



Governo do Estado de Minas Gerais  
Sistema Estadual de Meio Ambiente  
*Instituto Mineiro de Gestão das Águas*  
*Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico*

## Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Pará #



Relatório 2013

Belo Horizonte

30 de dezembro de 2013



**Secretário**  
Adriano Magalhães

---

**IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

---

**Diretoria Geral**  
Marília Carvalho de Melo

**Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Monitoramento das Águas**  
Jeane Dantas de Carvalho

**Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico**  
Wanderlene Ferreira Nacif, Química

**Coordenação do Projeto Águas de Minas**  
Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

**ESPAÇO DESTINADO PARA  
INFORMAÇÕES DE CATALOGAGEM E  
PUBLICAÇÃO**

## REALIZAÇÃO:

---

**IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

---

**Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Monitoramento das Águas**

Jeane Dantas de Carvalho

**Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico**

Wanderlene Ferreira Nacif, Química

**Coordenação do Projeto Águas de Minas**

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

**Coordenação do Monitoramento de Água Subterrânea**

Maricene Paixão, Geóloga

### **Equipe Técnica**

Alice Helena dos Santos Alfeu, Engenheira de Minas

Fernanda Maia Oliveira, Bióloga

Matheus Duarte Santos, Geógrafo

Nádia Antônia Pinheiro dos Santos, Geógrafa

Regina Márcia Pimenta de Mello, Bióloga

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Vanessa Kelly Saraiva, Química

### **Estagiários**

Átalo Pinto Coelho, estudante de Engenharia Ambiental

Cláudio Tavares da Silva Júnior, estudante de Biologia

Rosilayne Nogueira dos Santos, estudante de Engenharia Química

### **Apoio Administrativo**

Marina Francisca Nepomuceno

**APOIO:**

---

**Coletas de Amostras e Análises**

---

**Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial SENAI - CETEC**

**Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Ambiental**

Marcos Bartasson Tannús - Gerente de P&D Tecnologia Ambiental

Cláudia Lauria Fróes Siúves - Bióloga, Responsável Laboratório

Cláudia Márcia Perrou Cerqueira - Bióloga, Responsável Laboratório

Enrico Sette - Biólogo, Responsável Laboratório

Hanna Duarte Almeida Ferraz - Bióloga, Responsável Laboratório

Jordana de Oliveira Vieira - Bióloga

José Antônio Cardoso, Químico, Coordenador do Projeto

Márcia de Arruda Carneiro - Bióloga

Marina Andrada Maria - Bióloga

Marina Miranda Marques Viana - Responsável Qualidade

Mônica Alves Mamão - Bióloga

Nathália Mara Pedrosa Chedid - Bióloga, Responsável Laboratório

Patrícia Neres dos Santos - Química, Responsável Coleta

Patrícia Pedrosa Marques Guimarães - Química, Responsável Laboratório

**Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Química**

Olguita G. Ferreira Rocha, Química e Bioquímica Farmacêutica - Gerente

Andréa Moreira Carvalho Hot de Faria - Química

Renata Vilela Cecílio Dias - Química, Responsável Laboratório

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>7</b>
3.1	BACIA DO RIO PARÁ .....	7
3.2	USOS DO SOLO .....	8
3.3	USOS DA ÁGUA .....	9
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>9</b>
4.1	REDE DE MONITORAMENTO .....	9
4.2	COLETAS E ANÁLISES LABORATORIAIS .....	13
4.3	TÉCNICAS AMOSTRAIS .....	14
4.4	METODOLOGIA DOS TRATAMENTOS DOS DADOS.....	14
4.4.1	<i>Indicadores de Qualidade das Águas.....</i>	<i>15</i>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....</i>	<i>19</i>
	<i>Fósforo Total.....</i>	<i>22</i>
	<i>Oxigênio Dissolvido (OD) .....</i>	<i>24</i>
	<i>Nitrogênio Amoniacal.....</i>	<i>26</i>
	<i>Índice de Qualidade de Água – IQA .....</i>	<i>29</i>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA-AWMA-WPCF – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

COPAM – Conselho Estadual de Políticas Ambientais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IGA – Instituto de Geociências Aplicadas

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IQA – Índice de Qualidade das Águas

LOC – Licença de Operação Corretiva

MG – Minas Gerais

OD – Oxigênio Dissolvido

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

# 1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais foi estabelecido como competência do IGAM na Lei Nº 12.584, de 17 de julho de 1997, que dispõe sobre a criação do IGAM. Trata-se do Projeto "Águas de Minas", que se encontra em curso desde o ano de 1997, implementado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e cuja coordenação passou a ser de responsabilidade do IGAM a partir de outubro de 2001.

Os dezesseis anos de operação da rede de monitoramento vêm demonstrando a sua importância no fornecimento de informações básicas necessárias para a definição de estratégias e da própria avaliação da efetividade do Sistema de Controle Ambiental, sob responsabilidade da FEAM/COPAM, e para o Planejamento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, subsidiando a formação e atuação dos Comitês e Agências de Bacias a cargo do IGAM/CERH.

Este trabalho é fundamental para a continuidade do acompanhamento da situação de qualidade das águas do Estado, que vem sendo conduzido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), uma vez que o conhecimento da situação de qualidade dos corpos de água, seu comportamento, as tendências ao longo do tempo e o comprometimento pela presença de poluentes é ferramenta básica para a gestão integrada dos recursos hídricos.

Nesse sentido, o IGAM vem desenvolvendo diversos projetos e programas cujo objetivo principal é monitorar e classificar qualitativamente e quantitativamente as águas superficiais, visando a sua proteção e o seu uso sustentável. O programa de Monitoramento das Águas Superficiais é uma das pesquisas direcionadas para o uso sustentável da água, buscando avaliar a qualidade e usos das águas superficiais com objetivo de aperfeiçoar o monitoramento da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais.

A área de abrangência desse programa inclui as principais bacias dos rios mineiros. O monitoramento básico é realizado em locais estratégicos para acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoio a elaboração de diagnósticos. Além disso, os resultados obtidos no monitoramento permitem a identificação de locais onde é necessário um maior detalhamento. Nas regiões em que são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias e de infraestrutura, são operadas redes de monitoramento específicas para cada tipo de pressão antrópica, as quais são denominadas redes dirigidas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Identificar os municípios com condição crítica de qualidade de água na bacia do rio Pará por meio do Índice de Qualidade das Águas - IQA e dos parâmetros que o compõe avaliando-se o período de monitoramento entre os anos de 1997 a 2012.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Classificar o IQA nos corpos de água monitorados no período de 1997 a 2012 e avaliar a sua evolução espacial na bacia do rio Pará.
- Levantar e analisar os parâmetros que mais influenciaram as ocorrências de IQA Ruim e/ou Muito Ruim no período.
- Analisar e discutir os parâmetros que refletem os impactos dos lançamentos de esgotos: DBO, coliformes termotolerantes, fósforo total, oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal total destacando-se os resultados das estações que apresentaram-se em desconformidade com a legislação DN01/08.
- Identificar e discutir sobre os cinco piores municípios da bacia em termos de qualidade de águas.

## **3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 Bacia do rio Pará**

Com uma área de drenagem igual a 12.233 Km<sup>2</sup>, representando cerca de 2% da superfície de todo o Estado de Minas Gerais, o rio Pará é um dos principais corpos de água da bacia do rio São Francisco e aflui para este rio após quase 300 Km. Nasce com o nome de ribeirão Cajurú, nas vertentes das serras da Galga e da Cebola a uma altitude de 1.180 m, desaguando no rio São Francisco, próximo ao reservatório de Três Marias, na divisa dos municípios de Pompéu e Martinho Campos/MG. Seus principais afluentes são os rios do Peixe e São João à margem direita e os rios Lambari e Picão à margem esquerda.

A bacia sedia 27 municípios, quais sejam: Araújos, Bom Despacho, Carmo da Mata, Carmo do Cajurú, Carmópolis de Minas, Cláudio, Conceição do Pará, Desterro de Entre Rios, Divinópolis, Igaratinga, Itaguara, Itapeçerica, Itaúna, Leandro Ferreira, Martinho Campos, Nova Serrana, Onça do Pitangui, Papagaios, Pará de Minas, Passa Tempo, Pedra do Indaiá, Perdígão, Piracema, Pitangui, Santo Antônio do Monte, São Gonçalo do Pará e São Sebastião do Oeste



O rio Pará apresenta regime de tipo pluvial, como, aliás, a quase totalidade dos rios brasileiros. No período de chuvas (outubro-março), verifica-se uma grande elevação no nível das águas. Os dados gerais da bacia do rio Pará estão descritos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1:** Características gerais da bacia do rio Pará.

<b>Característica Gerais da Bacia Hidrográfica do rio Pará</b>	
Área da bacia	12.223 km <sup>2</sup>
Extensão do curso principal	802 km
Localização	Região Central de Minas Gerais
Ocupação	35 municípios, sendo 16 contidos parcialmente na bacia e 3 na RMBH.
População dos municípios com sede na bacia (IBGE, 2010)	766.756 habitantes
Outorgas superficiais vigentes (2013)	3653 outorgas
Outorgas subterrânea vigentes (2013)	4594 outorgas

### **3.2 Usos do Solo**

A atividade minerária é desenvolvida em toda a sub-bacia do rio Pará, com predomínio da extração de minerais não metálicos. No alto e médio cursos destacam-se areia e granito, enquanto que na sub-bacia do rio do Peixe, baixo curso, verifica-se a exploração e beneficiamento de ardósia. O parque industrial é diversificado, abrangendo os ramos metalúrgico (guseiras, siderúrgicas e fundições), têxtil e confecção, curtume e alimentício. Os curtumes estão localizados na região dos municípios de Perdigão, São Gonçalo do Pará, Divinópolis e Itaúna; os laticínios se concentram em Araújos. O município de Divinópolis, inserido na sub-bacia do rio Itapecerica, bem como os de Itaúna e Pará de Minas, integrantes da sub-bacia do rio São João, constituem os mais importantes aglomerados urbanos e industriais da região. Além desses, ressaltam-se os municípios de Santo Antônio do Monte e Pedra do Indaiá, principal pólo de fabricação de fogos de artifício do Estado de Minas Gerais, bem como Nova Serrana no ramo de calçados.

A agricultura e pecuária são, também, atividades importantes desenvolvidas na sub-bacia do rio Pará, especialmente no alto e médio cursos. merecem destaque a horticultura, desenvolvida nas sub-bacias dos rios Japão, Grande e São João (alto curso da sub-bacia do rio Pará) em Carmópolis de Minas, Cláudio e Passa Tempo, e as atividades de avicultura e suinocultura nas sub-bacias dos rios Itapecerica, São João, Lambari e Paciência.

Outro destaque é a extração de argila para a produção de cerâmica no município de Igaratinga e Araújos, e as plantações de café e de cana-de-açúcar.

