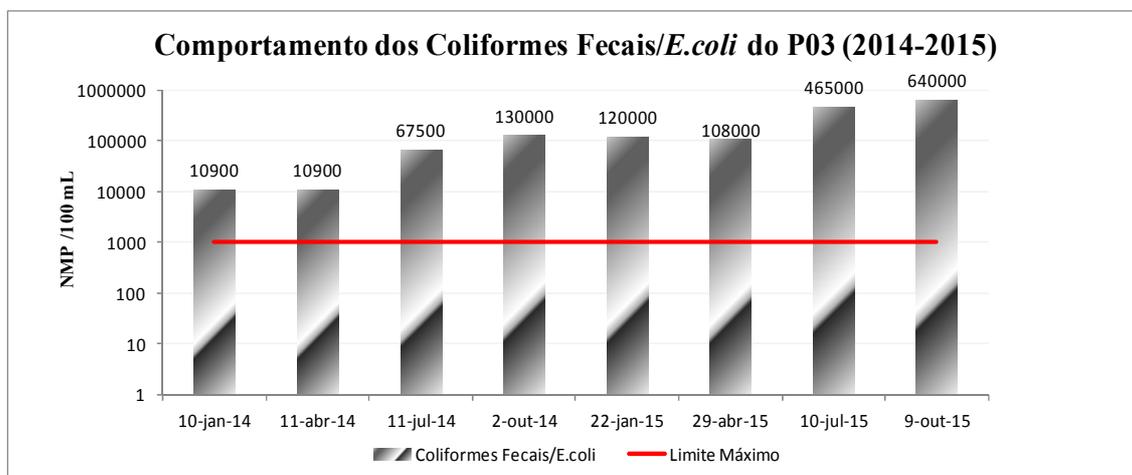
Nos histogramas posteriores serão apresentados os resultados de Coliformes Fecais/*E.coli* encontrados nas amostragens e os respectivos valores limítrofes utilizados pela CERH 01 de 2008 no enquadramento de águas de classe 2.



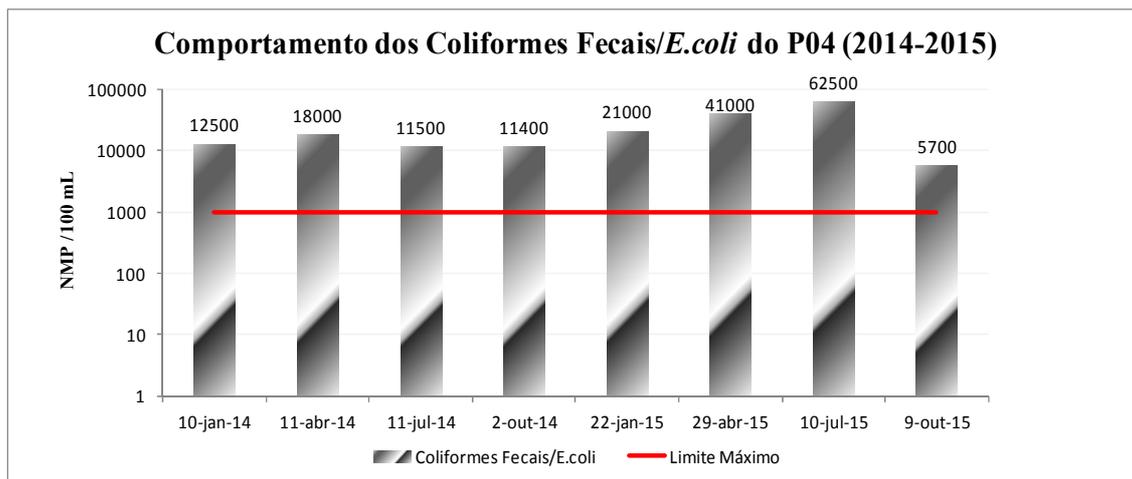
HISTOGRAMA 59. Comportamento dos Coliformes Fecais/*E.coli* do P01 (2014-2015)



HISTOGRAMA 60. Comportamento dos Coliformes Fecais/*E.coli* do P02 (2014-2015)



HISTOGRAMA 61. Comportamento dos Coliformes Fecais/*E.coli* do P03 (2014-2015)



HISTOGRAMA 62. Comportamento dos Coliformes Fecais/*E.coli* do P04 (2014-2015)

Como apresentado na série histórica de relatórios do IGAM (1997-2015), o parâmetro que mais se encontra em violação sobre os recursos hídricos da bacia do Rio Doce e da sub-bacia do Rio Piranga, consiste nas altas taxas de coliformes fecais. Exposto nesta pesquisa anteriormente, este grupo de bactérias são bioindicadores de contaminação hídrica por ordem fecal, guiada pelo lançamento de esgotos sanitários, industriais e de empreendimentos suínos e leiteiros.

Por intermédio das variáveis bacteriológicas pode-se discutir que o P01 durante as amostragens e realização dos resultados foi o que menos violara os ditames da portaria que se compara apenas em dois momentos os resultados apresentaram limítrofes e em um totalmente fora do permitido. Se comparado aos demais pontos, observa-se que a variação do índice coliforme neste P01 se deu em maior quantidade em período de precipitação e vazão mais elevadas (janeiro de 2014), os quais auxiliam no processo de escoamento superficial de dejetos animais e no escoamento de água em sub superfície em galerias de esgoto sanitário a montante da cidade de Ponte Nova, imbricando em resultados mais altos. Já nos demais dias amostrais a variação abaixo do limite permitido exprimem um prognóstico de um ponto do rio Piranga com reduzidas taxas de lançamento de efluentes enriquecidos com matéria orgânica (como ocorrido nos baixos valores de DBO) de *E.coli*, sendo um modelo a ser atingido com a construção de uma estação de tratamento de efluentes.

Aos demais pontos fica visível a intensificação do lançamento de efluentes ricos em bactérias fecais, com infrações que chegam a 650 vezes o valor permitido pela norma. As principais fontes de poluição advém dos esgotos sanitários, que vem afetando diversos parâmetros analisados ao longo desta pesquisa, como a DBO, a série

de sólidos, o fósforo e o nitrogênio. O próprio IGAM em seu relatório executivo de 2015, sobre as águas de Minas Gerais abordou que no ano de 2014 cerca de 50% de um total de 553 estações de amostragens distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari apresentaram resultados desconformes de *E.coli* à luz da portaria CERH 01 de 2008. E no ano de 2015 desse mesmo total de estações amostrais as que estavam em desacordo a norma se constituíam de um total de 51,8%, representando aumento de quase 2% de estações que apresentaram resultados irregulares.

É evidenciado por intermédio dos resultados encontrados o quão perigoso é o consumo da água do rio Piranga sem prévio tratamento, mesmo toda a cidade recebendo água tratada pelo DMAES, o contato direto com as águas *in natura* devem ser reduzidos sem equipamentos de proteção, uma vez que taxas elevadas de bactérias de ordem fecal estão intimamente ligadas à aquisição de diversas doenças e em casos mais graves à morte.

Almeida *et al.*, (2002) , Cardoso *et al.*, (2003) e Fattal *et al.*, (1993) em seus estudos apresentaram que o pescado tem assimilado matéria orgânica de ordem fecal, apresentando em alguns casos sinal positivo a presença de coliformes fecais no corpo destes animais. Esta pesquisa não desenvolveu pesquisa específica se existem níveis de contaminação da ictiofauna da sub-bacia do Piranga, contudo como estudos atuais tem apontado a presença de coliformes fecais acima do tolerável em peixes de águas doce, o consumo de animais vindos de ambientes contaminados podem acarretar sérios problemas à saúde, desde a aquisição de doenças de ordem patogênica a acumulação de metais pesados passados aos humanos pela cadeia trófica. Cabe aos pescadores do Piranga o devido cuidado na preparação do pescado para alimento e a necessidade por parte dos órgãos competentes a análise da ictiofauna e se for comprovada a presença excessiva e inviolável de microrganismos patogênicos proibir a pesca.

4.2.13 Comportamento do Oxigênio Dissolvido Durante a Rede Amostral

O oxigênio dissolvido é um gás em condição dissolvida, que está presente na água é um dos elementos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos corpos hídricos e seu potencial de depuração (ESTEVES, 1998). Segundo von Sperling (2007), ESTEVES (1998), CETESB(2009) e (KUBITZA,1998) o aporte de oxigênio na água

se dá pela dissolução de oxigênio atmosférico por diferença de pressão entre a água e o ar, pela ação dos organismos fotossintetizantes aquáticos e em ambientes que possibilitem que a água ganhe velocidade, como observado em cascatas e cachoeiras.

