

PRODUTO 4: ESTUDO DO DIAGNÓSTICO EVOLUTIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO ITABIRITO E INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO ITABIRITO.

ATO CONVOCATÓRIO Nº 018/2012.

Contrato de Prestação de Serviços nº 023/2012

CONTRATO DE GESTÃO IGAM Nº 003/2009.



15/04/2013

MYR Projetos Sustentáveis

**PRODUTO 4 – ESTUDO DO DIAGNÓSTICO
EVOLUTIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA
DO RIO ITABIRITO E INVESTIGAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO
ITABIRITO.**



*“CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS TÉCNICOS
ESPECIALIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO
DIAGNÓSTICO DAS PRESSÕES AMBIENTAIS NA
BACIA DO RIO ITABIRITO”*

1 - APRESENTAÇÃO GERAL

No presente documento, denominado por “Estudo do Diagnóstico Evolutivo da Qualidade da Água na Bacia do Rio Itabirito e Investigação da Qualidade da Água na Bacia do Rio Itabirito” do Projeto denominado “Diagnóstico das Pressões Ambientais na Bacia do Rio Itabirito”, a MYR Projetos Sustentáveis, vem apresentar ao CBH Rio das Velhas, através da AGB Peixe Vivo, os resultados das análises de qualidade das águas superficiais realizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, durante o período de 2002 a 2012 e os resultados das análises de qualidade das águas superficiais realizadas pela MYR nos meses de fevereiro e junho de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

MYR Projetos Sustentáveis

Diagnóstico das Pressões Ambientais na Bacia do Rio Itabirito – Belo Horizonte, 2013.

Nº de páginas: 107

Contratante: AGB Peixe Vivo

Responsável técnico: Rômulo Cajueiro de Melo

Monitoramento; Qualidade; Itabirito

2 - INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE

EMPRESA:	AGB PEIXE VIVO
CNPJ:	09.226.288/0001-91
RESPONSÁVEL:	ALBERTO SIMON SCHVARTZMAN
TELEFAX:	(31) 3207-8500 / 3201-2368
ENDEREÇO:	RUA CARIJÓS, Nº 166, 5º ANDAR, CENTRO. CEP: 30120-060 BELO HORIZONTE /MG
E-MAIL:	DITEC@AGBPEIXEVIVO.ORG.BR

2.2 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA

EMPRESA:	MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS
CNPJ:	05.945.444/0001-13
RESPONSÁVEL:	Sérgio Myssior
TELEFAX:	(31) 3245-6141 / (31) 8866-0880
ENDEREÇO:	Rua Centauro, nº 231/ 6º andar – B. Santa Lúcia – CEP: 30360-310 Belo Horizonte - MG
E-MAIL:	sergio@myrprojetos.com.br

3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO ESTUDO

NOME	COMPONENTE	FORMAÇÃO
Daniel Sampaio	Geoprocessamento, Fragilidade Ambiental, Meio físico e Plano de Ações	Geógrafo, Esp.
João P. Porto Melasipo	Geoprocessamento, Diagnóstico Ambiental e Socioeconomia	Geógrafo
Marina Barros	Coordenação do Meio Socioeconômico	Cientista Social, M.Sc.
Michel Jeber	Coordenação Técnica-Meio Físico	Geógrafo, Esp.
Raquel Silva	Geoprocessamento Diagnóstico Ambiental	Geógrafa
Rômulo Cajueiro de Melo	Relatórios Qualidade das Águas Superficiais	Biólogo, Esp.
Sérgio Myssior	Coordenação Geral	Arquiteto, Esp.
Thiago Metzker	Coordenação Meio Biótico	Biólogo, Dr.
Victor Carvalho	Segurança do trabalho	Téc. segurança do trabalho

“Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, é um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos.”

Sumário

1 - APRESENTAÇÃO GERAL.....	III
2 - INFORMAÇÕES GERAIS.....	V
2.1 IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE.....	V
2.2 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA.....	V
3 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO ESTUDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
4 - INTRODUÇÃO.....	14
4.1 DIAGNÓSTICO DAS PRESSÕES AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	14
5 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA PELO IGAM.....	16
5.1 APRESENTAÇÃO GERAL.....	16
5.2 METODOLOGIA IGAM.....	19
5.2.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS E SEUS SIGNIFICADOS.....	21
5.2.1.1 Parâmetros Físicos.....	21
5.2.1.2 Parâmetros Químicos.....	23
5.2.1.3 Parâmetros Microbiológicos.....	39
5.2.1.4 Parâmetros Hidrobiológicos.....	40
5.2.2 INDICADORES AMBIENTAIS E SEUS SIGNIFICADOS.....	40
5.2.2.1 Índice de Qualidade das Águas - IGAM.....	41
5.2.2.2 Contaminação por Tóxicos - CT.....	42
5.2.2.3 Índice de Estado Trófico - IET.....	43
5.3 RESULTADOS IGAM.....	46
5.3.1 Análise dos PARÂMETROS de qualidade nos pontos operados pelo igam..	46
5.3.1.1 Análise da Evolução ao Longo dos Anos.....	46
5.3.1.2 Rede Básica e Rede Dirigida.....	49
5.3.2 Análise dos índices de qualidade nos pontos operados pelo IGAM.....	56
5.3.2.1 Índice de Qualidade de Água - IQA.....	57
5.3.2.2 Índice de Estado Trófico – IET.....	60
7.2.3 Contaminação por Tóxicos - CT.....	63
5.4 AVALIAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO.....	69
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70