Atualmente, a parte noroeste da sub-bacia do rio Pará, municípios de Bom Despacho e Martinho Campos, é grande produtora de carvão e possui amplas áreas reflorestadas com eucalipto em virtude das atividades industriais desenvolvidas na região.

No rio Pará ocorre a extração de areia, o que acarreta assoreamentos em diversos trechos deste corpo de água, assim como a exploração de ardósia, ambos alterando a morfologia da região.

### **3.3 Usos da Água**

A sub-bacia do rio Pará é caracterizada, principalmente, pela presença dos seguintes tipos de uso dos recursos hídricos: abastecimento doméstico e industrial, geração de energia elétrica, irrigação, dessedentação de animais, pesca, piscicultura e recreação de contato primário.

Os usos industriais, em sua maioria, não apresentam grandes volumes outorgados. As áreas com maior concentração deste uso são os municípios de Divinópolis, Pará de Minas, Itaúna e Nova Serrana.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos adotados norteiam-se pelos objetivos principais estabelecidos para os trabalhos de monitoramento da qualidade das águas, que são:

- Diagnóstico - conhecer e avaliar as condições de qualidade das águas;
- Divulgação - divulgar a situação de qualidade das águas para os usuários;
- Planejamento - fornecer subsídios para o planejamento da gestão dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Pará, identificar áreas críticas de poluição e propor prioridades de atuação.

### **4.1 Rede de Monitoramento**

Atualmente a rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Pará conta com 29 estações, sendo que delas compõem a rede básica de monitoramento.

Neste estudo serão avaliadas as 29 estações que fazem parte da rede básica de monitoramento da bacia do rio Pará.

A Tabela 4.1 apresenta a descrição das 29 estações da bacia do rio Pará utilizadas nesse estudo.

**Tabela 4.1:** Descrição dos pontos da rede básica da bacia do rio Pará.

Estação	Classe de Enquadramento	Curso D'água	Descrição	Município	Latitude - Grau			Longitude - Grau				
					°	'	"	°	'	"		
PA001	Classe 1	rio Pará	rio Pará entre Passa Tempo e Desterro de Entre Rios	Passa Tempo (MG)	-	20°	37'	55,999"	-	44°	25'	51,996"
PA002	Classe 2	Ribeirão Lava-pés ou Ribeirão Paiol	Ribeirão Paiol a jusante de Carmópolis de Minas	Carmópolis de Minas (MG)	-	20°	31'	2,996"	-	44°	37'	8,998"
PA003	Classe 1	rio Pará	rio Pará em Pará dos Vilelas	Carmópolis de Minas (MG), Cláudio (MG), Itaguara (MG)	-	20°	24'	24,876"	-	44°	37'	30,22"
PA004	Classe 1	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica a montante de Divinópolis ou a montante da confluência com o ribeirão Boa Vista	Divinópolis (MG), São Sebastião do Oeste (MG)	-	20°	13'	2,996"	-	44°	54'	59,782"
PA005	Classe 1	rio Pará	rio Pará a montante da confluência com o rio Itapecerica	Carmo do Cajuru (MG), Divinópolis (MG)	-	20°	6'	25,747"	-	44°	50'	29,227"
PA007	Classe 3	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica a jusante da cidade de Divinópolis	Divinópolis (MG)	-	20°	7'	15,996"	-	44°	52'	45,998"
PA009	Classe 2	Rio São João (SF2)	Rio São João a jusante da cidade de Itaúna	Itaúna (MG)	-	20°	3'	37,429"	-	44°	36'	25,574"
PA010	Classe 3	Ribeirão Paciência	Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas	Onça de Pitangui (MG), Pará de Minas (MG)	-	19°	47'	20,17"	-	44°	42'	26,208"
PA011	Classe 2	Rio São João (SF2)	Rio São João a montante da confluência com o rio Pará	Conceição do Pará (MG), Pitangui (MG)	-	19°	43'	25,896"	-	44°	51'	27,216"
PA013	Classe 2	rio Pará	rio Pará em Velho da Taipa	Conceição do Pará (MG), Pitangui (MG)	-	19°	41'	40,229"	-	44°	55'	47,284"
PA015	Classe 1	Rio Lambari (SF2)	Rio Lambari a montante da confluência com o rio Pará	Leandro Ferreira (MG), Martinho Campos (MG)	-	19°	31'	47,1"	-	45°	1'	19,704"

Estação	Classe de Enquadramento	Curso D'água	Descrição	Município	Latitude - Grau			Longitude - Grau		
PA017	Classe 1	Rio do Picão	Rio Picão a montante da confluência com o rio Pará	Martinho Campos (MG)	- 19°	17'	51,281"	- 45°	8'	48,397"
PA019	Classe 2	rio Pará	rio Pará a montante da confluência com o rio São Francisco	Martinho Campos (MG), Pompéu (MG)	- 19°	15'	24,052"	- 45°	7'	20,564"
PA020	Classe 2	Ribeirão da Fartura	Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará)	Nova Serrana (MG)	- 19°	52'	45,257"	- 44°	55'	52,95"
PA021	Classe 1	Rio do Picão	Rio do Picão a jusante da cidade de Bom Despacho	Bom Despacho (MG)	- 19°	35'	17,855"	- 45°	17'	58,812"
PA022	Classe 1	Ribeirão Diamante	Ribeirão Diamante próximo de sua foz no Rio Lambari	Santo Antônio do Monte (MG)	- 20°	2'	50,928"	- 45°	12'	9,54"
PA023*	Classe 1	Ribeirão Palmital	Ribeirão Palmital próximo ao Distrito de Monsenhor Alexandre.	Cláudio (MG)	- 20°	22'	25,9"	- 44°	40'	41,7"
PA024	Classe 1	Ribeirão Passa Tempo	Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo	Passa Tempo (MG)	- 20°	37'	55,499"	- 44°	30'	4,198"
PA025*	Classe 3	Ribeirão do Cláudio	Ribeirão do Cláudio no município de Cláudio.	Cláudio (MG)	20°	26'	28,8"	44°	45'	34,3"
PA026	Classe 1	Rio do Peixe (SF2 - Município Piracema)	Rio do Peixe a montante do município de Piracema	Piracema (MG)	- 20°	30'	58,198"	- 44°	28'	16,9"
PA028	Classe 1	rio Pará	rio Pará à montante da cidade de Carmo do Cajuru	Carmo do Cajuru (MG), Divinópolis (MG)	- 20°	10'	50,869"	- 44°	47'	38,886"
PA029*	Classe 1	Ribeirão Paracatu	Rio Valongo/Ribeirão Paracatu próximo ao município de Piracema.	Piracema (MG)	20°	30'	29,6"	44°	29'	50"
PA031	Classe 2	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica a jusante do município de Itapecerica	Itapecerica (MG)	- 20°	23'	22,898"	- 44°	58'	8,4"

Estação	Classe de Enquadramento	Curso D'água	Descrição	Município	Latitude - Grau			Longitude - Grau				
					°	'	"	°	'	"		
PA032	Classe 2	Ribeirão Boa Vista	Ribeirão Boa Vista a jusante do município de Carmo da Mata	Cláudio (MG), Itapecerica (MG)	-	20°	27'	20,297"	-	44°	53'	31,697"
PA034	Classe 2	córrego Buriti ou córrego do Pinto	córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará	São Gonçalo do Pará (MG)	-	19°	58'	5,599"	-	44°	52'	12,497"
PA036	Classe 1	Rio São João (SF2)	Rio São João na localidade de São João	Itatiaiuçu (MG)	-	20°	14'	21,998"	-	44°	30'	42,898"
PA040	Classe 1	Rio Lambari (SF2)	Rio Lambari sob a ponte na MG 050 no município de Pedra do Indaiá	Pedra do Indaiá (MG)	-	20°	16'	58,3"	-	45°	8'	52,897"
PA042	Classe 1	Rio do Peixe (SF2 - Município Pitangui)	Rio do Peixe na localidade de Rio do Peixe	Pitangui (MG)	-	19°	33'	46,724"	-	44°	50'	38,371"
PA044	Classe 2	córrego do Salobro	córrego do Salobro a jusante do município de Pompéu	Pompéu (MG)	-	19°	17'	44,2"	-	45°	1'	27,599"

\*Estações de monitoramento implantadas no ano de 2012.

## 4.2 Coletas e Análises Laboratoriais

As amostragens e análises laboratoriais são realizadas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI / Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. No caso da rede básica, as campanhas de amostragem são trimestrais, com um total anual de 4 campanhas por estação de monitoramento.

Nas campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, caracterizando respectivamente os períodos de chuva e estiagem, são analisados 52 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem. Nas campanhas intermediárias, realizadas nos meses abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro, caracterizando os demais períodos climáticos do ano, são analisados 19 parâmetros genéricos em todos os pontos, além daqueles característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta. Em alguns pontos de monitoramento são analisados ainda os parâmetros densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macro invertebrados bentônicos. No Quadro 4.1 são apresentados os parâmetros de qualidade de água analisados na rede básica de monitoramento.

**Quadro 4.1:** Parâmetros de qualidade de água analisados na rede básica de monitoramento.

Alcalinidade Bicarbonato	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO*	Nitrito
Alcalinidade Total	Demanda Química de Oxigênio - DQO*	Nitrogênio Amoniacal Total*
Alumínio Dissolvido	Densidade de Cianobactérias <sup>#</sup>	Nitrogênio Orgânico
Arsênio Total	Dureza (Cálcio)	Óleos e Graxas
Bário Total	Dureza (Magnésio)	Oxigênio Dissolvido - OD*
Boro Total	Dureza total	pH <i>in loco</i> *
Cádmio Total	<i>Escherichia coli</i> *	Potássio
Cálcio	Ensaio de Toxicidade Crônica <sup>#</sup>	Selênio Total
Chumbo Total	Estreptococos Fecais	Sódio
Cianeto Livre	Fenóis Totais	Sólidos Dissolvidos *
Cianotoxinas <sup>#</sup>	Feoftina*	Sólidos em Suspensão*
Cloreto Total*	Ferro Dissolvido	Sólidos Totais*
Clorofila <i>a</i> *	Fósforo Total*	Substâncias tensoativas
Cobre Dissolvido	Macroinvertebrados bentônicos <sup>#</sup>	Sulfatos
Coliformes Termotolerantes*	Magnésio Total	Sulfetos
Coliformes Totais*	Manganês Total	Temperatura da Água*
Condutividade Elétrica <i>in loco</i> *	Mercurio Total	Temperatura do Ar*
Cor Verdadeira	Níquel Total	Turbidez*
Cromo Total	Nitrato*	Zinco Total

\*Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

<sup>#</sup> Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

### **4.3 Técnicas amostrais**

Nas coletas foram adotadas as técnicas de amostragem e preservação especificadas na NBR 9898, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ou as Normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. As amostras foram do tipo simples, de superfície, colhidas preferencialmente no perfil principal do curso de água.