A água é considerada saturada em oxigênio em condições que a concentração de oxigênio dissolvido é aquela teoricamente possível sob as condições de salinidade, temperatura e pressão existentes, denominando essa concentração de concentração de saturação (CS). Assim quando a concentração atual de oxigênio na água for menor que a concentração de saturação, ocorre difusão do O₂ do ar para a água e quando a concentração de oxigênio na água for maior que a concentração de saturação, ocorre difusão do O₂ da água para o ar (KUBITZA, 1998). A dissolução de gases na água sofre a influência de distintos atores ambientais, tais como a temperatura, a pressão e a salinidade (FNS, 2014). Diante PÖPEL (1979), QASIM (1985) e von Sperling (2007) existem equações para se calcular a concentração saturação de oxigênio em função da temperatura(a), altitude(b) e da salinidade(c), modelos aos quais são utilizados por diversos órgãos de meio ambiente, pois facilita a compreensão e não são resultados tabelados estáticos.

$$C_s = 14,652 - 4,1022 \times 10^{-1} \cdot T + 7,9910 \times 10^{-3} \cdot T^2 - 7,7774 \times 10^{-5} \cdot T^3 \quad (02)$$

$$C_s' = C_s \times [1 - (A/9450)] \quad (03)$$

$$C_s' = (14,2 \times e^{-0,216 \times T} - 0,0016 \times C_{sais} \times e^{-0,0264 \times T}) \times (0,994 - 0,0001042 \times A) \quad (04)$$

Onde:

A = altitude, dada em metros (m);

C_s = concentração de saturação de oxigênio dada em miligramas por litro (mg/L)

C_s' = concentração de saturação de oxigênio dissolvido com a altitude corrigida dada em miligramas por litro (mg/L);

C_{sais} = concentração de sais na água, dada em miligramas por litro (mg/L);

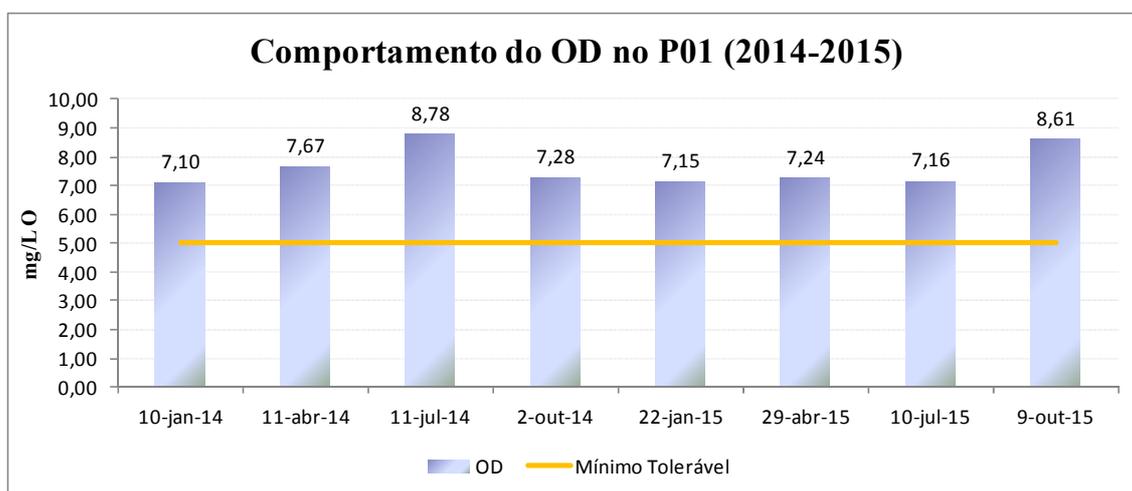
T = temperatura da água em graus Celsius (°C).

A temperatura influencia diretamente os processos de oxidação e respiração dos organismos aquáticos, acelerando ou retardando processos. Segundo ESTEVES (1998) a ação da temperatura sob os micro-organismos se dá a luz das regras da lei de Van T'Hoff, a qual argumenta que se ocorrer aumento em 10°C na temperatura de uma

solução, pode-se duplicar ou triplicar a velocidade das reações, intensificando em ambientes aquáticos a ação dos organismos aeróbicos na síntese da matéria orgânica, no processo de nitrificação (oxidação da amônia em nitrito e deste ultima em nitrato) e na liberação excessiva de gás carbônico na água.

Ademais o aumento de temperatura e da concentração de CO_2 na água podem culminar na acidificação do meio e declínio do pH. Já o índice pressão está muito voltado à altitude do corpo hídrico, uma vez que condições altimétricas elevadas podem fornecer menos oxigênio, uma vez que este se torna mais rarefeito, além do mais, em condições de temperatura elevada a pressão também tem tendência a apresentar maiores valores. A salinidade está relacionada à quantidade de íons (sais dissolvidos) oxidantes no meio, os quais na presença de oxigênio se oxidam e muita das vezes precipitam, como uma gama de metais, eles sequestram o oxigênio dissolvido para assumirem sua forma mais estável.

Abaixo seguem as sistematizações dos resultados de Oxigênio Dissolvido encontrados nas amostragens e sua comparação através da DN CERH 01 de 2008, que apresenta que as águas que se enquadram na classe 2 deverão apresentar oxigênio mínimo de 5 mg/L.

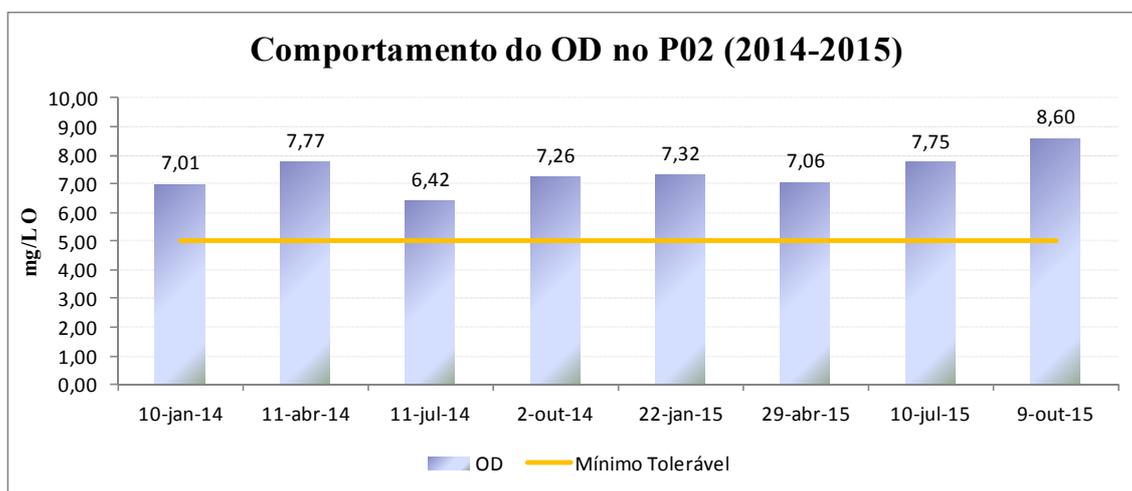


Histograma 63. Comportamento do OD no P01 (2014-2015)

Através das medições do Oxigênio Dissolvido *in loco* durante os anos de 2014 e 2015, o P01 segundo a norma que se compara, apresentou resultados satisfatórios de oxigênio dissolvido, permanecendo todos acima do limite especificado pela norma. Em algumas datas, tais como 11.07.2014 e 09.10.2015, ocorreram taxas de oxigênio dissolvido maiores que as demais, sendo que ambos os momentos se verifica índices de

vazão reduzida do rio Piranga, o que induz a dizer neste período ocorrera à baixa concentração de chuvas.

A redução da precipitação nos meses de julho de 2014 e outubro de 2015 podem resultar em menor diluição dos lançamentos sobre o rio Piranga e sua possibilidade de sedimentação no substrato hídrico. É neste momento que ocorre desorção dos elementos contidos no sedimento, de forma lenta e gradual. Fato da lentidão desse processo são os índices baixos de Nitrogênio e Fósforo neste ponto amostral, o que prediz que os elementos liberados estão sendo rapidamente assimilados pelos organismos planctônicos, que podem aumentar a taxa fotossintética (maior quantidade de indivíduos) liberando mais oxigênio no meio e assim explicando a presença de concentrações diferenciais e altas de OD.



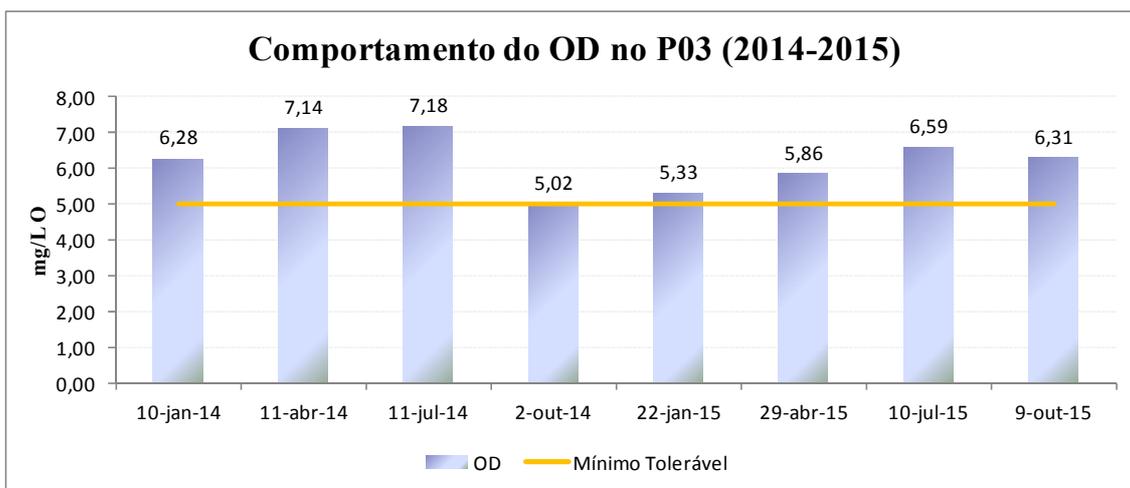
Histograma 64. Comportamento do OD no P02 (2014-2015)

Por intermédio da interpretação dos resultados do P02, podemos concretizar que em todas as amostragens os resultados estiveram acima do valor limítrofe estipulado pela norma CERH 01 de 2008, com oxigênios variando de 6,42 à 8,60 mg/L e com predomínio de oxigênios na faixa de 7 a 7,77 mg/L.