6 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA PELA MYR NOS MESES DE FEVEREIRO E JUNHO.....	71
6.1 APRESENTAÇÃO GERAL.....	71
6.1.1 Parâmetros ambientais analisados e seus significados	75
6.1.1.1 Parâmetros Físicos	76
6.1.1.2 Parâmetros Químicos.....	77
6.1.1.3 Parâmetros Microbiológicos	84
6.2 RESULTADOS MYR	85
6.2.1 Análise dos parâmetros de qualidade nos pontos selecionados pela MYR ..	85
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DA ÁREA TERRITORIAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO E A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO OPERADAS PELO IGAM	18
FIGURA 2: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	47
FIGURA 3: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO, REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	48
FIGURA 4: NÚMERO DE VIOLAÇÕES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012	49
FIGURA 5: BOX-PLOT DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	51
FIGURA 6: BOX-PLOT DAS ANÁLISES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES REGISTRADAS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	52
FIGURA 7: BOX-PLOT DAS ANÁLISES DE FÓSFORO TOTAL REGISTRADAS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	53
FIGURA 8: BOX-PLOT DOS VALORES DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO TOTAIS REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	54
FIGURA 9: BOX-PLOT DOS VALORES DE TURBIDEZ REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	55
FIGURA 10: BOX-PLOT DOS VALORES DE COR VERDADEIRA REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	56
FIGURA 11: EVOLUÇÃO TEMPORAL DO IQA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	58
FIGURA 12: FREQUÊNCIA DE IQA (POR ESTAÇÃO) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	59
FIGURA 13: FREQUÊNCIA DE IQA (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	60
FIGURA 14: EVOLUÇÃO TEMPORAL DO IET NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2003 A 2012	61
FIGURA 15: FREQUÊNCIA DE IET (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2003 A 2012.....	62
FIGURA 16: FREQUÊNCIA DE IET (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO NO PERÍODO DE 2003 A 2012.....	63
FIGURA 17: EVOLUÇÃO TEMPORAL DE CT NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012	64
FIGURA 18: FREQUÊNCIA DE CT (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	65
FIGURA 19: EVOLUÇÃO TEMPORAL DA FREQUÊNCIA DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIARAM A CT ALTA E/OU MÉDIA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	66
FIGURA 20: PORCENTAGEM DE DESCONFORMIDADE DOS PARÂMETROS MONITORADOS NA BACIA DO RIO ITABIRITO (POR ESTAÇÃO) NOS REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012	67

FIGURA 21: FREQUÊNCIA DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIARAM A CT ALTA E/OU MÉDIA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012.....	68
FIGURA 22: MAPA DA ÁREA TERRITORIAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO E A LOCALIZAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR.	73
FIGURA 23: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM 2013.	86
FIGURA 24: RESULTADOS DO PARÂMETRO TEMPERATURA DA ÁGUA NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	87
FIGURA 25: RESULTADOS DO PARÂMETRO CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	88
FIGURA 26: RESULTADOS DO PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	89
FIGURA 27: RESULTADOS DO PARÂMETRO PH NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	90
FIGURA 28: RESULTADOS DO PARÂMETRO COLIFORMES TOTAIS NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	91
FIGURA 29: RESULTADOS DO PARÂMETRO ESCHERICHIA COLI NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	92
FIGURA 31: RESULTADOS DO PARÂMETRO TURBIDEZ NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	94
FIGURA 32: RESULTADOS DO PARÂMETRO ARSÊNIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	95
FIGURA 33: RESULTADOS DO PARÂMETRO BÁRIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	96
FIGURA 34: RESULTADOS DO PARÂMETRO CÁDMIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	97
FIGURA 35: RESULTADOS DO PARÂMETRO COBRE TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	98
FIGURA 36: RESULTADOS DO PARÂMETRO CROMO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	99
FIGURA 37: RESULTADOS DO PARÂMETRO FERRO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	100
FIGURA 38: RESULTADOS DO PARÂMETRO MANGANÊS TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	101
FIGURA 39: RESULTADOS DO PARÂMETRO MERCÚRIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	102

FIGURA 40: RESULTADOS DO PARÂMETRO SÓDIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	103
FIGURA 41: RESULTADOS DO PARÂMETRO ZINCO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.	104

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM MONITORADAS PELO IGAM NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	16
TABELA 2. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS	20
TABELA 3. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS COMUNS A TODAS AS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM ANALISADOS NAS CAMPANHAS INTERMEDIÁRIAS.....	21
TABELA 4. CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA.....	41
TABELA 5. CLASSIFICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS – CT	42
TABELA 6. CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO – RIOS	44
TABELA 7. CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO – RESERVATÓRIOS	45
TABELA 8. DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO.....	72
TABELA 9. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS IN LOCO	75
TABELA 10. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NAS CAMPANHAS REALIZADAS PELA MYR	75

4 - INTRODUÇÃO

A região da Bacia do Rio Itabirito localiza-se no alto curso do Rio das Velhas e abrange, total ou parcialmente, os municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima. A região tem dois principais rios: o Rio Itabirito e o Rio das Velhas. O Rio Itabirito, afluente da margem esquerda do Rio das Velhas, nasce e deságua no Rio das Velhas ainda no município de Itabirito. Já o Rio das Velhas, nasce em Ouro Preto e deságua no Rio São Francisco no município de Várzea da Palma.