As análises laboratoriais atenderam às normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial ou, na sua ausência, aos métodos indicados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. Os limites de detecção dos métodos de análise deverão, na medida das possibilidades técnicas, ser pelo menos 10 (dez) vezes inferiores aos padrões definidos para a classe 1 de enquadramento da Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/08.

### **4.4 Metodologia dos tratamentos dos dados**

Foram avaliados os dados obtidos no período de 1997 a 2012 do indicador IQA e os dados quantitativos dos parâmetros envolvidos no cálculo do Índice de Qualidade das Águas: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, oxigênio dissolvido, além do nitrogênio amoniacal. Esses parâmetros foram selecionados por serem os mais representativos de contaminação por esgotos domésticos. Os resultados analíticos referentes aos parâmetros monitorados nas águas superficiais foram confrontados com os limites de Classe definidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008.

Os dados da série histórica de monitoramento para este estudo, que compreende o período de 1997 a 2012, foram apresentados em gráficos de box-plot que permitem observar a tendência central e a variabilidade dos dados de uma amostra. Nesses gráficos foram incluídos a mediana (percentil 50%), os quartis inferior (percentil 25%) e superior (75%) e alguma outra medida da dispersão dos dados, como os valores mínimos e máximos.

Inseriu-se neste tipo de gráfico os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/08 como forma de identificar as estações que apresentaram resultados em desconformidade. Para efeito de visualização e comparação, as estações foram ordenadas segundo a sua localização na bacia, considerando a sequência em que seus corpos d'água têm contribuição no rio Pará (sentido montante-jusante).

Em relação aos corpos de água avaliados no presente estudo, todos os pontos amostrados pertencem à bacia do rio São Francisco, sub-bacia do rio Pará, enquadrada conforme Deliberação Normativa COPAM nº 28 datada de 9 de setembro de 1998.

Como forma de verificar a situação dos tratamentos de esgotos do municípios da bacia do rio Pará e complementar a discussão sobre os resultados dos parâmetros foram consultadas as informações disponibilizadas no Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia do rio Pará elaborado pela Gerência de Saneamento da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

Para auxiliar a análise da interferência do uso do solo nas estações de monitoramento da qualidade da água da bacia foram elaborados mapas que contemplaram as seguintes informações: mosaico das imagens do satélite RapidEyes (IEF, 2010), base hidrográfica otocodificada (UFMG/IGAM, 2010), limites municipais (IGA, 2011), sedes municipais (IGA, 1998), manchas urbanas (IEF, 2009) e limite das UPGRHs (IGAM, 2011).

#### **4.4.1 INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS**

No intuito de traduzir de forma concisa e objetiva para as autoridades e o público a influência que as atividades ligadas aos processos de desenvolvimento provocam na dinâmica ambiental dos ecossistemas aquáticos, foram criados os indicadores de qualidade de águas. O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas no corpo de água, sejam essas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO et al., 2002).

Geralmente um indicador de qualidade de água agrupa três categorias amplas de variáveis, sendo essas químicas, físicas e biológicas. Diversas técnicas para a elaboração de um índice de qualidade de água são utilizadas, criando-se índices específicos para os diferentes usos de água. Alguns exemplos de diferentes índices são índice de qualidade de água para abastecimento (MARQUES et al., 2007), para micro bacias sob uso agrícola e urbano (TOLEDO et al., 2002), para proteção da vida aquática (SILVA et al., 2006), entre outros.

No presente estudo utilizou-se como instrumento de avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pará, o IQA – Índice de Qualidade das Águas, como apoio na interpretação das informações e, especialmente, como uma forma de traduzir e divulgar a condição de qualidade prevaiente nos cursos d'água avaliados.

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando 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.

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado na tabela a seguir, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo.

**Tabela 4.2:** Pesos atribuídos aos parâmetros do IQA.

<b>Parâmetro</b>	<b>Peso - <math>w_i</math></b>
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L $\text{NO}_3^-$ )	0,10
Fosfato total (mg/L $\text{PO}_4^-$ )	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Adota-se o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

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 do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir:

**Tabela 4.3:** Faixas do Índice de Qualidade das Águas (IQA).

<b>Nível de Qualidade</b>	<b>Faixa</b>
<b>Excelente</b>	$90 < IQA \leq 100$
<b>Bom</b>	$70 < IQA \leq 90$
<b>Médio</b>	$50 < IQA \leq 70$
<b>Ruim</b>	$25 < IQA \leq 50$
<b>Muito Ruim</b>	$0 \leq IQA \leq 25$

Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Segundo a metodologia do cálculo do IQA utilizada, a falta de resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido inviabiliza a utilização dos resultados do cálculo desse índice, em vista das correspondentes distorções, já que esses parâmetros possuem os maiores pesos no cálculo do IQA.

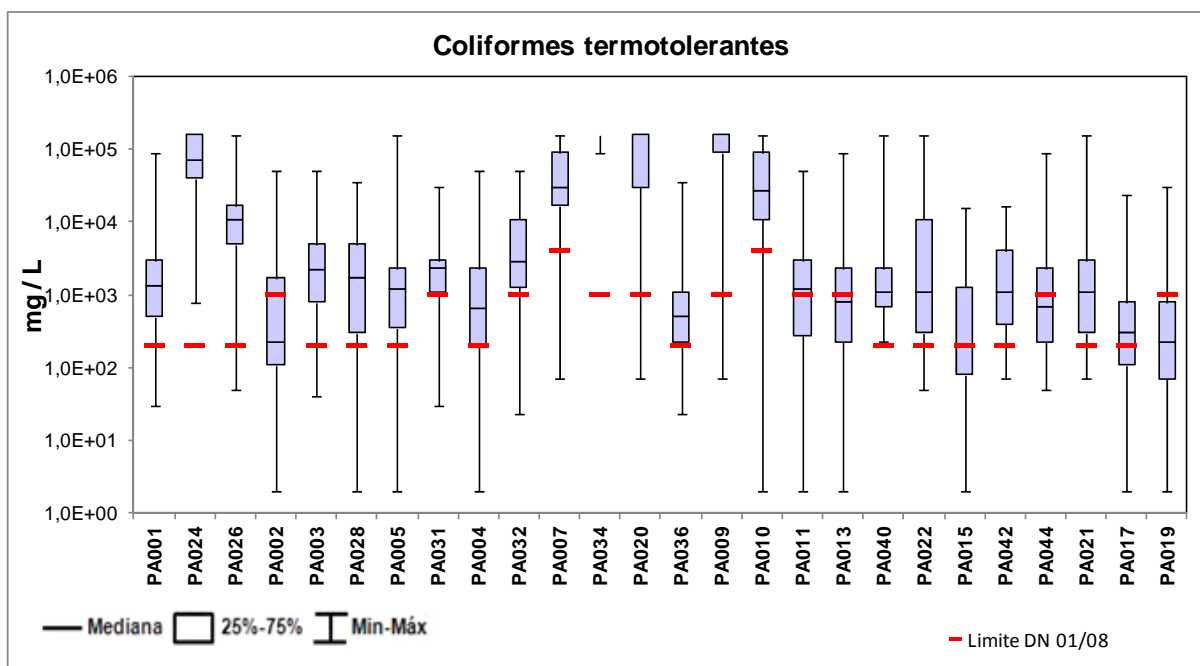
## 5 CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Parâmetros que refletem os impactos dos lançamentos de esgotos

#### COLIFORMES TERMOTOLERANTES

O gráfico box-plot a seguir apresenta os resultados do parâmetro coliformes termotolerantes no período de 1997 a 2012 para todas as estações de monitoramento pertencentes a rede básica de monitoramento da bacia do rio Pará.

**Figura 5.1:** Box-plot da série histórica do parâmetro coliformes termotolerantes da bacia do rio Pará



As bactérias do grupo coliformes são uns dos principais indicadores de contaminações fecais originadas do trato intestinal do homem e de outros animais. Os resultados encontrados para esse parâmetro indicam que as águas da maioria das estações avaliadas apresentam condições sanitárias ruins.

Pode-se observar que em 86% das amostras as medianas das contagens de coliformes termotolerantes estiveram acima do limite estabelecido na legislação para a classe de enquadramento correspondente. Esses resultados refletem o grande impacto dos lançamentos de esgotos sanitários sem tratamento nos tributários e diretamente no rio Pará provenientes dos municípios que compõem essa sub-bacia.

Destaca-se que os pontos de amostragem que apresentaram as piores condições em relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, tendo todos os seus resultados acima do limite legal correspondente (Classe 1 igual a 200 NMP, Classe 2 igual a 1.000 NMP e Classe 3 igual a 4.000 NMP), na bacia do rio Pará estão localizadas no Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo (PA024), córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Rio Lambari sob a ponte na MG 050 no município de Pedra do Indaiá (PA040).

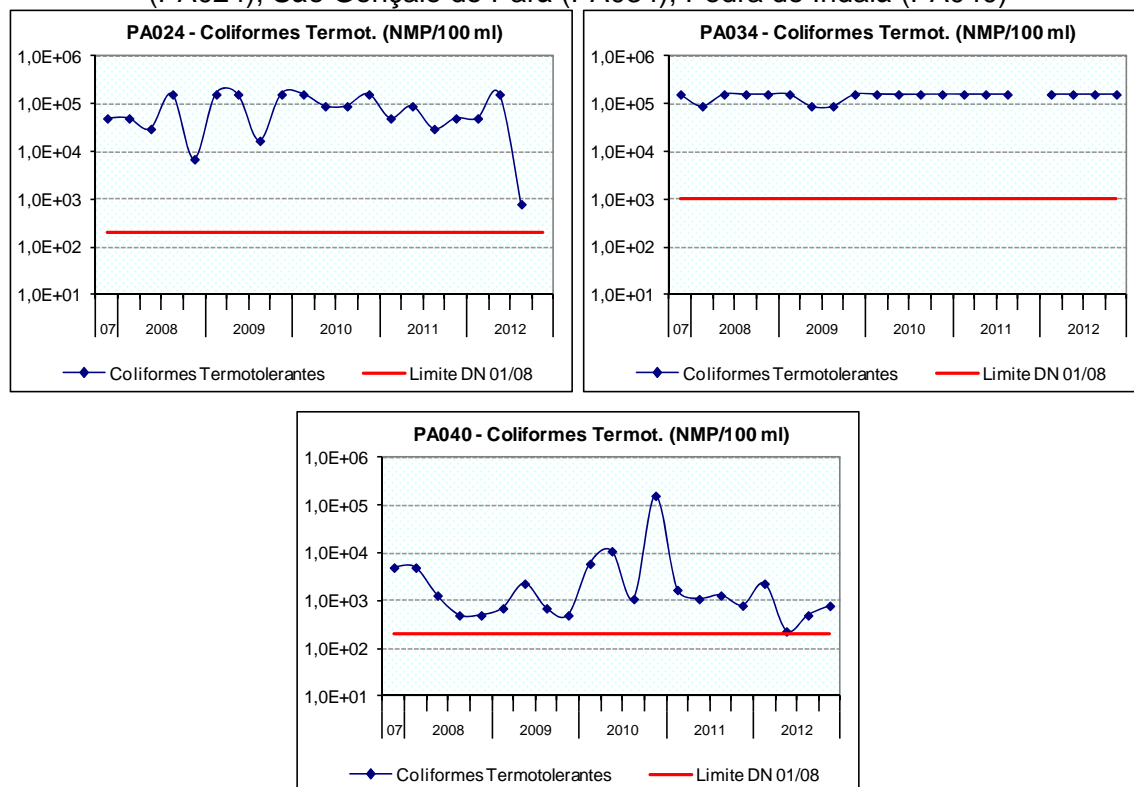
O município de Passa Tempo não conta com nenhuma ETE, não tratando esgotos, o que pode contribuir para a degradação da qualidade das águas nas estações localizadas no Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo (PA024).