Foi observada por meio da sistematização dos dados e em comparação entre os pontos amostrais a presença de valores mais distantes do P01, evidência disto foi encontrada nas análises do mês de julho de 2014, uma vez que este ponto apresentara resultado de 8,78 mg/L de OD e o ponto P02 deste mesmo mês apresentara valor de 6,42 mg/L de OD. Esta variação tão grande dos pontos amostrais tem relação ao consumo de oxigênio dissolvido na degradação da matéria orgânica, uma vez no P02 já são encontrados taxas mais elevadas de DBO, nitrogênio, nitratos e fósforo que o ponto

01, explicação disso se dá pelo no consumo de OD no processo de nitrificação onde ocorre a oxidação da amônia e nitrito para formarem os nitratos, que como já salientado na rede amostral destes elementos, consiste na forma mais oxidada do ciclo do nitrogênio.

Como o ponto 02 já recebe diretamente despejo de efluentes da cidade de Ponte Nova, já se tem uma condição de maior recarga de nutrientes orgânicos neste ambiente, além da presença dos complexos nitrogenados e fosfatados diretos e pouca dessorção do substrato, isso tem ocorrido porque os nutrientes disponíveis e em maior escala que no P01, tem promovido ainda mais crescimento de algas que realizam mais fotossíntese durante o dia e por meio disso a liberação de oxigênios com taxas cima de 8,0 mg/L. Tomando aqui o cuidado em salientar que o aumento anormal de OD neste ponto se caracterizou pelo aumento da realização da fotossíntese devido ao aumento nutritivo e não da base para predizer que ocorreu autodepuração, onde incide balanço entre consumo e produção de oxigênio.



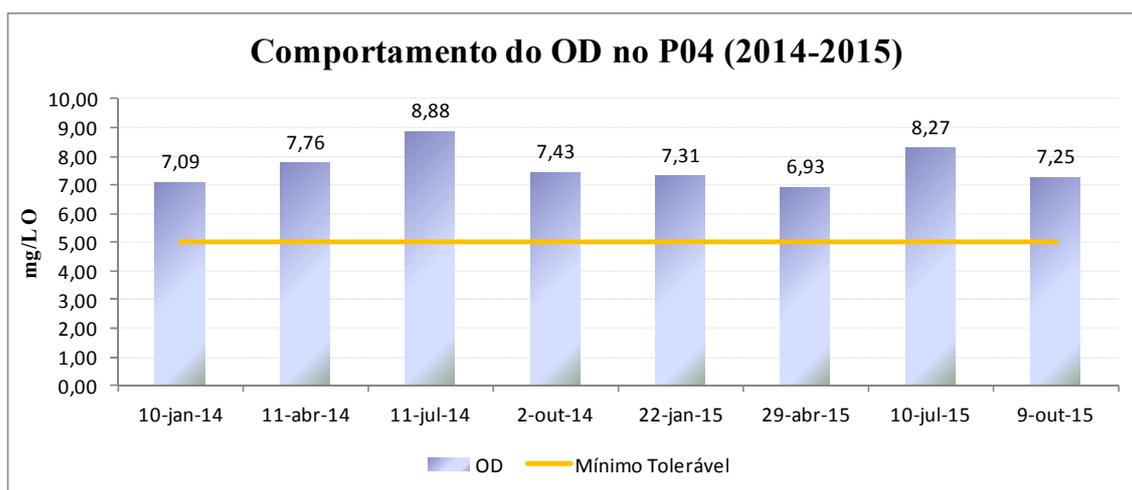
Histograma 65. Comportamento do OD no P03 (2014-2015)

Visualizando a disposição e os dados de OD do P03 a luz da CERH 01 de 2008, pode-se interpretar que todos os resultados encontrados neste ponto amostral estão localizados acima do limite mínimo estipulado pela norma. Contudo em algumas vezes este ponto apresentara-se no limiar para condições desfavoráveis á norma, como evidenciado no mês de outubro de 2014 e nos meses de janeiro e abril de 2015, mesmo assim apresentando no geral resultados inferiores aos demais pontos já abordados.

Os resultados próximos ao limite mínimo induzem ao consumo de oxigênio no meio, que neste ponto amostral tem relação direta ao teor de lançamentos de efluentes

domésticos e indústrias a montante do ponto amostral, representada por valores invioláveis de DBO e Fósforo Total e taxas elevadas Nitrogênio Total.

Diferentemente do P01 e P02 cujo parâmetro turbidez é encontrado no geral mais reduzido, o P03 apresentara ao decorrer das amostragens teores de turvação superior, devido ao material suspenso insolúvel e a presença em sub superfície de teores elevados de sólidos dissolvidos, estas duas condições somadas dificultam a penetração de raios solares, reduzindo a ação dos organismos aeróbicos, inclusive os fotossintetizantes que permitem por meio de seu metabolismo a liberação de oxigênio na água. Além do mais durante as amostragens foi relatado pelo amostrador que neste ponto amostral exalava odor de ovo podre, que como já abordado em diversas etapas desta pesquisa, indicaram a liberação de gás sulfídrico no ambiente, resultado da ação de bactérias anaeróbicas neste local.



Histograma 66. Comportamento do OD no P04 (2014-2015)

O último ponto amostral perante a norma que se compara apresentou durante todas as amostragens resultados satisfatórios de oxigênio dissolvido, permanecendo em todos os momentos, como nos demais pontos, condições de OD acima do limite mínimo expresso pela CERH 01 de 2008. Nos meses de julho em ambos os anos amostrais destoaram-se como os maiores valores, este período, marca uma fase onde ocorre redução da precipitação e concentração de nutrientes no corpo hídrico, esta ação pode culminar no acréscimo de algas e demais organismos fotossintetizantes que sintetizam grande parte desses nutrientes e em contrapartida liberam ao meio oxigênio como produto.

Os resultados mais satisfatórios neste último ponto são expressos devidos à degradação da matéria orgânica a montante deste, reduzindo também a concentração de sólidos dissolvidos e materiais em suspensão. Já a contribuição fotossintética de oxigênio só foi expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além da função de decompositores, são predadores que consomem bactérias, reduzindo assim a cor e turbidez das águas e permitindo a penetração de luz (CETESB, 2009).

Os reflexos principais da melhora das condições orgânicas do Piranga diante dos pontos amostrais são observados com a redução dos níveis de DBO e Coliformes Fecais do P03 para o P04, onde o percurso que separa estes pontos criara condições de sintetização e redução de uma parte da carga lançada sob o rio. No entanto os resultados em muitos dos casos analisados residem próximos aos limites especificados para águas de classe 2, como resultado final deste conjunto de situações podemos identificar o não enquadramento do rio como uma zona de águas limpas (Figura 5) onde são encontrados uma maior quantidade de organismos aquáticos.

No entanto para uma melhor aquisição no processo de depuração dos corpos hídricos é necessário que se reduza o teor de material orgânico lançado, uma viabilidade necessária consiste no tratamento dos efluentes lançados. Nas ETEs (Estação de Tratamento de Esgoto) os valores da DBO, Coliformes Fecais, Sólidos Totais e Turbidez advinda dos esgotos sanitários podem ser reduzidos, nas etapas de filtração dos efluentes e sua degradação nos reatores anaeróbicos, deixando o recurso hídrico mais distante das condições anômalas e invioláveis em custódia da norma, uma vez que seu efluente é captado, contribuindo para uma melhor qualidade do ambiente ao que se aborda.