4.1 DIAGNÓSTICO DAS PRESSÕES AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO ITABIRITO

A Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - AGB Peixe Vivo é uma associação civil, pessoa jurídica de direito privado, composta por empresas usuárias de recursos hídricos e organizações da sociedade civil, tendo como objetivo a execução da Política de Recursos Hídricos deliberada pelos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A AGB Peixe Vivo, criada em 15 de setembro de 2006, e equiparada no ano de 2007 à Agência de Bacia Hidrográfica (denominação das Agências de Água definida no Estado de Minas Gerais, de acordo com a Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999) por solicitação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas é composta por Assembléia Geral, Conselho de Administração, Conselho Fiscal e Diretoria Executiva.

No âmbito dos Comitês de Bacia estaduais vinculados à AGB Peixe Vivo encontra-se o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - CBH Rio das Velhas, criado pelo Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998. O CBH Rio das Velhas é composto por 28 membros titulares e 28 suplentes, sendo sua estruturação paritária entre Poder Público Estadual, Poder Público Municipal, Usuários de Recursos Hídricos e Sociedade Civil Organizada, cada segmento com 07 representantes titulares e 07 suplentes. No artigo 1º do Decreto nº 39.692, destaca-se as finalidades

do mesmo do CBH Rio das Velhas, qual seja o de promover no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira de programa de investimento e consolidação da política de estruturação urbana e regional, visando o desenvolvimento sustentado da bacia.

A Bacia do Rio Itabirito possui um subcomitê que é um grupo consultivo e propositivo, vinculado ao CBH Rio das Velhas, conforme Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 02/2004, com atuação na Bacia Hidrográfica do Rio Itabirito, a qual compreende parte dos municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima.

No ano de 2011 a AGB Peixe Vivo, realizou a contratação de serviços de consultoria com o objetivo de estudar as principais demandas dos subcomitês de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Dentre as demandas apresentadas pelo Subcomitê Rio Itabirito (SCBH Rio Itabirito), destacou-se a necessidade de elaboração de um diagnóstico que contemplasse a questão do monitoramento das águas da bacia.

Importante destacar que os recursos para elaboração deste Projeto, são frutos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia do Rio das Velhas, implantada em 2010.

5 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA PELO IGAM

5.1 APRESENTAÇÃO GERAL

Este trabalho objetiva avaliar a evolução da qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio Itabirito através da análise dos resultados obtidos no monitoramento realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM nos últimos 10 (dez) anos, período compreendido entre 2002 e 2012.

O monitoramento das águas do Estado de Minas Gerais é realizado pelo IGAM, através do Projeto "Águas de Minas". Em execução há dezesseis anos, este monitoramento vem permitindo identificar alterações na qualidade das águas, refletidas em tendências observadas.

A Bacia do Rio Itabirito atualmente é contemplada com 6 (seis) estações de monitoramento operadas pelo IGAM no âmbito da rede dirigida na região do alto curso do Rio das Velhas. As localizações das estações estão descritas de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1. DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM MONITORADAS PELO IGAM NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Estação	Data de Implantação	Descrição	Latitude	Longitude
AV050	01/09/2002	Ribeirão do Silva a montante do Córrego das Almas	-20°21'42"	-43°53'55,9"
AV060	01/09/2002	Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos	-20°17'21,9"	-43°48'18,5"
AV070	01/09/2002	Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha	-20°19'1,8"	-43°47'16,7"
AV080	01/09/2002	Rio Itabirito a montante de Itabirito	-20°16'48,2"	-43°47'58,1"
AV110 (BV035)	01/10/1977	Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito	-20°14'0"	-43°48'0"

AV120	01/09/2002	Córrego Moleque a montante do Rio Itabirito	-20°10'51,2"	-43°48'51"
-------	------------	---	--------------	------------

A Figura 1 apresenta o mapa de localização das estações de monitoramento operadas pelo IGAM na Bacia do Rio Itabirito.