A estação localizada no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) recebe todo o esgoto sanitário proveniente da área urbana de São Gonçalo do Pará, sendo que este município possui rede coletora de esgotos, que atende a aproximadamente 92% da população urbana, e o restante, sistema individual (fossas negras), mas não apresenta estação de tratamento de esgoto em funcionamento.

A estação de monitoramento localizada no Rio Lambari sob a ponte na MG 050 no município de Pedra do Indaiá (PA040) não recebe impactos de esgotos de, uma vez que não há área urbana a montante, conforme mapa de manchas urbanas.

A Figura 5.2 apresenta os resultados da série histórica de coliformes termotolerantes nas estações que apresentaram os piores resultados na bacia do rio Pará. Observa-se que os valores mais altos de coliformes termotolerantes ocorreram no ponto do córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), onde 85% dos resultados atingiram valores iguais ou maiores que o limite de quantificação do método analítico (160.000NMP/100mL). Vale ressaltar que esses resultados se relacionam com os esgotos não coletados deste município e com a baixa vazão do corpo de água, que tem uma menor capacidade de absorver os poluentes.

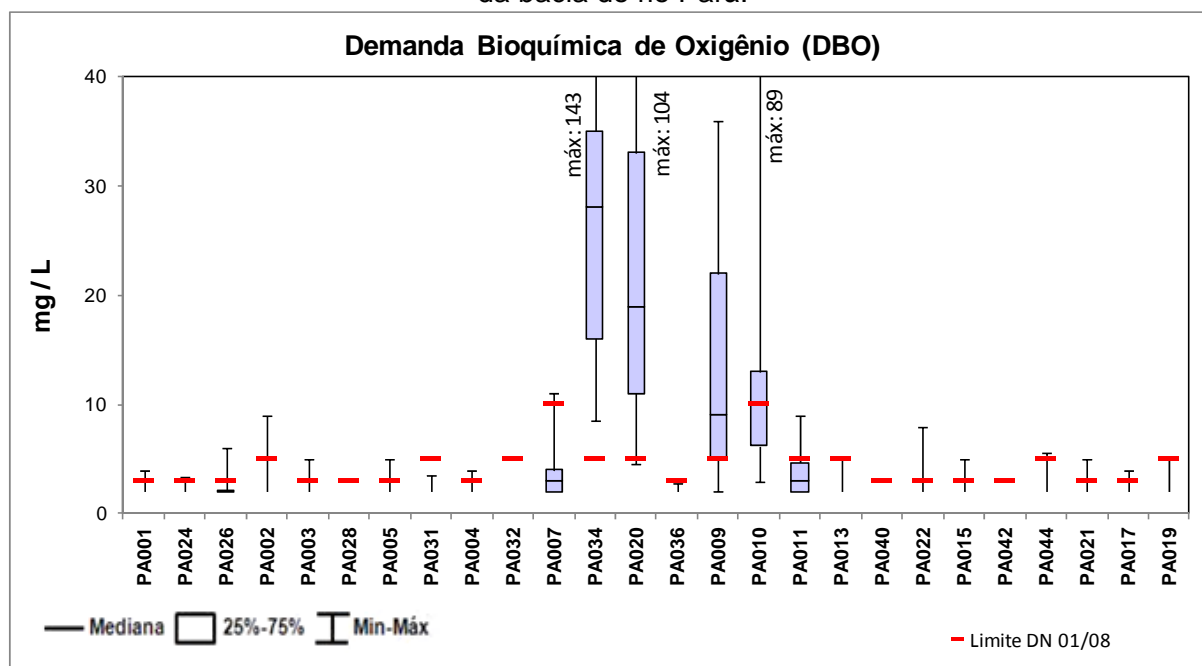
**Figura 5.2:** Evolução temporal do parâmetro coliformes termotolerantes em Passa Tempo (PA024), São Gonçalo do Pará (PA034), Pedra do Indaiá (PA040)



## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

O gráfico box-plot abaixo apresenta os resultados do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no período de 1997 a 2012 para todas as estações que compõem este estudo. Verificou-se que 12% das estações apresentaram medianas dos resultados do parâmetro acima dos respectivos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n° 1/2008.

**Figura 5.3:** Box-plot da série histórica do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da bacia do rio Pará.



Os resultados de DBO durante a série histórica de monitoramento (1997 a 2012) utilizada neste estudo indicam que as estações que apresentaram os piores resultados, com o percentil 75% acima do limite legal, foram córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) e Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010).

Em análise do levantamento da Feam, verificaram-se os municípios que têm interferência na qualidade das águas devido aos lançamentos de seus esgotos sanitários não tratados ou com tratamento ineficiente.

Dessa forma, São Gonçalo do Pará é mencionado com seus lançamentos de esgotos gerados pela população e pelas indústrias (curtumes, laticínios, indústria de doces e indústria de produção de fraldas) da área urbana lançados nas margens de três córregos que entrecortam a cidade (córregos Biquinhas, “sem nome” e do Pinto). Os córregos Biquinhas e “sem nome” são afluentes do córrego do Pinto, o qual nasce na lagoa da Bagagem e é afluente do rio Pará, que conseqüentemente refletem na qualidade das águas do córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034).

Em Nova Serrana, verificou-se que 95% da população urbana é atendida por rede coletora de esgotos, sem, porém tratamento. O mesmo é lançado *in natura* nos córregos Pavão, Cachoeira, Barretos, Morro Vermelho e no ribeirão Fartura, sendo que todos aqueles são afluentes deste e este, que por sua vez desemboca no rio Pará. Essa situação se reflete na

qualidade do Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020).

Outros lançamentos de esgotos foram constatados no município de Itaúna. Embora este município conte com 99% população urbana atendida por rede coletora, apenas 0,56% têm acesso a sistemas constituídos por tanque séptico-filtro anaeróbio. Para a maioria da população urbana, portanto, não há tratamento de esgoto, que é lançado in natura no rio São João, afluente do rio Pará. O lançamento desse esgoto tem por consequência a grande quantidade de DBO aferida no Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009).

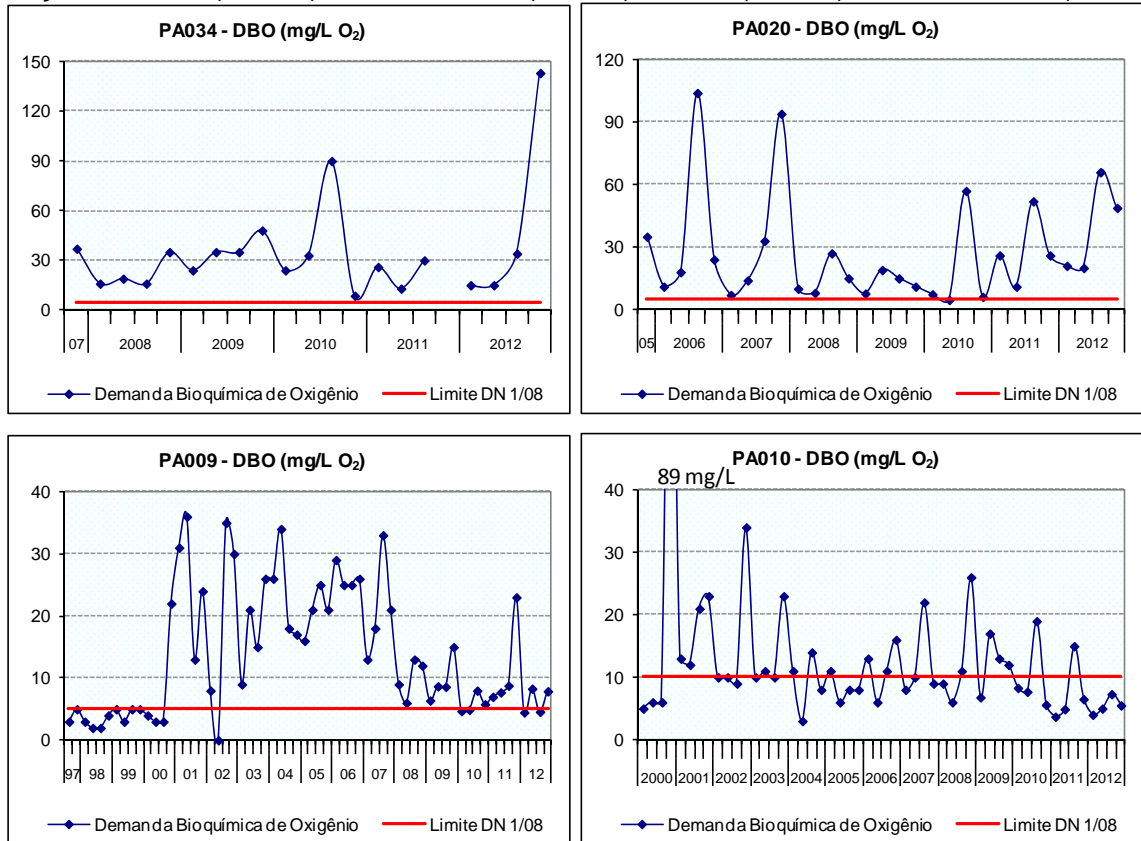
No município de Pará de Minas, Feam (2013) informa que o percentual da população urbana atendida tanto por coleta quanto por tratamento de esgoto corresponde a 95%, com percentual de tratamento declarado de 76%. Nesse sentido, foi calculado que o cenário atual de remoção de DBO das quatro ETEs presentes no município ocorrem na ordem de 65,6%. Os resultados de DBO sugerem que a vazão do Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010) não é suficiente para diluir de forma satisfatória a matéria orgânica remanescente.

A Figura 5.4 mostra a evolução dos resultados do córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) e Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010), considerados os piores, conforme já explicado.

Destaca-se que, observando a Figura 5.3 e a Figura 5.4, a estação localizada no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) foi a que durante a série histórica teve os piores resultados, com relação tanto ao percentil 25%, quanto à mediana e ao percentil 75%, para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na bacia do rio Pará. É possível observar, ainda, que a última amostra analisada foi aquela que atingiu o maior valor para esse parâmetro na série histórica desse ponto.