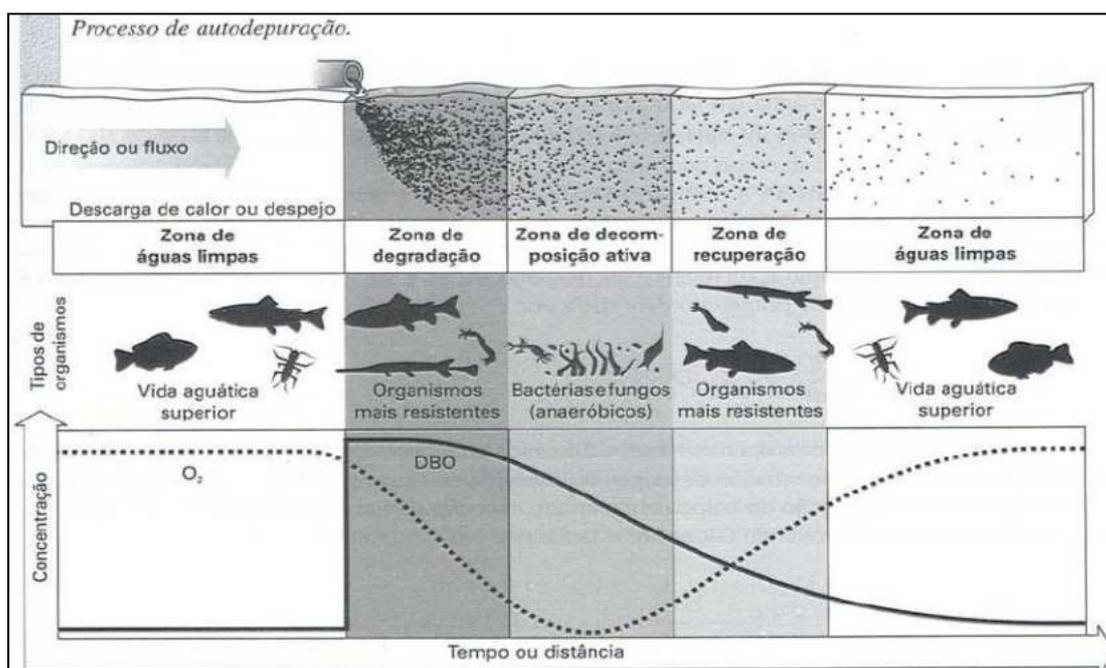
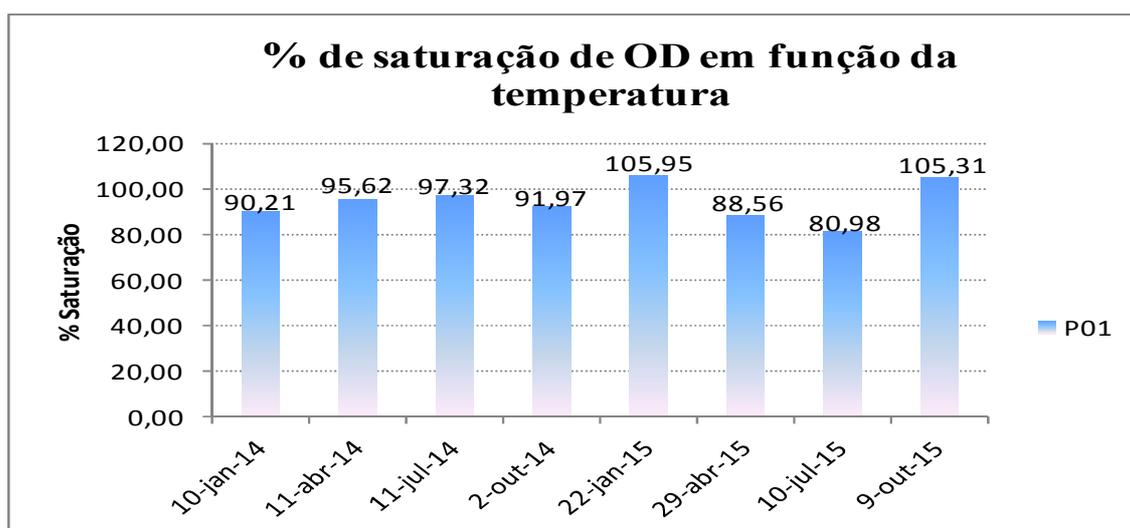
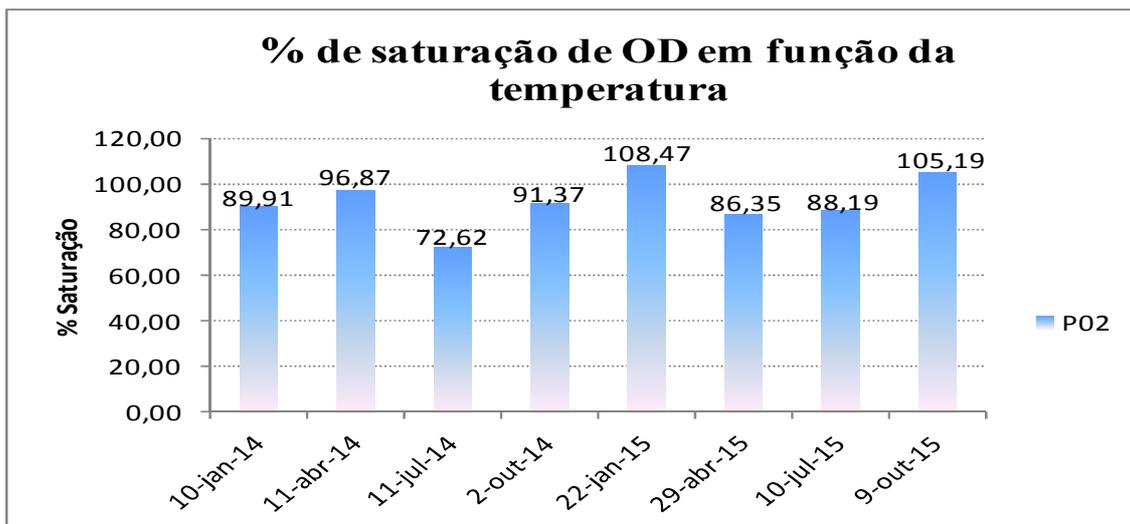


Figura 5. Zonas de autodepuração e principais organismos de cada zona. Fonte: Braga *et.al.*, 2005.

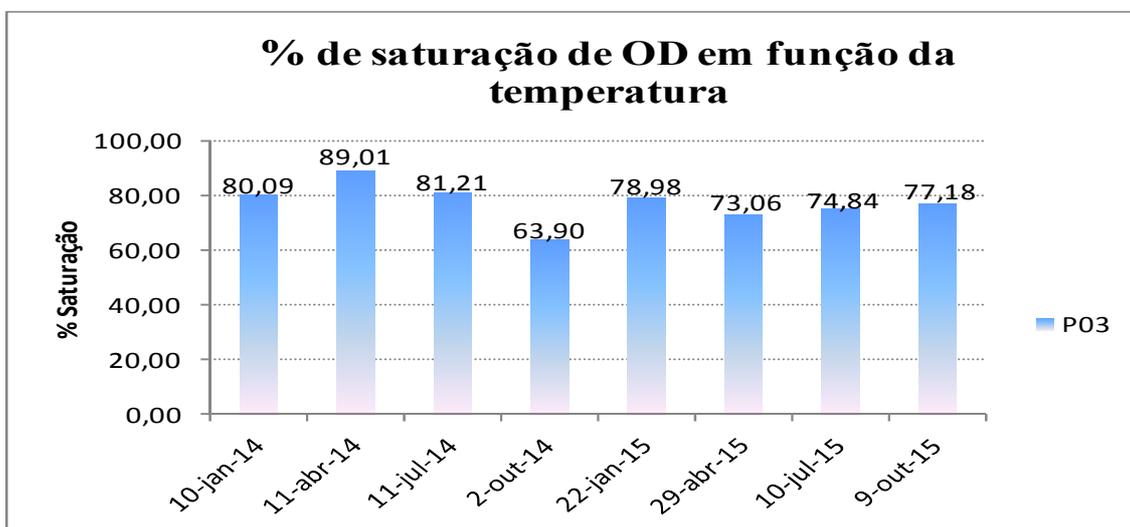
Perante von Sperling (2007), ESTEVES (1998), CETESB (2009) e FUNASA (2014) é recorrente o uso do índice de saturação de oxigênio em pesquisas sobre o fluxo de oxigênio na água, este índice expressa o percentual de oxigênio retido na água que está disponível para a biota. Abaixo seguem histogramas com a série histórica utilizada nesta pesquisa para o cálculo de IQA.



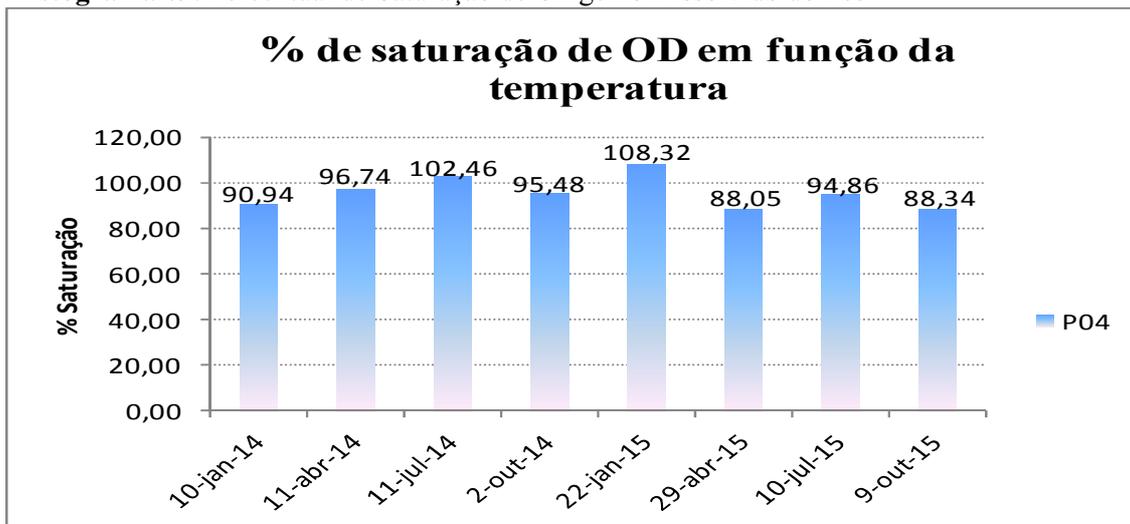
Histograma 67. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P01



Histograma 68. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P02



Histograma 69. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido do P03



Histograma 70. Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido no P04

Segundo informações do Manual para Formação e Capacitação de Grupos Comunitários em Metodologias Participativas de Monitoramento da Qualidade da Água

elaborado pela EMBRAPA em 2011 a interpretação dos índices de saturação se dão pela tabela abaixo:

Tabela 9 – Interpretação do Índice de Saturação

Porcentagem da Saturação	Condição hídrica em função do OD
< 60%	Pobre; água pode estar muito quente ou com bactérias podem estar consumindo o OD
60% - 79%	Aceitável para a maioria das espécies
80% – 125%	Excelente para a maioria das espécies
125% ou mais	Muito alta, podendo ser perigoso para os peixes.