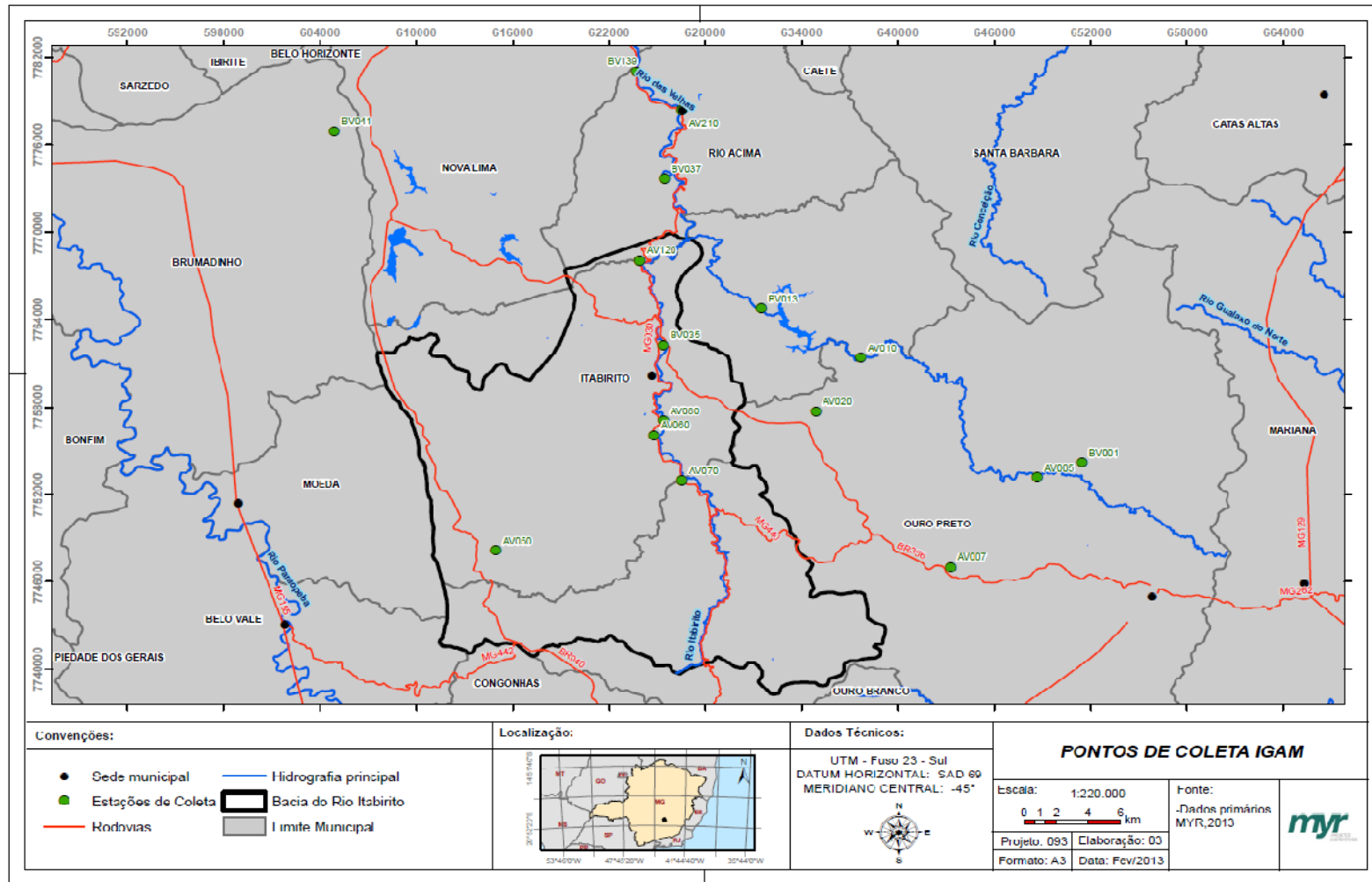


FIGURA 1: MAPA DA ÁREA TERRITORIAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO E A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO OPERADAS PELO IGAM

5.2 METODOLOGIA IGAM

Para avaliação da qualidade das águas no estado de Minas Gerais, no âmbito do Projeto Águas de Minas, o Instituto Mineiro de Gestão de Águas utiliza os limites estabelecidos Deliberação Normativa Conjunta do COPAM e CERH N° 01 em 05 de maio de 2008, que é a legislação estadual mais recente.

As águas da Bacia do Rio Itabirito, conforme o Artigo 1º da Deliberação Normativa N° 20 de 1997, que dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio das Velhas, são enquadradas como Classe 2, das nascentes até a confluência com o Rio das Velhas. Sendo assim, todos os resultados obtidos nas análises realizadas para caracterização da qualidade das águas da Bacia do Rio Itabirito, são comparadas tendo como base os limites legais estabelecidos para o respectivo enquadramento, a saber, Classe 2.

De acordo com o IGAM, as amostragens e análises são contratadas junto à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, órgão vinculado à Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, sendo realizadas a cada trimestre, com um total anual de 4 (quatro) campanhas de amostragem por estação. As amostras coletadas são do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localiza-se sobre pontes.

Ainda de acordo com dados dos relatórios de qualidade das águas do IGAM, são realizados dois tipos de campanhas de amostragem: completas e intermediárias. As campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, caracterizam respectivamente os períodos de chuva e estiagem, enquanto que as intermediárias, realizadas nos meses abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro, caracterizam os demais períodos climáticos do ano.

Nas campanhas completas é realizada uma extensa série de análises, englobando, em média, 50 parâmetros, comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS NAS CAMPANHAS COMPLETAS

Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas completas	
Alcalinidade Bicarbonato	Fósforo Total
Alcalinidade Total	Magnésio
Alumínio Dissolvido	Manganês Total
Arsênio Total	Mercúrio Total
Bário Total	Níquel Total
Boro Total	Nitrato
Cádmio Total	Nitrito
Cálcio	Nitrogênio Amoniacal Total
Chumbo Total	Nitrogênio Orgânico
Cianeto Livre	Óleos e Graxas
Cloreto Total	Oxigênio Dissolvido - OD
Clorofila-a	pH "in loco"
Cobre Dissolvido	Potássio
Coliformes Termotolerantes	Selênio Total
Coliformes Totais	Sódio
Condutividade Elétrica "in loco"	Sólidos Dissolvidos
Cor Verdadeira	Sólidos em Suspensão
Cromo Total	Totais
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Sólidos Totais
Demanda Química de Oxigênio – DQO	Substâncias Tensoativas
Dureza (Cálcio)	Sulfatos
Dureza (Magnésio)	Sulfetos
Estreptococos Fecais	Temperatura da Água
Fenóis Totais	Temperatura do Ar
Feofitina	Turbidez
Ferro Dissolvido	Zinco

Nas campanhas intermediárias são analisados 18 parâmetros genéricos em todos os locais, como mostra a Tabela 3. Para cada região também são incluídos parâmetros característicos das fontes poluidoras locais que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta (Relatório de Qualidade das Águas Superficiais, Bacia do Rio das Velhas, IGAM – 2009).