Ressalta-se também a evidente melhoria dos resultados de DBO no ponto do Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010), principalmente a partir de 2009, provavelmente resultado da implantação de ETEs, sobretudo a ETE Pará de Minas, que trata 80% dos esgotos da sede municipal (Feam, 2013).

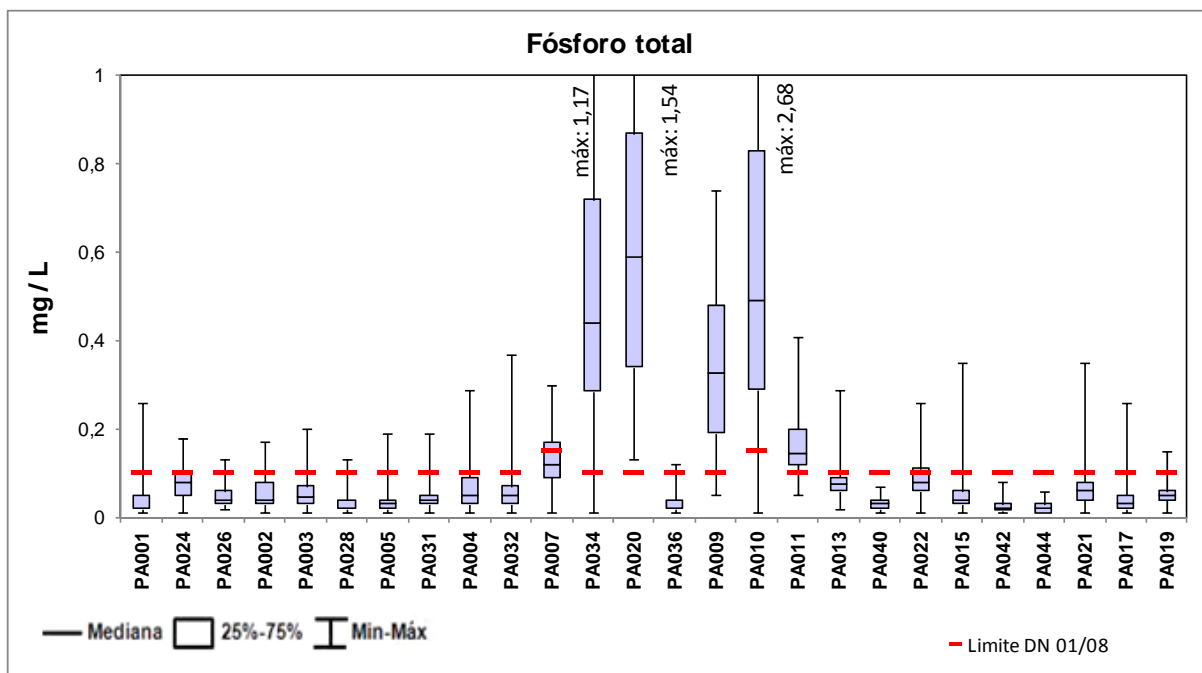
**Figura 5.4:** Evolução temporal do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) São Gonçalo do Pará (PA034), Nova Serrana (PA020), Itaúna (PA009), Pará de Minas (PA010)



## FÓSFORO TOTAL

Abaixo nos gráficos box-plot serão apresentados os resultados do parâmetro fósforo total no período de 1997 a 2012 para todas as estações de monitoramento pertencentes a rede básica de monitoramento da bacia do rio Pará. Verificou-se que cerca de 19% das estações apresentaram medianas dos resultados do parâmetro acima do limite estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n° 1/2008.

**Figura 5.5:** Box-plot da série histórica do parâmetro fósforo total da bacia do rio Pará.



O fósforo aparece nos cursos de água devido, principalmente, ao uso de fertilizantes em atividades agrícolas e à descarga de esgoto sanitário.

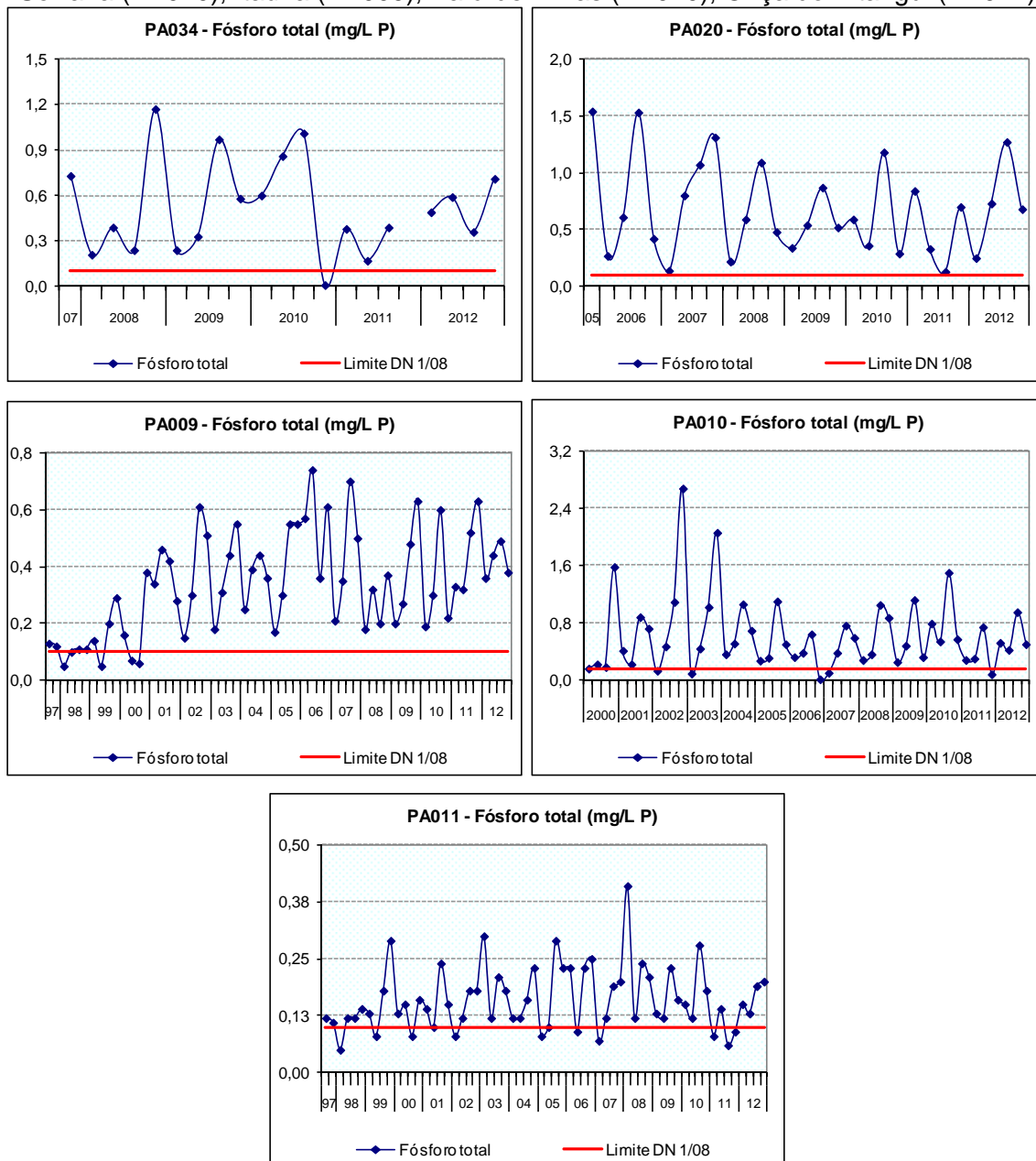
Observando-se o gráfico acima pode-se destacar que os pontos que apresentaram violações em mais de 50% dos resultados para o parâmetro fósforo total foram córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009), Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010) e Rio São João a montante da confluência com o rio Pará (PA011).

Esses resultados remetem principalmente às atividades agrícolas e aos lançamentos de efluentes sanitários sem tratamento ou com tratamento insuficiente presentes nos municípios de Onça do Pitangui, Pará de Minas, Itaúna, Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.

A Figura 5.6 mostra que, ao longo da série histórica de monitoramento (2007 a 2012), a estação localizada no Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020) foi a que sempre apresentou valores acima dos limites estabelecidos pela DN 01/08.



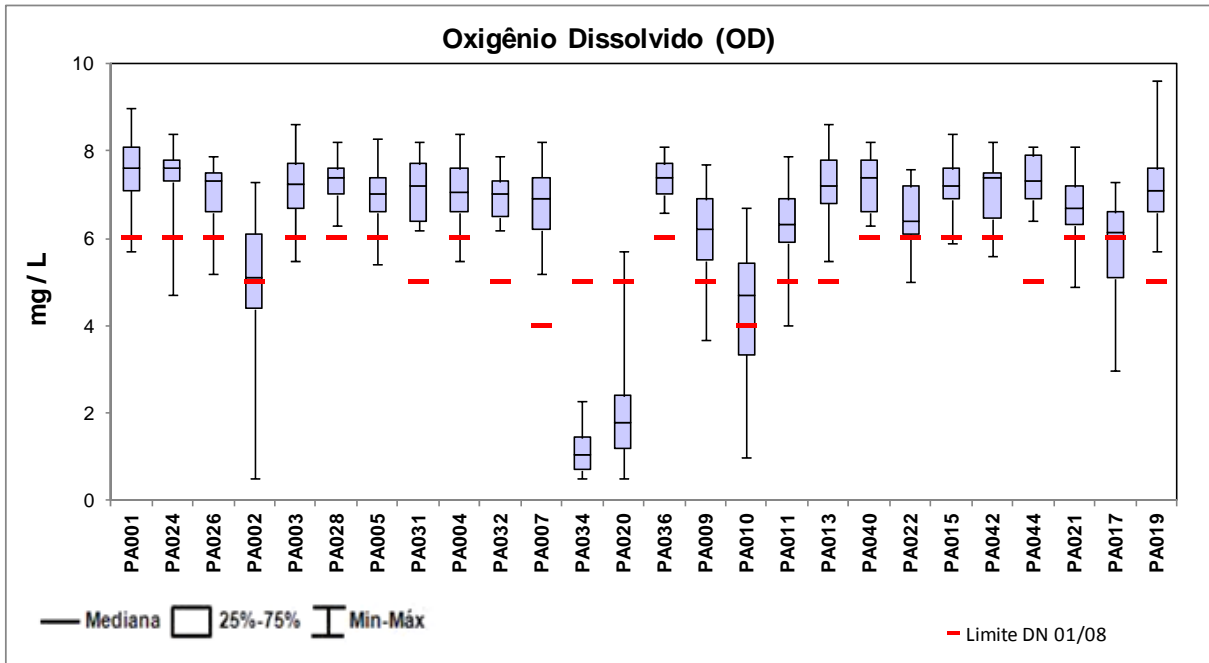
**Figura 5.6:** Evolução temporal do parâmetro fósforo total em São Gonçalo do Pará, Nova Serrana (PA020), Itaúna (PA009), Pará de Minas (PA010), Onça do Pitangui (PA011)



## OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O gráfico box-plot a seguir apresenta os resultados do parâmetro oxigênio dissolvido para todas as estações de monitoramento da bacia do rio Pará componentes deste estudo. Os dados são referentes à série histórica de 1997 a 2012.