Fonte: EMBRAPA, 2011.

Concatenando as interpretações expressas pela EMBRAPA (2011) diante ao cenário dos resultados de saturação preexistentes, pode-se salientar que o percentual de saturação varia entre 63,90% a 108,47% o que permite dizer que diante desta interpretação os índices estão em conformidade tendo uma parcela total de 18,75% de condições aceitáveis para a maioria das espécies e deste valor 62,50% das condições medianas estão localizadas no P03, o mais crítico de todos os pontos, identificando-o próximo a condições de baixa oxigenação. Já os 81,25% restantes identificaram-se como excelentes para a maioria das espécies, com condições 100% excelentes no P01 e P04, demonstrando a partir deste índice que mesmo em condições críticas nos demais pontos amostrais, está ocorrendo recuperação da oxigenação no ambiente, ou seja, melhora das condições à mesofauna aquática que necessita de oxigênio em seu metabolismo.

Cabe agora avaliar conjuntamente todos os índices, os quais serão expressos pelos valores de IQA, cuja metodologia mais simples busca discutir através de um único valor a relação de todas as variáveis até aqui expostas, tornando a informação mais clara para o público, seja ele inserido nas discussões ambientais ou não.

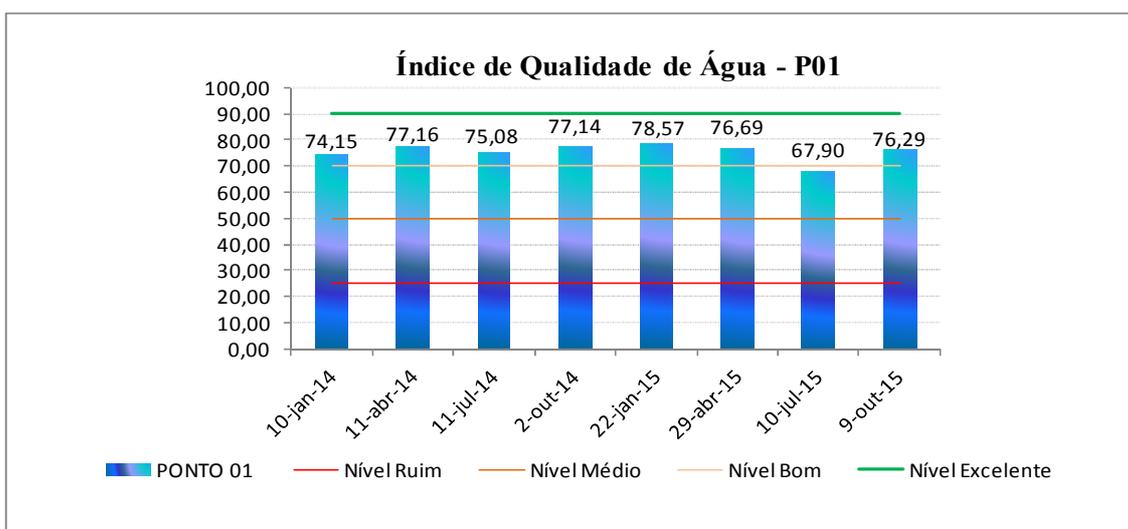
4.2.3 Comportamento do IQA Durante a Rede Amostral

O índice de qualidade das águas (IQA) indicador que avalia a contaminação dos corpos hídricos superficiais em decorrência de matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes (IGAM, 2016) tem como foco principal simplificar a interpretação dos parâmetros de qualidade de um determinado corpo hídrico a partir da atribuição de

notas (0 a 100) de classificação, de modo a facilitar a comunicação com o público não técnico (FREITAS *et al.*, 2011).

Contudo através da contextualização dos parâmetros que compõem o IQA de forma individual é visível o peso de cada elemento na aquisição final dos resultados do IQA, uma vez que devido a seu caráter reducionista pode mascarar ou subestimar a qualidade real da água do corpo hídrico em pesquisa, sendo importante nos estudos atuais a interpretação destas variáveis de forma segmentada para compor um trabalho mais completo, dinâmico e realístico para o público em geral e população em geral.

Segundo dados de Monitoramento das Águas de Minas realizado pelo IGAM, no ano de 2015 o IQA apresentou piora em relação aos resultados observados em 2014. Pela dinâmica dos resultados constatou-se que ocorreu uma redução da ocorrência do IQA Bom que passara de 39% em 2014 para 35% em 2015 e predominância do IQA Médio, que reduziu de 44% em 2014 para 43% no ano seguinte. A análise revelou, ainda, que a ocorrência de IQA Muito Ruim apresentara ligeira redução, passando de 3% para 2% em 2015, mas as ocorrências de IQA Ruim aumentaram, passando de 14% em 2014 para 20% em 2015. Ressalta-se que a ocorrência de resultados na faixa Excelente permaneceu com 1% de ocorrência em 2015 se comparada ao ano anterior, concentrando-se, nas bacias do rio Doce, São Francisco e rio Jequitinhonha (IGAM, 2015, p.28).

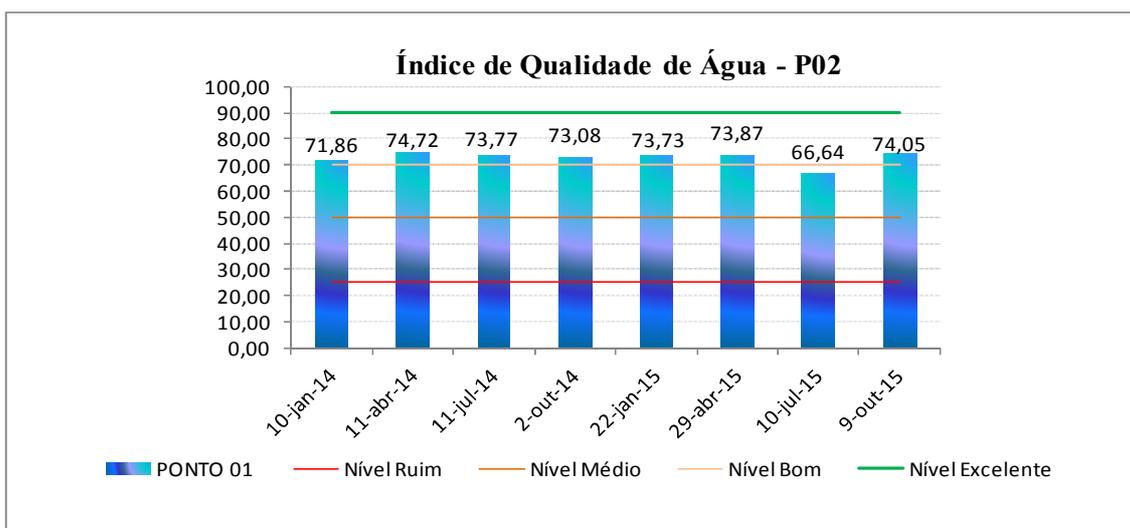


Histograma 71. Índice de Qualidade de Água do P01

Observando a disposição das variáveis do P01 e sua consolidação através do cálculo do IQA, pode-se concluir que em 87,5% dos resultados encontrados

apresentaram-se na classificação de nível Bom ($70 < IQA \leq 90$) e que 12,5% das condições encontradas foram classificadas como médias ($50 < IQA \leq 70$). O resultado com preponderância positiva tem seu reflexo constatado pelo predomínio de condições favoráveis à legislação na interpretação individual dos parâmetros que compõem o cálculo deste índice no ponto que se fala.

Por outro lado a presença da nota média em uma das campanhas demonstra a influência conjunta dos parâmetros analisados, que em grande parte apresentaram-se em condições favoráveis à norma, residiram em condições superiores às outras campanhas, com evidência de uma demanda de oxigênio de 3,72 mg/L representando o maior valor dessa demanda no P01, além de expressivas concentrações de Nitrogênio Total, da Presença limítrofe de Coliformes Fecais e a presença do maior valor de Nitrato encontrado neste ponto, fatores que quando somadas suas influências auxiliam no declínio dos valores do IQA.