TABELA 3. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS COMUNS A TODAS AS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM ANALISADOS NAS CAMPANHAS INTERMEDIÁRIAS

Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias	
Cloreto Total	Nitrato
Clorofila-a	Nitrogênio Amoniacal Total
Coliformes Termotolerantes	Oxigênio Dissolvido
Coliformes Totais	pH "in loco"
Condutividade Elétrica "in loco"	Sólidos em Suspensão Totais
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Sólidos Totais
Demanda Química de Oxigênio	Temperatura da Água
Feofitina	Temperatura do Ar
Fósforo Total	Turbidez

5.2.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS E SEUS SIGNIFICADOS

De acordo com os dados contidos nos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais do estado de Minas Gerais – IGAM fez-se um levantamento de todos os parâmetros monitorados na região de interesse e seus respectivos significados.

5.2.1.1 Parâmetros Físicos

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais de origem antropogênica naturalmente contidos nas águas são: descargas industriais de sais consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Cor verdadeira

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar uma coluna de água, devido à presença de sólidos dissolvidos (principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico).

A cor é originada de forma natural, a partir da decomposição da matéria orgânica, principalmente dos vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos, além do ferro e manganês. A origem antropogênica surge dos resíduos industriais e esgotos domésticos. Apesar de ser pouco frequente a relação entre cor acentuada e risco sanitário nas águas coradas, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, dentre eles, os trihalometanos.

Sólidos Totais

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. Os sólidos em suspensão, contidos em uma amostra de água, apresentam, em função do método analítico escolhido, características diferentes e, conseqüentemente, têm designações distintas.

A unidade de medição normal para o teor em sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg/L de matéria seca. A partir dos sólidos filtrados, pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica, como matéria volátil, a parcela de sólidos orgânicos.

Dentro dos sólidos filtráveis encontram-se, além de uma parcela de sólidos turvos, também os seguintes tipos de sólidos/substâncias não dissolvidos: sólidos flutuantes, que em determinadas condições estão boiando, e são determinados através de aparelhos adequados em forma de peso ou volume; sólidos sedimentáveis, que em determinadas condições afundam, sendo seu resultado apresentado como volume (ml/L) mais o tempo de formação; e sólidos não sedimentáveis, que não são sujeitos nem à flotação nem à sedimentação.

Temperatura

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.

Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

Turbidez

A 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 microrganismos; como fontes antropogênicas destacam-se os despejos domésticos, industriais e a erosão.

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

5.2.1.2 Parâmetros Químicos

Alcalinidade Total

É a quantidade dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato presentes na água, que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. As origens naturais da alcalinidade na água são a dissolução de rochas, as reações do dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e a decomposição da matéria orgânica. Além desses, os despejos

industriais são responsáveis pela alcalinidade nos corpos de água. Esta variável deve ser avaliada por ser importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações.

Cianeto livre (CN⁻)

Os cianetos são os sais do hidrácido cianídrico (ácido prússico, HCN), podendo ocorrer na água em forma de ânion (CN⁻) ou de cianeto de hidrogênio (HCN). Em valores neutros de pH, prevalece o cianeto de hidrogênio.

Estas substâncias têm um efeito muito tóxico sobre microrganismos e uma diferenciação analítica entre cianetos livres e complexos é imprescindível, visto que a toxicidade do cianeto livre é muito maior.

Os cianetos são utilizados na indústria galvânica, no processamento de minérios (lixiviação de cianeto) e na indústria química. São também aplicados em pigmentos e praguicidas. Podem chegar às águas superficiais através dos efluentes das indústrias galvânicas, de têmpera, de coque, de gás e de fundições.

Cloretos

As águas naturais, em menor ou maior escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os íons cloretos são advindos da dissolução de sais. Um aumento no teor desses ânions na água é indicador de uma possível poluição por esgotos (através de excreção de cloreto pela urina) ou por despejos industriais, e acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água.

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. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20° C é frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

Os maiores aumentos em termos de DBO em um corpo de água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, poder obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO. A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo de água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

Dureza

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, provenientes das rochas calcárias e dos despejos industriais. A ocorrência de dureza elevada causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos. Além disso, causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da maior precipitação nas temperaturas elevadas.

Fenóis Totais

Os fenóis são compostos orgânicos oriundos, nos corpos de água, principalmente dos despejos industriais. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos em concentrações bastante baixas e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas. Para os organismos vivos, os compostos fenólicos são tóxicos protoplasmáticos, apresentando a propriedade de combinar-se com as proteínas teciduais. O contato com a pele provoca lesões irritativas e após ingestão podem ocorrer lesões cáusticas na boca, faringe, esôfago e estômago, manifestadas por dores intensas, náuseas, vômitos e diarréias, podendo ser fatal. Após absorção, tem

ação lesiva sobre o sistema nervoso podendo ocasionar cefaléia, paralisias, tremores, convulsões e coma.