**Figura 5.7:** Box-plot da série histórica do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) da bacia do rio Pará.



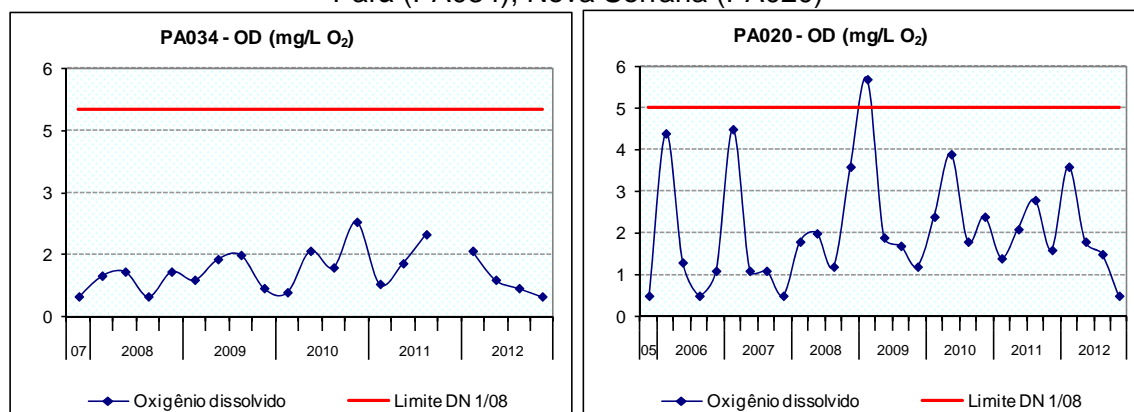
Observando-se os gráficos acima, pode-se dizer que cerca de 8% das estações apresentaram valores de mediana em desconformidade com o limite estabelecido na legislação DN 01/08, conforme a classe de enquadramento.

Ressalta-se que as estações que apresentaram os piores resultados de concentração de oxigênio dissolvido, com 50% deles em desconformidade com o limite estabelecido, foram o córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) e Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020).

Os resultados em desconformidade com a legislação para essas estações de monitoramento indicam o elevado consumo de oxigênio dissolvido resultante da decomposição da matéria orgânica advinda principalmente de despejos domésticos dos municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.

As estações localizadas no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) e Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020) apresentaram o menor percentil 75% em relação aos resultados de oxigênio dissolvido, conforme mostrado na Figura 5.8. Em ambas as estações tal fato se deve à grande quantidade de matéria orgânica, como demonstrado na Figura 5.4. Destaca-se, porém, que os valores de OD no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) podem ser agravados pela baixa vazão desse corpo de água, com insuficiente reoxigenação.

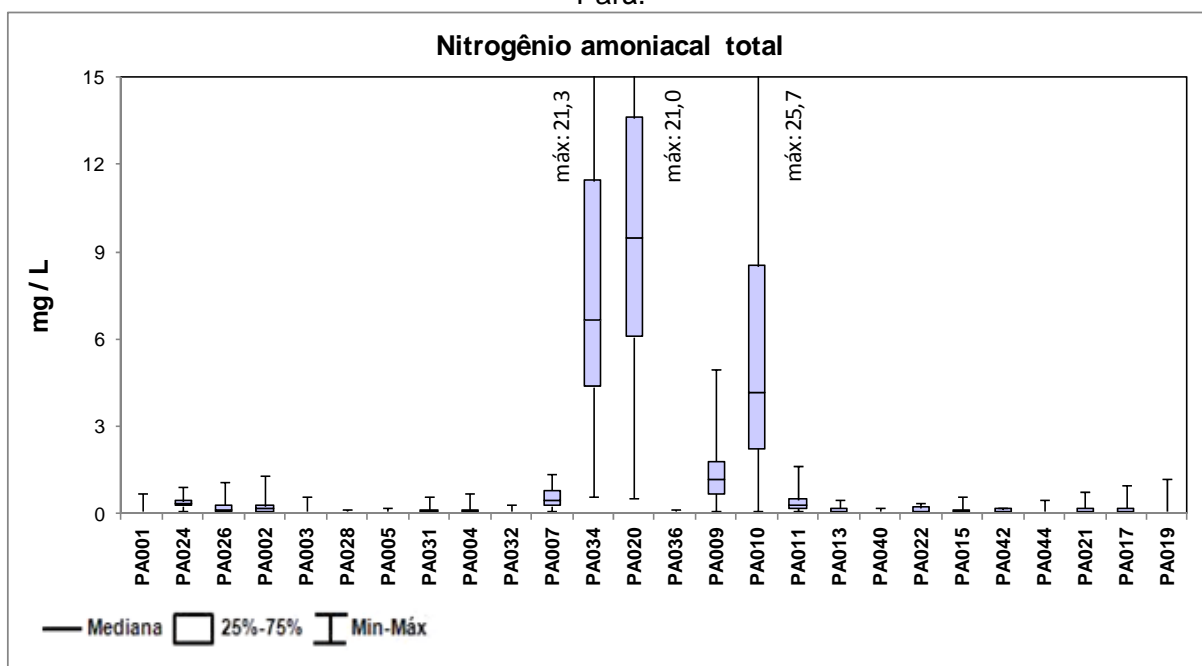
**Figura 5.8:** Evolução temporal do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) em São Gonçalo do Pará (PA034), Nova Serrana (PA020)



## NITROGÊNIO AMONIAICAL

O gráfico box-plot abaixo apresenta os resultados do parâmetro nitrogênio amoniacal no período de 1997 a 2012 nas estações de monitoramento pertencentes à rede básica de monitoramento da bacia do rio Pará. Vale destacar que este parâmetro tem seus limites máximos variáveis de acordo com o resultado do pH de cada amostra (DN COPAM/CERH nº 01/08).

**Figura 5.9:** Box-plot da série histórica do parâmetro nitrogênio amoniacal da bacia do rio Pará.



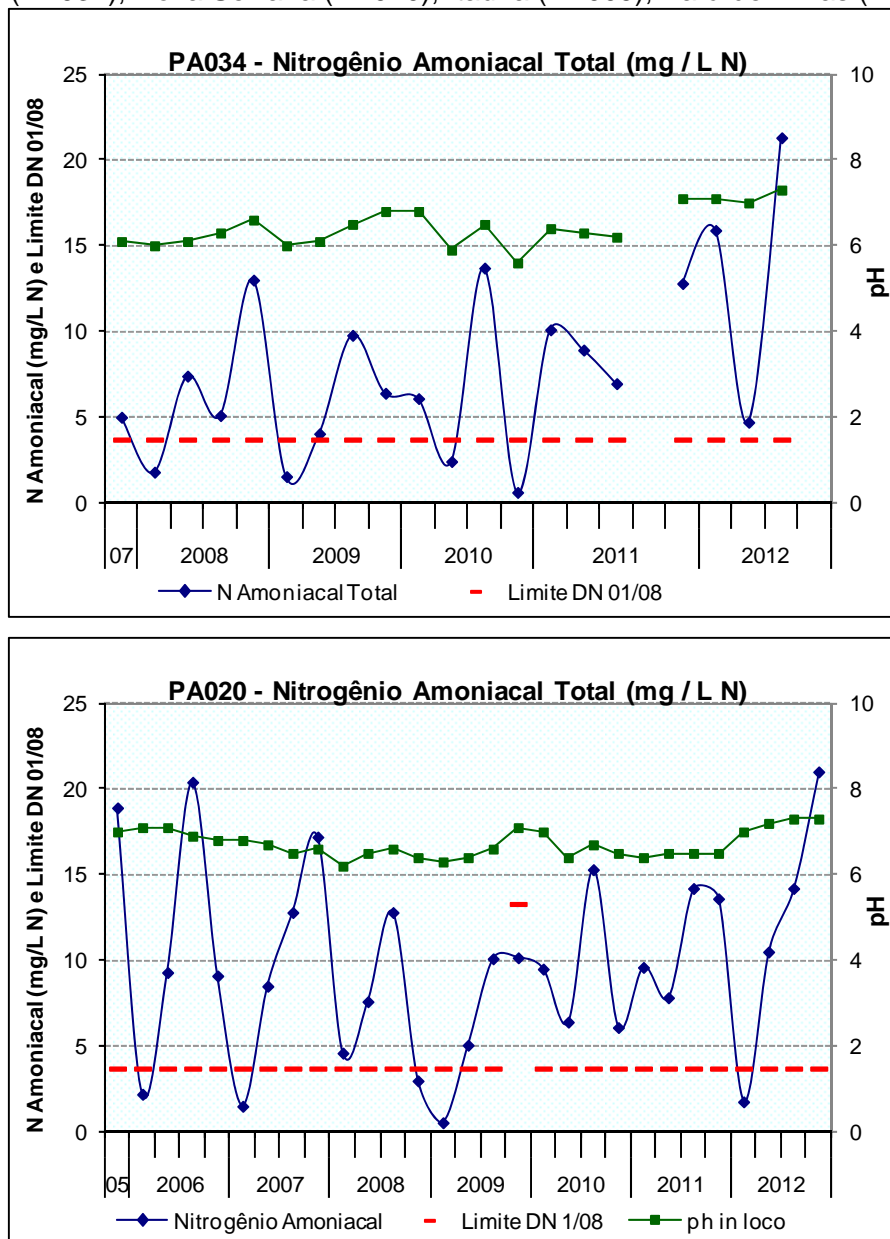
Assim como os demais parâmetros avaliados neste estudo, o parâmetro nitrogênio amoniacal também fornece indicativo de poluição orgânica da água.