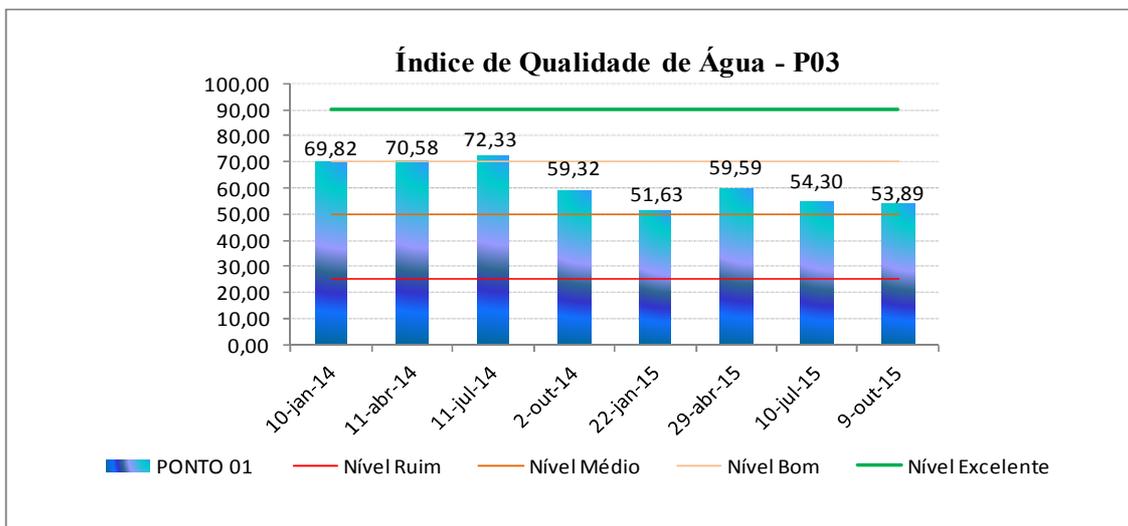


Histograma 72. Índice de Qualidade de Água do P02

Diante da consolidação dos resultados de IQA apresentados no P02, foi observado pela dinâmica dos valores uma proximidade qualitativa à interpretação do P01, uma vez que em 87,5% dos resultados demonstraram nível classificatório Bom e apenas 12,5% apresentara condições de nível Médio.

No entanto os valores deste ponto amostral apresentaram declínio se comparados ao ponto amostral anterior, sendo observada uma disposição mais próxima da interface médio/bom que bom/excelente. De forma geral o declínio dos resultados e a disposição atual destes valores sofreram variação em função das altas e invioláveis concentrações

de Coliformes Fecais/*E.c* ,valores próximos ao limite máximo permitido de DBO e concentrações superiores de Fósforo Total, Nitrogênio Total e Fosfato Total se comparados ao ponto anterior e culminando de forma conjunta estes parâmetros foram responsáveis pelo declínio da classificação predominante boa para a condição média em uma das campanhas amostrais.



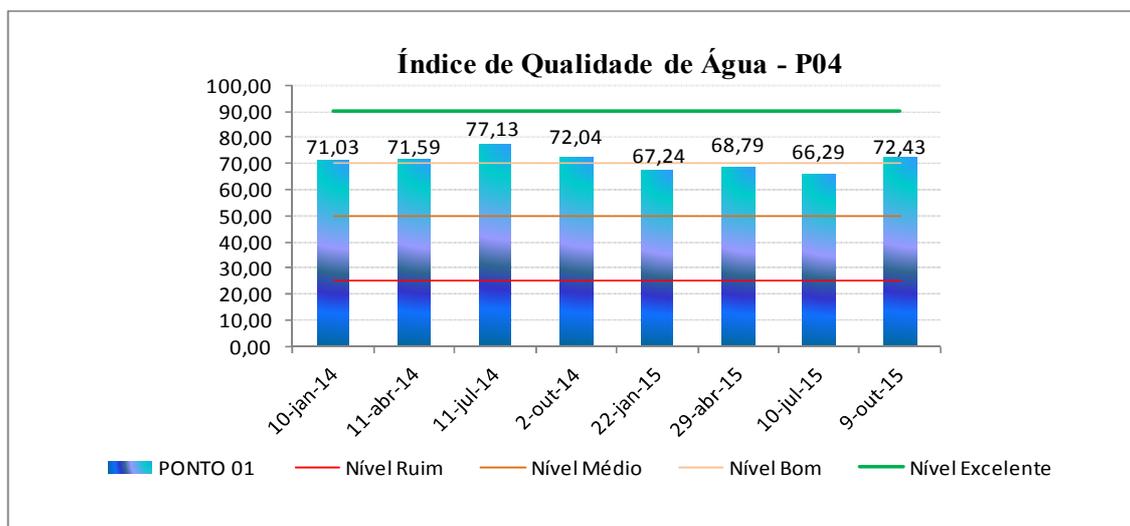
Histograma 73. Índice de Qualidade de Água do P03

Visualizando as taxas e disposição dos resultados analíticos individuais encontrados no monitoramento do P03 pode se prever que existem duas condições bem definidas acontecendo para resultar em condições dispare de IQA neste ponto amostral, a primeira consiste em resultados com maior tolerância aos indicadores constantes da norma até a data de 11.06.2014 e um segundo estágio marcado a partir desta data, onde as condições hídricas decaem relativamente.

O primeiro estágio, com predomínio de condições boa/média adquiriu tal classificação devido a boas condições de oxigenação e saturação de oxigênio, de valores de DBO que mesmo em estado limítrofe não infringem a norma existente, além de concentrações de fósforo total e fosfato em condições próximas das condições boas dos pontos anteriores. No entanto os resultados foram desfavoráveis pela presença de altas taxas de Coliformes Fecais/*E.c* e concentrações bem superiores aos demais pontos de Nitrogênio Total, estes fatores e seus pesos ajudaram a diminuir ainda mais os índices de IQA encontrados neste ponto amostral.

O segundo estágio, caracterizado por predomínio de condições médias de IQA e em um caso interface média/ruim (22.01.2015) praticamente todas as campanhas

apresentaram-se em condição de pH ácido, condições de liberação de gás sulfídrico pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica, valores de DBO chegando a 700% acima do limite tolerável e de Fósforo Total a 12.500% do limite tolerável, contudo as condições de oxigenação estiveram contidas a condições aceitáveis a maioria das espécies aquáticas (mesmo apresentando consumo relativo de OD na estabilização da matéria orgânica), fato o qual não resultou no enquadramento total deste ponto amostral em condições médias/ruins, já que diversos outros parâmetros resultaram em péssimas condições ambientais. As taxas de Coliformes Fecais no ponto que se fala se enquadram como as maiores, refletindo o grau de contaminação Fecal neste local e evidenciando assim a drástica redução dos valores de IQA perante os demais pontos amostrais. É no caso deste ponto amostral que as análises segmentadas ajudam a explicar os baixos índices, uma vez que o item de maior peso (Saturação de OD) se manteve satisfatório e outras variáveis importantes apresentaram Comportamento violável a norma CERH 01 a qual se compara os resultados e mesmo assim não foi constatado condições evidenciadas no nível ruim.



Histograma 74. Índice de Qualidade de Água do P04

No último ponto amostral, percebe-se a retomada de índices melhores na microbacia do Piranga, sendo observada a presença de 62,5 das classificações de qualidade como sendo de nível bom e um total de 37,5% de nível médio. Essa interface positiva é resultante da melhoria da condição de diversos parâmetros se comparados ao P03, que se consagra como o ponto amostral de valores mais críticos e de massiva presença de altos teores orgânicos (DBO) e taxas elevadíssimas de Coliformes Fecais.

O que se pode inferir sobre os resultados no P04 é uma relativa melhora das condições hídricas e do decréscimo da disposição e concentração de material orgânico, reflexo de tal informação consiste ao retorno das taxas de DBO a condição conforme a norma CERH 01, permeando em valores próximos ao limite tolerável para águas de classe 2, além de manter um total de 62,5% de condições básicas de pH, que demonstram de forma indireta concentrações menores de soluções ácidas e menor concentração de CO₂, cuja presença em grau elevado, marcam grau avançado de decomposição da matéria orgânica e processos de anaerobiose.

Outra condição importante a ser salientada, consiste na redução dos valores de fósforo e fosfato total do P04 em relação ao ponto anterior, uma vez que estes elementos são nutrientes essenciais a uma parcela significativa de organismos aquáticos e os quais os assimilam em seu metabolismo, reduzindo sua concentração no meio. Seguindo esta perspectiva de redução fosfatada, estudos apontados nessa pesquisa abordam que o processo de adsorção do sedimento hídrico tem capacidade de reter parcela razoável destes elementos, retornando-os de forma lenta ao ambiente e podendo contribuir na melhora dos resultados de IQA do P04.

Além das contribuições citadas, um fator determinante e limitante nas condições do último ponto amostral é a saturação de oxigênio dissolvido, cujos valores durante a rede amostral do P04 se apresentaram em condições excelentes á para a maioria das espécies, uma vez que oxigênio voltara a ficar retido e disponível á mesofauna aquática.