Fósforo Total

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antropogênico é oriundo dos despejos domésticos e industriais, além de detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos de água desencadeia o desenvolvimento de algas ou de plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou corpos de água parada, podendo conduzir ao processo de eutrofização.

Série de Nitrogênio (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito. A forma do nitrogênio predominante é um indicativo do período da poluição dos corpos hídricos. Resultados de análise da água com alteração de nitrogênio nas formas predominantemente reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal) indicam que a fonte de poluição encontra-se próxima, ou seja, caracteriza-se por uma poluição recente, enquanto que a prevalência da forma oxidada (nitrato e nitrito) sugere que a fonte de contaminação esteja distante do ponto de coleta, sendo a poluição, portanto, remota. Nas zonas de autodepuração natural dos rios, observa-se a presença de nitrogênio orgânico na zona de degradação, nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

A disponibilização do nitrogênio para o meio ambiente pode ocorrer de forma natural através de constituintes de proteínas, clorofila e compostos biológicos. As fontes antrópicas estão associadas aos despejos doméstico e industrial, excrementos de animais e fertilizantes.

O nitrogênio é um elemento de destaque para a produtividade da água, pois contribui para o desenvolvimento do fito e zooplâncton. Como nutriente é exigido em grande quantidade pelas células vivas, mas o seu excesso em um corpo de água

provoca o enriquecimento do meio e, conseqüentemente, o crescimento exagerado dos organismos, favorecendo a eutrofização.

Nitrogênio Orgânico

Está presente na água em forma de suspensão e é oriundo principalmente de fontes biogênicas (bactérias, plâncton, húmus, proteínas e intermediários de processos de decomposição). O nitrogênio orgânico não apresenta efeitos tóxicos, todavia podem surgir preocupações de ordem higiênica.

Nitrogênio Amoniacal Total (amônia)

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações, como é comumente encontrada, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Por outro lado, grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

Como fontes de contribuição de nitrogênio amoniacal, destacam-se o lançamento de efluentes domésticos (sanitários) e industriais químicos, petroquímicos, siderúrgicos, farmacêuticos, alimentícios, matadouros, frigoríficos e curtumes.

Nitrato

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitrato superiores a 10 mg/L, conforme determinado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, demonstram condições sanitárias inadequadas, pois as principais fontes de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e animais.

Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, podem conduzir a um crescimento exagerado, processo denominado de eutrofização. Em grandes quantidades, o nitrato contribui como causa da metaemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

Nitrito

É uma forma química do nitrogênio, normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. A indústria também disponibiliza o nitrito através das unidades de decapagem e da têmpera.

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, a fotossíntese e a ação dos aeradores.

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos durante a oxidação bioquímica podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo de água natural em manter a vida aquática.

Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, sendo normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. A presença de dragas para retirada de areia também pode contribuir para o aumento desse parâmetro nos corpos de água, por meio de vazamentos ou falta de medidas preventivas, afim que não haja lançamentos de resíduos nos leitos dos rios. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos

corpos de água. Dentre estes despejos, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água.

A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processos de decomposição, a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático.

Na legislação brasileira não existem valores limites estabelecidos para esse parâmetro. A recomendação, segundo a Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008, é que óleos e graxas sejam virtualmente ausentes nas Classes 1, 2 e 3, enquanto iridescências são toleradas para a Classe 4.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH 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 à fotossíntese, enquanto sua origem antropogênica está relacionada aos despejos domésticos e industriais. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água afetam as taxas de crescimento de microrganismos e podem resultar no desaparecimento dos organismos presentes na mesma. Os valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água, ocorrendo, assim, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio além de dificultar a descontaminação das águas.

Sulfatos

Os sulfatos são sais que variam de moderadamente a muito solúveis em água, exceto sulfatos de estrôncio e de bário. A presença de sulfato nas águas está relacionada à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita. Nas águas superficiais, ocorre através das descargas de esgotos domésticos (exemplo: degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica, etc.). Têm interesse sanitário para águas de abastecimento público por sua ação laxativa, como sulfato de magnésio e o sulfato de sódio.

Sulfetos

Os sulfetos são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos, ou são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S). A maioria dos sulfetos metálicos de uso comercial é de origem vulcânica. Sulfetos metálicos têm importante papel na química analítica para a identificação de metais. Sulfetos inorgânicos encontram aplicações como pigmentos e substâncias luminescentes. Sulfetos orgânicos e dissulfetos são amplamente distribuídos nos reinos animal e vegetal. São aplicados industrialmente como protetores de radiação queratolítica.

Os íons sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos.

Substâncias tensoativas

As substâncias tensoativas reduzem a tensão superficial da água, pois possuem em sua molécula uma parte solúvel e outra não solúvel na água. A constituição dos detergentes sintéticos tem como princípio ativo o denominado “surfactante” e algumas substâncias denominadas de coadjuvantes, como o fosfato. O principal inconveniente dos detergentes na água se relaciona aos fatores estéticos, devido à formação de espumas em ambientes aeróbios.

Alumínio (Al)

O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e pela presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos de água.

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio.

Arsênio (As)

O arsênio é um elemento químico com propriedades químicas dos metais e físicas dos não metais, sendo assim denominado metalóide. Encontra-se amplamente distribuído em todos os ambientes terrestres e sua toxicidade depende, dentre outros fatores, da forma química e da concentração. As formas químicas incluem espécies inorgânicas (formas mais tóxicas) e orgânicas.