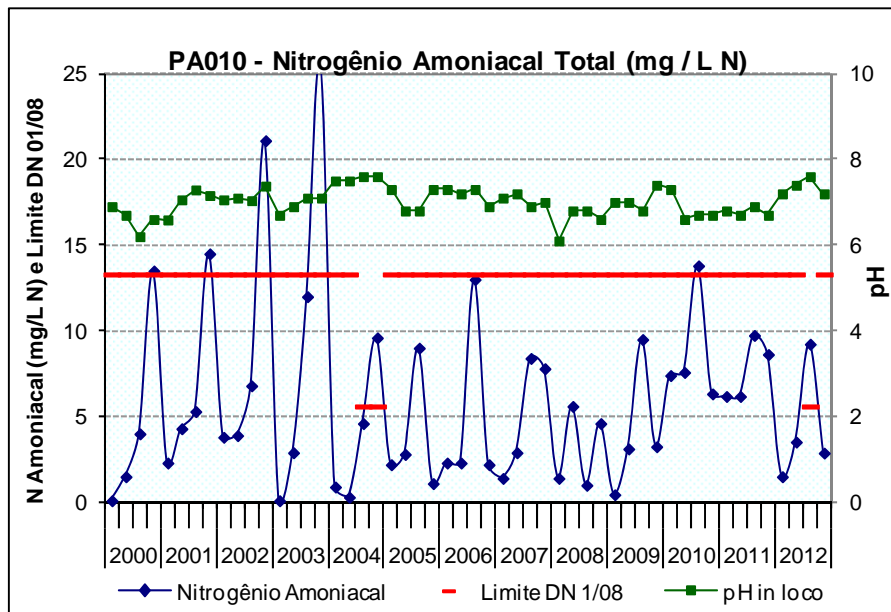
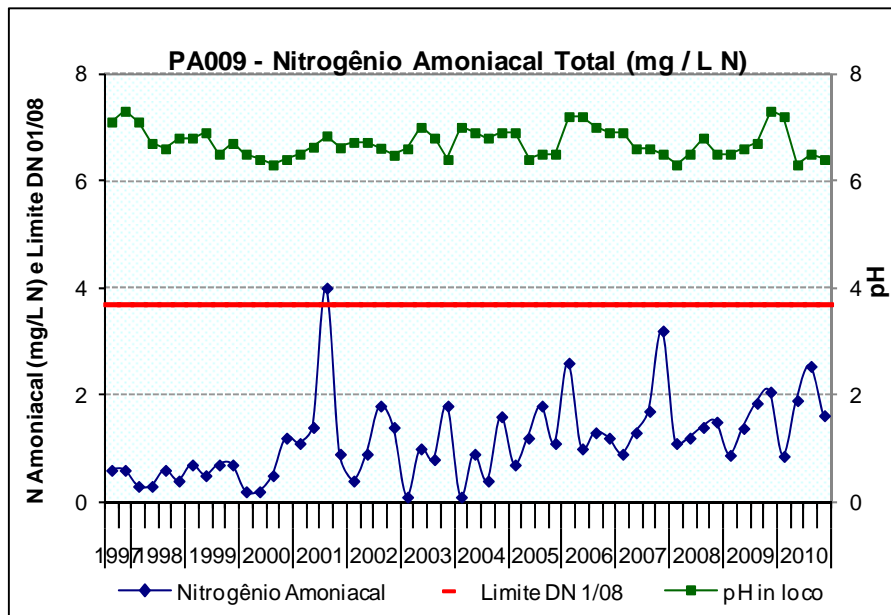
Os resultados de nitrogênio amoniacal evidenciam as estações que ao longo da série histórica (1997 a 2012) apresentaram-se em desconformidade com os limites estabelecidos na legislação. Os resultados indicaram que 4,6% dos resultados da série histórica estiveram acima dos limites previstos nessa legislação. Podemos destacar que as duas estações de amostragem que apresentaram os resultados mais altos de nitrogênio amoniacal, com relação à mediana, na bacia do rio Pará foram: córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) e Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010).

Esses resultados podem ser explicados pelos lançamentos de esgotos domésticos, além de agricultura e atividades industriais (siderurgia e laticínios) dos municípios de Pará de Minas, Itaúna, Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.

Os gráficos a seguir (Figura 5.10) mostram a evolução temporal das concentrações de nitrogênio amoniacal total nessas estações, bem como a variação do limite de acordo com o pH, pela DN 01/08. Esses resultados podem ser explicados devido aos lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais dos municípios de São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Itaúna e Pará de Minas.

**Figura 5.10:** Evolução temporal do parâmetro nitrogênio amoniacal em São Gonçalo do Pará (PA034), Nova Serrana (PA020), Itaúna (PA009), Pará de Minas (PA010)

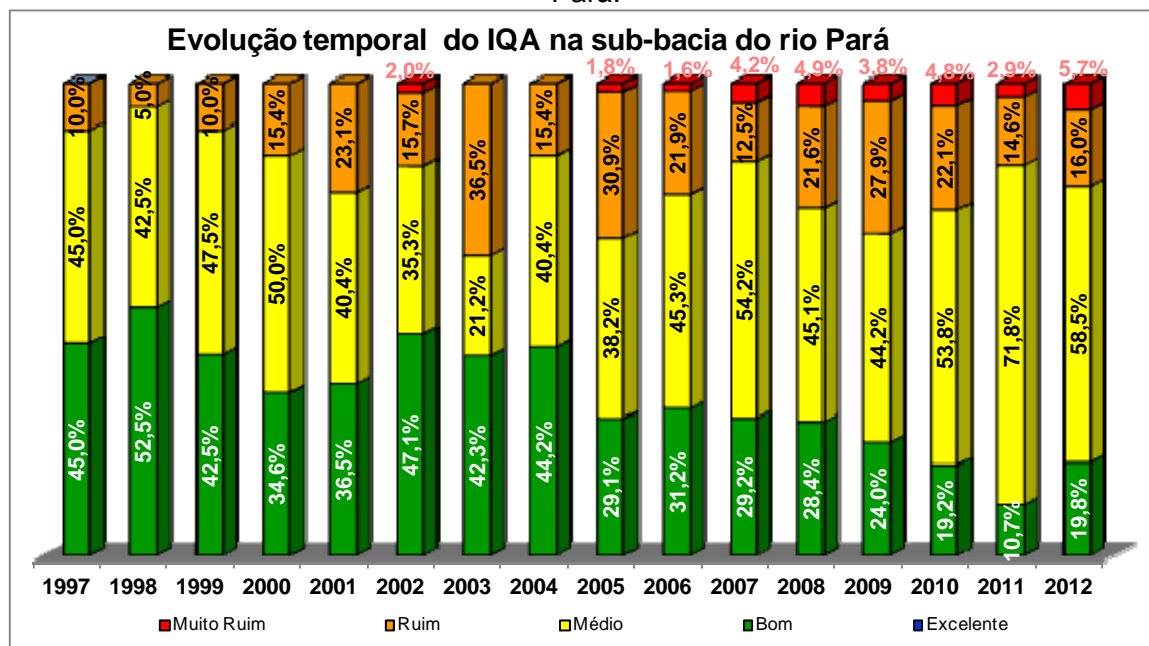




## ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA

Na Figura 5.11 é mostrada a evolução temporal da frequência de ocorrência do IQA na bacia do rio Pará, no período de 1997 a 2012.

**Figura 5.11 - Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas – IQA na bacia do rio Pará.**



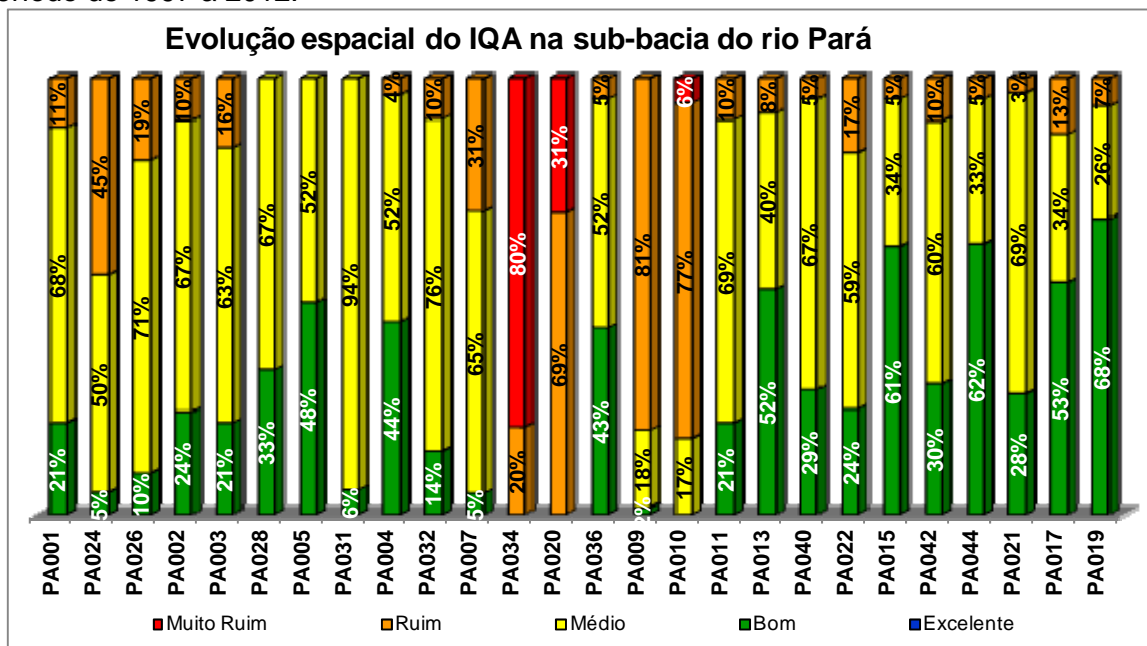
Pode-se verificar que houve predomínio das ocorrências de IQA Médio no período estudado. Os piores resultados foram constatados nos anos de 2003 e 2005, quando as ocorrências somadas de IQA Ruim e Muito Ruim resultaram em 36,5% e 32,4%, respectivamente. No geral, observa-se uma oscilação nas frequências de IQA, o que não permite dizer que há uma tendência à melhoria, nem à piora. Já em relação aos anos de 2011 e 2012, observa-se um aumento na frequência das ocorrências de IQA Muito Ruim, de 2,9% a 5,7%, e de IQA Ruim, de 14,6% a 16,0%. Por outro lado, também houve um aumento na frequência de ocorrência de IQA Bom, passando de 10,7% a 19,8%. Dessa forma, observa-se a redução da frequência de IQA Médio, de 71,8% a 58,5%.

O gráfico a seguir apresenta as ocorrências de IQA durante a série histórica estudada (1997 a 2012) considerando individualmente as estações de monitoramento.

Pode-se dizer que as estações que apresentaram os maiores percentuais de frequência de ocorrências somadas de IQA Muito Ruim e Ruim, durante a série histórica avaliada, estão localizadas no Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo (PA024), córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) e Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010). Ressalta-se que em cada uma dessas estações essa soma ultrapassou os 45%.

Essas estações têm a qualidade de suas águas comprometida devido aos lançamentos de esgotos sanitários de Passa Tempo, Itaúna, Pará de Minas, Nova Serrana e São Gonçalo do Pará. É importante frisar que, segundo Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do rio Pará (FEAM, 2013), as cidades que já contam com tratamento de esgotos é Itaúna, com atendimento declarado de 0,56% da população urbana, e Pará de Minas, com 95% da população urbana atendida.