No geral todas as características que sobrecaem sobre este ponto indicam melhores condições ambientais, contudo mesmo apresentando redução de diversas variáveis, algumas delas de forma segmentada ainda infringem a portaria que rege as águas de classe 2, como a presença exorbitante de *Escherichia coli* e ainda concentrações superiores de fósforo, aos quais demonstram em série que o rio esta respondendo de forma positiva à redução/depuração do distúrbio sofrido pelo lançamento de efluentes sem tratamento, deixando claro a necessidade de investimento público na promoção e suporte à recuperação do recurso hídrico trabalhado.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por intermédio do monitoramento bianual do Índice de Qualidade de Água e da avaliação segmentada dos parâmetros que compõem este índice, coube observar que os Trechos Urbanos da cidade de Ponte Nova têm recebido ao decorrer dos anos taxas altíssimas de material orgânico, o qual é enriquecido por concentrações exorbitantes de Coliformes Fecais, Fósforo Total, Fosfato Total e compostos nitrogenados, informações que corroboram o papel do lançamento dos esgotos domésticos nos níveis de contaminação do Rio Piranga.

Reflexo da disposição e concentração de 9 parâmetros, a técnica do IQA demonstrou um predomínio de condições de nível bom e médio nesta microbacia, sob boas condições de oxigenação, cujo parâmetro é de maior peso no cálculo deste índice. A análise de cada parâmetro de forma segmentada tem o papel de demonstrar sua verdadeira ação sob o ambiente e ajuda a explicar os níveis de IQA, uma vez que somente o índice pode mascarar ou subestimar os resultados, chegando a interferir mesmo que em escala muito reduzida a níveis de classificação diferentes da real situação do ambiente.

De acordo com o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce no que tange o tratamento de efluentes urbanos, considerava-se que até 2015 os principais municípios desta UPGRH deveriam ter tratamento dos efluentes urbanos capaz de propiciar uma redução significativa da DBO, sendo que até 2020 todos os municípios da UPGRH devem ter algum tipo de tratamento dos efluentes urbanos. Estas datas foram fixadas considerando-se os investimentos já previstos, a convocação para licenciamento dos sistemas de tratamento de esgotos da Secretaria Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMAD) de Minas Gerais e o projeto Rio Doce Limpo, que previa uma redução de 90% da carga de esgoto até 2020, contudo devido ao agravamento das condições hídricas possibilitadas pelo derrame de lama de uma empresa privada, cabe aos órgãos gestores investimentos nos corpos hídricos que compõem a afetada bacia, inclusive o Rio Piranga, localizado a montante do distúrbio ambiental.

A consolidação dos resultados aponta de maneira unilateral a importância do prosseguimento de ações de saneamento, por meio da tomada de decisões mais

imediatos na ampliação e construção das estações de tratamento de esgoto, da fiscalização mais efetiva pelos órgãos pertinentes aos empreendimentos potencialmente poluidores, na gestão municipal dos resíduos sólidos municipais e na garantia da qualidade do tratamento dos resíduos municipais, visando minimizar os impactos das atividades antrópicas e de promover ações de melhoria contínua da qualidade das águas.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. Geomorfologia, 20:26-52, 1970
- ALMEIDA, Regis Rodrigues De. "**Domínios Morfoclimáticos**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/dominios-morfoclimaticos.htm>>. Acesso em: 30 de abr.de 2016.
- ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012**. 1ª edição. Brasília/DF, Brasil. Agência Nacional das Águas, 2012.
- ANA. Portal da Qualidade das Águas: **Enquadramento**. PNQA/ANA, 2009. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> >. Acesso em: 05 de maio de 2016.
- ASSUNÇÃO, F. N. & BURSZTYN, M. A. A. **As políticas das águas no Brasil**. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/neta.pdf> >. Acesso em 12 dezembro de 2015.
- BOFF, Leonardo. **Os limites do capital são os limites da terra**. 17 janeiro de 2009. Disponível em:< <http://cartamaior.com.br/?/Editoria/Economia/Os-limites-do-capital-sao-os-limites-da-Terra%0d%0a/7/14382> >. Acesso em: 22 de março de 2016.
- BORDALO, A. A., TEIXEIRA, R., & WIEBE, W. J. (2006). **A water quality index applied to an international shared river basin**: The case of the Douro River. *Environmental Management*, 38, 910–920.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson, 2005
- BRASIL. **Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília/DF, Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1981.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília/DF, Brasil. Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília/DF, Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1997.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - **Resolução CONAMA 357/2005 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 09 de abril de 2016.
- BROWN, R. M., N. 1. MCCLELLAND, R. A. DEININGER, and R. G. TOZER. 1970. **A water quality index - do we dare?** *Water Sewage Works* Oct: 339-343.

Calijuri, M. C., Deberdt, G. L. B. and Minoti, R. T. (1999), **A produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Salto Grande (Americana - SP)**. In: Henry, R. (Ed.) *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fapesp/Fundibio.

CARDOSO, N.L.C.; ANDRÉ, M.C.D.P.B.; SERAFIM, A.B. **Avaliação microbiológica de carne de peixe comercializada em supermercados da cidade de Goiânia-GO**. *Hig. Aliment.*, volume 17, n.109, p 81-87, jun. de 2003.

CHELLA, M. R.; FERNANDES, C. V.S.; FERMIANO, G. A.; FILL, H. D. **Avaliação do Transporte de Sedimentos no Rio Barigüi**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Paraná, v.10, n.3, p. 105-111, 2005.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: Apêndice B**, Série Relatórios. 2009.

_____. **Índice de Qualidade da Água (IQA)**. 2011. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%E1guas-superficiais/108-%EDndices-de-qualidade-das-%E1guas> > . Acessado em: 09 de junho de 2016.

_____. **Mortandade de Peixes - Temperatura da Água**. São Paulo, 2015, p.1. Disponível em: < <http://mortandadedepeixes.cetesb.sp.gov.br/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua> > . Acesso em: 14 de maio de 2016.

CORRÊA, Maria. Leticia. **Contribuição para uma história da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código de Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica**. Política & Sociedade (Impresso). Florianópolis, v. 1, n.6, p. 255-291, 2005.

EMBRAPA Agroindústria Tropical. **Manual para Formação e Capacitação de Grupos Comunitários em Metodologias Participativas de Monitoramento da Qualidade da Água – módulo III: avaliação físico-química**. 1.ed.online, Fortaleza, CE, p.1-50, abr. 2011.. Disponível em:< http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/down/index.php?pub/Doc_135.pdf > Acessado em: 19 de maio de 2016

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

_____. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.826 p.

FATTAL, B.; PUYESKY, Y.; EITAN, G.; DOR, I. 1993. **Removal of indicator microorganisms in wastewater reservoir in relation to physico-chemical variables**. *Water Science and Technology*. 27,p: 321-329.

FERNÍCOLA, N.G.G. de & AZEVEDO, F. A. **Metemoglobinemia e nitrato nas águas**. Rev. Saúde públ., S. Paulo, 15:242-8, 1981.

FOSTER, G.R. **Modeling the erosion process**. In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRAKENSIEK, D.L. (Ed.). Hydrologic modeling of small watersheds (Monograph). St. Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1982. p.297-380.

FONSECA, H. S.; SALVADOR, N.N.B. **Influência das atividades antrópicas, tipo de solo e erodibilidade de uma bacia hidrográfica na qualidade de suas águas**. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Santa Catarina, 2003.

FRACALANZA, A. P.; CAMPOS, V. N. O.; JACOBI, P. R. **Governança das águas da Região Metropolitana de São Paulo (Brasil) – o caso do Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. In: JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. (Org.). Dimensões político institucionais da governança da água na América Latina e Europa. São Paulo: Annablume; 2009, 57-81 p.

FREITAS, E. V. C; BARRETO, F. M. S; NUNES, A. B. A; ALENCAR, M. F. **Índice de Qualidade da Água Bruta do Açude Gavião – Município de Pacatuba**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (2011).

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs**. 1ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2014,116 p.

GOULART, M.; CALLISTO, M.. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM. ano 2, n. 1. 2003, 9 p.

HORTON, R. K. **An index number system for rating water quality**. Journal – Water Pollution Control Federation.1965, 340 p.

INSTITUTO BRASILEIRO de GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese de Indicadores Sociais**. Ponte Nova: IBGE, 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home> >. Acessado em 11 de outubro de 2015.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS (IGA). **Carta do Município de Ponte Nova 1: 50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) 2005. **Sistema de Cálculo de Qualidade da Água (SCQA) - Estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. IGAM, Belo Horizonte; 2005, 16p.

_____. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Doce em 2009**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte; 2009, 440 p.

_____. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais do Rio Doce em 2009.** Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte; 2010, 101 p.

_____. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas - 1º Relatório Trimestral de 2011.** IGAM, Belo Horizonte, 106p.

_____. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2011.** Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2011.

_____. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2013.** Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2013.

_____. **Resumo Executivo do Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2015.** Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte; 2016,179 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL – ITB. **Degradação Ambiental** - Portal Eletrônico. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/degradacao-ambiental-2>>. Acessado em 12 de março de 2016.

KATO, M.T., “**Fósforo**”. **Roteiro de aula da disciplina Qualidade da Água, do Ar e do Solo.** Escola de Engenharia Mauá, 1983.

KUBITZA, F. **Qualidade da Água na Produção de Peixes: Parte III (Final). Panorama da Aquicultura, Laranjeiras**, v. 8, n. 47, p.35-43, jun. 1998. Bimestral. Disponível em: <<http://projetopacu.com.br/public/paginas/206-panorama-da-aquicultura-qualidade-de-gua-parte-3.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2016.