Sessenta por cento das emissões antropogênicas de As podem ser consideradas decorrentes de fontes como a fundição de cobre e combustão de carvão. Outras fontes incluem a aplicação de herbicidas, a fundição de Pb (chumbo) e Zn (zinco), rejeitos de mineração, dentre outras. Dentre as contribuições de origem natural de arsênio destacam-se as erupções vulcânicas e a lixiviação de rochas que possuem o arsênio em sua constituição.

A contaminação por arsênio tem recebido enorme atenção devido ao grande potencial de causar doenças ao homem, sendo a principal forma de contaminação através da ingestão de água contaminada por esse elemento. Compostos de arsênio inorgânico são absorvidos muito rapidamente pelos pulmões e intestinos, enquanto que a absorção através da pele é comparativamente lenta.

Bário (Ba)

Em geral, ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 µg/L. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

Boro (B)

O boro é muito reativo, o que dificultada a sua ocorrência no estado livre, entretanto, pode ser encontrado combinado a diversos minerais. O boro, na sua forma combinada como bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) é utilizado desde tempos imemoriais. É usado como matéria-prima na produção de vidro de borossilicato, resistente ao calor, para usos domésticos e laboratoriais, familiarmente conhecido pela marca registrada Pirex, bem como na preparação de outros compostos de boro.

Em sua forma elementar, é duro e quebradiço como o vidro, tendo aplicações semelhantes a este. Pode ser adicionado a metais puros, ligas ou outros sólidos, para aumentar a sua resistência plástica, acrescentando, assim, a rigidez do material.

Quando acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação dos seus compostos, o boro atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos, diarreia e, em casos extremos, coma. Pequenas quantidades de boro parecem ser indispensáveis para o crescimento das plantas, porém, em grandes quantidades, este elemento torna-se tóxico.

Cádmio (Cd)

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo, isto é, acumula-se em organismos aquáticos, podendo entrar na cadeia alimentar, e é persistente no ambiente. Está presente em águas doces em concentrações-traço, geralmente inferiores a 1µg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas, etc.

É um subproduto da mineração do zinco. O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e podem ser fatores para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, câncer e doenças crônicas em idosos.

Chumbo (Pb)

Em sistemas aquáticos, o comportamento dos compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Teores de chumbo acima de 0,1mg/L inibem a oxidação bioquímica de substâncias orgânicas e são prejudiciais para os organismos aquáticos inferiores. Concentrações de chumbo entre 0,2 e 0,5mg/L empobrecem a fauna e, a partir de 0,5mg/L, inibem a nitrificação na água, afetando a ciclagem do nitrogênio.

A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de chumbo, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. Este metal é uma substância tóxica cumulativa e uma intoxicação crônica pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre, na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o sistema nervoso central é afetado, são tonturas, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico, o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada por sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarréias.

Cobre (Cu)

A disponibilização de cobre para o meio ambiente ocorre através da corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea devido a usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

As principais fontes industriais são as minerações, fundições, refinarias de petróleo e têxteis. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão de mucosas, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais, além de irritação do sistema nervoso central seguido de depressão.

Cromo (Cr)

O cromo está presente nas águas nas formas tri (III) e hexavalente (VI). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Já na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Atualmente, os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo total. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de 0,1mg/L, enquanto o crescimento de algas já está sendo inibido no âmbito de teores de cromo entre 0,03 e 0,032mg/L.

O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos. Comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, assim como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.

Ferro (Fe)

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. Em épocas de alta precipitação, o nível de ferro na água aumenta em decorrência dos processos de erosão nas margens dos corpos de água. Nas indústrias metalúrgicas, o ferro é disponibilizado através da decapagem, que consiste na remoção da camada oxidada das peças antes de seu uso. Em

quantidade adequada, este metal é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, contudo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial.

Magnésio (Mg)

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio.

A falta de magnésio no corpo humano pode provocar diarreia ou vômitos, bem como irritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo.

Entre outras aplicações dos seus compostos, salienta-se a utilização do óxido de magnésio na fabricação de materiais refratários e nas indústrias de borracha, fertilizantes e plásticos; o uso do hidróxido em medicina como antiácido e laxante; do carbonato básico como material isolante em caldeiras e tubagens e ainda nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. Os sulfatos (sais de Epsom) são usados como laxantes, fertilizantes para solos empobrecidos em magnésio e ainda nas indústrias têxteis e papelreira; o cloreto é usado na obtenção do metal, na indústria têxtil e na fabricação de colas e cimentos especiais.

As aplicações do magnésio são múltiplas, como a construção mecânica, sobretudo nas indústrias aeronáutica e automobilística, como metal puro, sob a forma de ligas com alumínio e zinco, ou com metais menos frequentes, como o zircônio, o tório, os lantanídeos e outros.

Manganês (Mn)

O manganês aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e, na indústria química, em tintas, vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, no tingimento de instalações sanitárias, no aparecimento de manchas nas roupas lavadas e no acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês pode causar a doença denominada manganismo, com sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

Mercúrio (Hg)

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático, destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos e indústrias de tintas, dentre outras.

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de uma concentração de apenas 18µg/L. Este elemento pode ser adsorvido em sedimentos e em sólidos em suspensão. O metabolismo microbiano é perturbado pelo mercúrio através de inibição enzimática. Alguns microrganismos são capazes de metilar compostos inorgânicos de mercúrio, aumentando assim sua toxicidade.