**Figura 5.12:** Percentual de ocorrência de IQA para as estações da bacia do rio Pará no período de 1997 a 2012.



Na Tabela 5.1 são listados os trechos de corpos hídricos que apresentaram mais de 45% de ocorrências somadas de IQA Ruim e Muito Ruim no período de 1997 a 2012, na bacia do rio Pará.

Ressalta-se que as estações localizadas no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034) e Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), ambas localizadas a jusante da cidade de Betim, foram as que apresentaram 100% de frequências de ocorrência de IQA Muito Ruim e Muito Ruim nas respectivas séries históricas.

**Tabela 5.1:** Corpos de água que apresentaram as maiores frequências de Muito Ruim e Ruim na bacia do rio Pará no período de 1997 a 2012

Estação	Descrição	Municípios a montante	% de IQA Muito Ruim e Ruim
PA034	córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará	São Gonçalo do Pará	100,0%

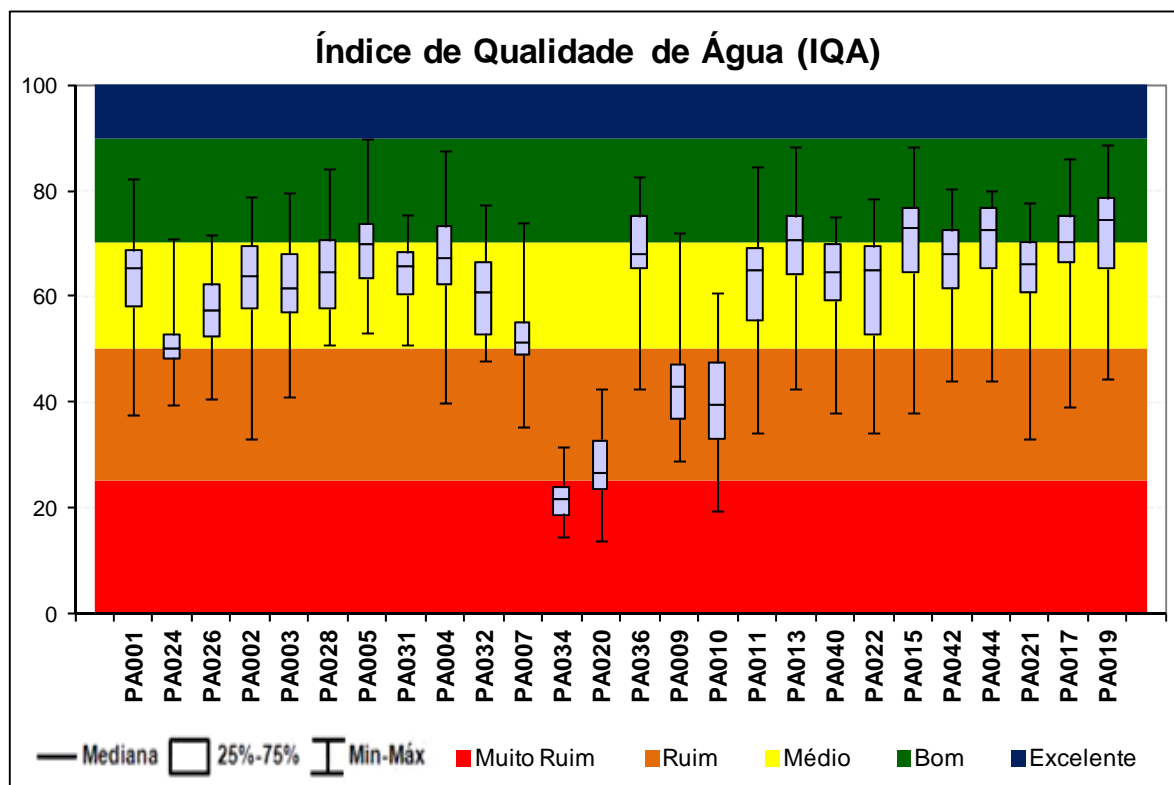


<b>Estação</b>	<b>Descrição</b>	<b>Municípios a montante</b>	<b>% de IQA Muito Ruim e Ruim</b>
PA020	Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará)	Nova Serrana	100,0%
PA010	Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas	Pará de Minas	82,7%
PA009	Rio São João a jusante da cidade de Itaúna	Itaúna	80,6%
PA024	Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo	Passa Tempo	45,0%

A ocorrência de IQA Ruim e Muito Ruim nos corpos de água citados na tabela acima reflete os lançamentos de esgotos sanitários e efluentes industriais dos municípios presentes nessas regiões quais sejam São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Pará de Minas, Itaúna e Passa Tempo.

A Figura 5.13 abaixo apresenta a distribuição dos resultados de IQA considerando-se a série histórica (1997 a 2012) para cada uma das estações localizadas na bacia hidrográfica do rio Pará.

**Figura 5.13 – Box-plot dos valores de IQA nos corpos de água monitorados na bacia do rio Pará no período 1997 a 2012**



Cerca de 11,5% das medianas das estações inseridas na bacia do rio Pará encontram-se na faixa de IQA Ruim e aproximadamente de 3,8% na faixa de IQA Muito Ruim.

A estação de monitoramento que apresentou a mediana com menor valor, no intervalo correspondente a IQA Muito Ruim (pior condição), está localizada no córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034). Já as estações de monitoramento que apresentaram a mediana no intervalo correspondente a IQA Ruim foram Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020), Rio São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) e Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010).

Como já mencionado anteriormente, apenas Pará de Minas e Itaúna apresentam tratamento de esgotos, este com 0,56% de atendimento à população urbana e aquele com 95%. Dessa forma, apenas as águas do Ribeirão Paciência a jusante de Pará de Minas (PA010) recebe carga poluidora predominantemente tratada, sendo que os pontos córrego do Pinto ou córrego Buriti a jusante do município de São Gonçalo do Pará (PA034), Ribeirão Fartura ou Gama a jusante da cidade de Nova Serrana (próximo de sua foz no rio Pará) (PA020) e Rio

São João a jusante da cidade de Itaúna (PA009) recebem carga poluidora não tratada em sua totalidade ou na maior parte.

## 6 CONCLUSÕES

Considerando os resultados avaliados neste estudo, conclui-se que os municípios que mais contribuem para a má qualidade dos corpos d'água da bacia do rio Pará são São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Pará de Minas, Itaúna e Passa Tempo. Os mesmos se encontram nas regiões denominadas Alto e Médio Cursos do rio Pará, que comportam um grande contingente populacional dessa bacia, devido à proximidade geográfica com a RMBH. Além desse fator, a mesma região apresenta uma grande concentração de indústrias em relação ao restante da bacia, o que, juntamente com a parcela de esgotos não tratados, potencializa os reflexos na má qualidade dos recursos hídricos.

De acordo com dados da Feam (2013), São Gonçalo do Pará conta com rede coletora de esgotos que atende a 92% da população urbana, sem no entanto apresentar ETE. Esse esgoto é despejado em cursos de água, fluindo para o córrego do Pinto. É preciso reconhecer que a qualidade, considerada uma dos piores de Minas Gerais, deve-se muito ao pequeno porte desse corpo de água, que logo deságua no rio Pará. Por isso, não se pode considerar que a poluição advinda de São Gonçalo do Pará é necessariamente a mais grave, mas sim que o córrego do Pinto, devido ao seu porte, é que apresenta uma pequena capacidade de absorção desses poluentes.

O município de Nova Serrana também apresenta o percentual da população urbana atendida por rede coletora de aproximadamente 95%, sem que haja, todavia, tratamento do esgoto (Feam, 2013). Esse é lançado *in natura* em pontos do município, todos convergindo para o ribeirão Fartura. Os resultados de IQA e dos parâmetros discutidos podem ser relacionados com a inexistência de ETE em função de uma população urbana estimada em aproximadamente 70 mil habitantes (Censo, 2010).

O município de Pará de Minas, segundo dados da Feam, conta com 95% de rede coletora e de tratamento de esgoto para a população urbana. Vale ressaltar que a ETE Pará de Minas, que atende a 80% da população urbana, teve sua implantação finalizada em outubro de 2011 e possui LOC válida até julho de 2018. Assim, identificou-se no diagnóstico de Pará de Minas, uma pequena melhora do resultado de todos os parâmetros sanitários nos últimos anos.

A cidade de Itaúna é habitada por mais 80 mil pessoas das quais 99% são atendidas pela rede coletora de esgoto. Apesar disso, apenas 454 de seus habitantes (0,56%) têm acesso

a sistemas constituídos por tanque séptico-filtro anaeróbio, sendo que para a maioria da população urbana ainda não há tratamento do esgoto (Feam, 2013). Esse é coletado e despejado *in natura* diretamente no rio São João, que corta a cidade, afetando a qualidade desse corpo de água, razão pela qual suas águas apresentaram resultados resultados de IQA e dos parâmetros DBO, fósforo total e nitrogênio amoniacal que estão entre os piores em relação à bacia do rio Pará em toda a série histórica.

Segundo diagnóstico, o município de Passa Tempo apresenta 98% de rede coletora de esgotos, sem no entanto que haja tratamento dos efluentes gerados (Feam, 2011). Os esgotos da cidade são lançados diretamente no córrego Passatempo e afluente, refletindo nos resultados de IQA e parâmetros sanitários, especialmente coliformes termotolerantes, do Ribeirão Passa Tempo na cidade de Passa Tempo (PA024).

## 7 REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. *Qualidade das águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Editora da FURG, rio Grande, 166p, 2001

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Águas Superficiais*. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 20/11/2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na bacia hidrográfica do rio Pará / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: FEAM, 2013. 719 p.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 de julho de 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Indicadores da Qualidade da Água*. Projeto Águas de Minas. Disponível em <<http://aguas.igam.mg.gov.br>> . Acesso em 22/10/2011. (a)

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Pará em 2009*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010.

JACKSON, J., Heavy metals and other inorganic toxic substances. In: S. Matsui (ed), *Toxic Substances Management in Lakes and Reservoirs, Guidelines of Lake Management*, International Lake Environment Committee, Foundation & United Nations Environment Programme, 1992, p. 65-80.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. River Quality Analysis using Fuzzy Water Quality Index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Ecological Indicators*, 9, 1188-1197, 2009.

LUMB, A.; SHARMA T. C.; BIBEALULT, J. A Review of Genesis and evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions. *Water Qual. Expo Health*, 3, 11-24, 2011.

MARQUES, M.N.; DAUDE, L.F.; SOUZA, R.M.G.L., CONTRIM, M.E.; PIRES, M.A.F. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento. Um estudo de caso. *Exacta*, 5. (1), pp. 5-8, 2007.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 4, 689-694, 2006.

SIMÕES, F. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C.; GIMENEZ, S. M. N.; YABE, M. J. F. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8, 476-484, 2008.

TOLEDO, L. G., NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia Sob Uso Agrícola e Urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

VON SPERLING, M. . Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 7. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. 1. ed. Betim: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2007. v. 1. 588 p.