_____. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões.** São Paulo: Fernando Kubitza, 2003.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2ª Edição;2008, 433 p.

LIMA, E.B.N.R. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá.** 2001. 206 f. Tese (Doutor em Ciências) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – UFRJ.

LUMB, A.; SHARMA, T. C. e FRANÇOIS BIBEALUT, J. **A review of genesis and evolution of Water Quality Index (WQI) and some future directions.** **Water Qual Expo Health.** Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/808k1g1810736um1/fulltext.pdf> > Acessado em 09 de junho de 2016.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidades e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2007, 688 p.

MATTOS, Alcione Ribeiro de e VON SPERLING, Eduardo. 20º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES: **Índice de qualidade de águas para a bacia do rio das velhas - aspectos metodológicos e avaliação qualitativa do meio ambiente**. 1999. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20//v-042.pdf> > . Acessado em 09 de junho de 2016.

MINAS GERAIS. Conselho de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais- **Resolução COPAM / CERH-MG 01/2008 de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151> > Acesso em: 06 maio de 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Documento Base de Elaboração da Portaria MS nº 2.914/2011: **“Portaria de Potabilidade da Água para Consumo Humano”**. Brasília/DF, Brasil. Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, 2012.

MINISTÉRIO do MEIO AMBIENTE, Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**. Síntese Executiva - português. Brasília: MMA, 2006.143p.

PEREIRA, R. S. **Processos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, segundo o modelo Delft3D**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande; 2003, 149 p.

PIVELI, R. P. ; KATO, M. T. . **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 01. ed. v. 01 São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, 285 p.

PÖPEL, H.J. **Aeration and gas transfer**. 2. ed. Delft, Delft University of Technology, 1979, 169 p.

PRANDI-ROSA, G.A.; FARACHE-FILHO, A. **Avaliação de Parâmetros de Águas Superficiais em Mananciais do Município de Jales – SP**. Holos Environment. v. 2, n. 1; 2002, p. 36-51.

PROJETO RADAMBRASIL: **Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia: Secretaria Geral. Rio de Janeiro, 1983. v.32. 780p.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**; 2005 415p.

RUAS, A. L. **Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais decorrentes da instalação de barramentos para fins de geração de energia elétrica – estudo de caso do rio Pomba**. 2006. 280p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio

Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SANTOS, M.. **A natureza do espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção.** Hucitec: São Paulo, 1997.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Editora Rima, 2003, 138 p.

SILVA, Leonardo Alves de Oliveira. **A Desorganização do Espaço Urbano em Ponte Nova (MG) Frente às Grandes Enchentes de 1951, 1979, 1997 e 2008.** UFV, 2009.72f. Dissertação (Bacharelado em Geografia). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1995.

SILVA, S.L.; BALTAZAR, O.F.; BRANDALISE, L.A.; SOUZA, E.C. & MARQUES, V.J. Estratigrafia, petrografia e petrologia. In: **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. Ponte Nova – Folha SF. 23-X-B-II, Estado de Minas Gerais.** Brasília, MIE/SNMM/DNPM. 1991, p.7-9.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution** 24: 201-207. 2009

TEIXEIRA, Carlos Geraldo. **Pagamento por Serviços Ambientais de Proteção às Nascentes como Forma de Sustentabilidade e Preservação Ambiental.** Curitiba: PUCPR, 2011.198 f. Tese (Mestrado em Direito Socioambiental) - Programa de Pós-graduação em Direito, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos; 2008, 632 p.

TUNDISI, J. G. et al. **Conservação e uso sustentável de recursos hídricos.** In: BARBOSA, F. A. (Org.) **Ângulos da água: desafios da integração.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008, p.157-83.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A Água.** Publifolha, 2005, 120 p.

UNESCO/WHO/UNEP. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.** 2 ed. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme. London: F & FN Spon, 1996. 609p. Disponível em:

<http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf>

Acessado em: 06 de maio de 2016

VON SPERLING, Eduardo. **Morfologia de lagos e represas**. ISBN: 85-900885-1-0. 1999, 136p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. Minas Gerais: ABES 1995.

_____. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 1996, 243p.

_____. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.3 ed. 4ª, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005 ,452 p.

_____. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007,588 p.

7.0 Anexos

Equação para Cálculo de Qualidade de DBO (IGAM 2009)

Para $DBO \leq 30$ mg/ L:

$$q_{iDBO} = 100,9571 - 10,7121 \times DBO + 0,49544 \times DBO^2 - 0,011167 \times DBO^3 + 0,0001 \times DBO^4$$

Para $DBO > 30,0$ mg/ L : $q_{iDBO} = 2,0$

Equação para Cálculo de Qualidade de Coliformes Fecais (IGAM 2009)

Para $CF \leq 105$ NMP/100 ml:

$$q_{icf} = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times (\log(CF))^3$$

Para $CF > 105$ NMP/100 ml: $q_{icf} = 3,0$

Equação para Cálculo de Qualidade de Fosfato Total (IGAM 2009)

Para $PO_4 \leq 10$ mg/ L : $q_{iPO_4} = 79,70 \times (PO_4 + 0,821)^{-1,15}$

Para $PO_4 > 10,0$ mg/ L: $q_{iPO_4} = 5,0$

Equação para Cálculo de Qualidade de Nitrato (IGAM 2009)

Para $NO_3^- \leq 10$ mg/ L: $q_{iNO_3} = -5,10 \times NO_3^- + 100,70$

Para $10 < NO_3^- \leq 60$ mg/ L : $q_{iNO_3} = -22,853 \times \ln(NO_3^-) + 101,18$

Equação para Cálculo de Qualidade de Oxigênio Dissolvido (% Saturação de OD) (IGAM 2009)

Para OD% saturação $\leq 100,0$ mg/ L

$$q_{iOD} = 100 \times (\text{sem}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sem}(y_2) - 0,018 \times OD + 6,86) \times \text{sem}(y_3)] + 12 / (e^{y_4} + e^{y_5})$$

Onde:

$$y_1 = 0,01396 \times OD \times 0,0873$$

$$y_2 = (\pi/56) \times (OD - 27)$$

$$y_3 = (\pi/85) \times (OD - 15)$$

$$y_4 = (OD - 65)/10$$

$$y_5 = (65 - OD)/10$$

Para OD% saturação $> 140,0$ mg/ L:

$$q_{iOD} = -0,00777142857142832 \times (OD)^2 + 1,27854285714278 \times OD \times 49,8817148572$$

Equação para Cálculo de Qualidade de pH (IGAM 2009)

Para $pH \leq 2,0$: $q_{i_{pH}} = 2,0$

Para $2,0 < pH \leq 6,90$:

$$q_{ipH} = -37,1085 + 41,91277 \times pH - 15,7043 \times pH^2 + 2,417486 \times pH^3 - 0,091252 \times pH^4$$

Para 6, $90 < pH \leq 7,10$:

$$qi_{pH} = -4,69365 - 21,4593 \times pH - 68,4561 \times pH^2 + 21,638886 \times pH^3 - 1,59165 \times pH^4$$

Para 7, $10 < pH \leq 12,0$:

$$qi_{pH} = -7.698,19 + 3.262,031 \times pH - 499,494 \times pH^2 + 33,1551 \times pH^3 - 0,810613 \times pH^4$$

Equação para Cálculo de Qualidade de Sólidos Totais (IGAM 2009)

Para $ST \leq 500,0$

$$qi_{st} = 133,17, \times e^{(-0,002 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,014 \times ST)} + ((-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)} \times \text{sen}^{(0,0146 \times ST)})$$

Para $ST > 500$: $qi_{st} = 30,0$

Equação para Cálculo de Qualidade de Temperatura (Variação) - (IGAM 2009)

Para $\Delta T < -5,0$: qi_t é indefinido

Para $-5,0 \leq \Delta T \leq -2,5$: $qi_t = 10 \times \Delta T + 100$

Para $-2,5 < \Delta T \leq -0,625$: $qi_t = 8 \times \Delta T + 95$

Para $-0,625 < \Delta T \leq 0$: $qi_t = 4,8 \times \Delta T + 93$

Para $0 < \Delta T \leq 0,625$: $qi_t = -4,8 \times \Delta T + 93$

Para $0,625 < \Delta T \leq 2,5$: $qi_t = -8 \times \Delta T + 95$

Para $2,5 < \Delta T \leq -5,0$: $qi_t = -10 \times \Delta T + 100$

Para $5,0 < \Delta T \leq 10,0$ $qi_t = 124,57 \times e^{(-0,1842 \times \Delta T)}$

Para $10,0 < \Delta T \leq 15,0$: $qi_t = 1.002,2 \times \Delta T^{1.7083}$

Para $\Delta T > 15,0$: $qi_t = 9,0$

Equação para Cálculo de Qualidade de Turbidez (IGAM 2009)

Para $Tur \leq 100,0$:

$$qi_{tur} = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tur)} - 1,5 \times \cos(0,0571 \times (Tur-30)) + 10,22 \times e^{(-0,23 \times Tur)} - 0,80$$

Para $Tur > 100,0$: $qi_{tur} = 5,0$