O acúmulo de mercúrio nos tecidos do peixe é uma das principais vias de entrada de mercúrio no corpo humano, já que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organometálicos. A intoxicação aguda por este metal pesado, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

Níquel (Ni)

O níquel é o 24º metal em abundância no meio ambiente, tendo sua ocorrência distribuída em vários minerais, em diferentes formas. Ele está presente na superfície, associado ao enxofre, ácido silícico, arsênio ou antimônio. A maior contribuição de níquel para o meio ambiente, através da atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Além disso, as principais fontes são as atividades de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e as fontes secundárias, como a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

Potássio (K)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que as rochas que o contêm são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através de descargas industriais e pela lixiviação das terras agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis.

Selênio (Se)

É um elemento raro que tem a particularidade de possuir um odor pronunciado bastante desagradável. Ocorre na natureza juntamente com o enxofre ou sob a forma de selenetos em certos minerais.

As principais fontes de selênio são, todavia, os minérios de cobre, dos quais o selênio é recuperado como subproduto nos processos de refinação eletrolítica. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos, o Canadá, a Suécia, a Bélgica, o Japão e o Peru.

O selênio e os seus compostos encontram largo uso nos processos de reprodução xerográfica, na indústria vidreira (seleneto de cádmio, para produzir cor vermelho-

rubi), como desgaseificante na indústria metalúrgica, como agente de vulcanização, como oxidante em certas reações e como catalisador.

O selênio elementar é relativamente pouco tóxico. No entanto, alguns dos seus compostos são extremamente perigosos. A exposição aos vapores que contenham selênio pode provocar irritações dos olhos, nariz e garganta. A inalação desses vapores pode ser muito perigosa devido à sua elevada toxicidade.

Sódio (Na)

O sódio é um dos elementos mais abundantes na superfície terrestre e seus sais são altamente solúveis em água sendo, portanto, identificado em todas as águas naturais. É disponibilizado para a natureza através da decomposição de plantas e animais ou pode provir, principalmente, de esgotos, fertilizantes, indústrias de papel e celulose. É comumente medido onde a água é utilizada para beber ou para agricultura, particularmente na irrigação.

Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. Quando disponível no ambiente aquático, acumula-se nos sedimentos. Na forma residual não é acessível para os organismos, entretanto, pode ser remobilizado do sedimento através de formadores de complexos. Por ser um elemento essencial para o ser humano, o zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, podendo causar perturbações do trato gastrointestinal, irritações na pele, olhos e mucosas, deterioração dentária e câncer nos testículos.

5.2.1.3 Parâmetros Microbiológicos

Coliformes Totais

Conforme Portaria n° 518/2004, o grupo de coliformes totais é definido como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácidos, gás e aldeídos a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como em fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

Coliformes termotolerantes

Segundo a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas.

As bactérias do grupo coliforme são alguns dos principais indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e de outros animais. Essas bactérias reproduzem-se ativamente a $44,5^\circ\text{C}$ e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade de existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera.

Streptococos Fecais

Os *streptococos fecais* incluem várias espécies ou variedades de estreptococos, tendo no intestino de seres humanos e outros animais de sangue quente o seu habitat usual. A ocorrência dessas bactérias pode indicar a presença de organismos patogênicos na água. Essas bactérias não conseguem se multiplicar em águas poluídas, sendo sua presença indicativa de contaminação fecal recente.

5.2.1.4 Parâmetros Hidrobiológicos

Como espécies representativas do nível trófico inferior, as algas são organismos ecologicamente importantes, porque servem como fonte de alimento fundamental para outras espécies aquáticas e ocupam, assim, uma posição única entre os produtores primários: são um elo importante na cadeia alimentar e essenciais à “economia” dos ambientes aquáticos como alimento. As algas são diretamente afetadas por efluentes domésticos, industriais e agrossilvopastoris.

Em casos de nutrientes em excesso, ocorre um rápido crescimento e multiplicação e, nestas condições, pode haver um deslocamento da população, dominação por uma(s) espécie(s) e/ou floração de algas, condições estas que indicam deterioração na qualidade da água.

Clorofila “a”

As algas pertencentes ao reino protista e apresentam pigmentos – clorofilas, carotenos e xantofilas – organizados em organelas denominadas plastos, que permitem a fotossíntese. A determinação quantitativa destes pigmentos fotossintetizantes em ambientes aquáticos tem grande importância na indicação do estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica, bem como no estudo da produtividade primária de um ambiente. Esta determinação propicia a visualização do grau de eutrofização, constituindo uma estimativa da biomassa algal.

5.2.2 INDICADORES AMBIENTAIS E SEUS SIGNIFICADOS

O IGAM, além dos parâmetros físicos e químicos, analisa os resultados da qualidade das águas tendo como base indicadores ambientais, IQA – Índice de Qualidade de Água, IET – Índice de Estado Trófico e CT – Contaminação por Tóxicos.

5.2.2.1 Índice de Qualidade das Águas - IGAM

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 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, 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.

Para o cálculo do IQA é utilizado um software IQCAL desenvolvido pelo CETEC, o qual calcula as notas específicas de cada parâmetro e o índice final aditivo e multiplicativo, sendo que os resultados impressos incluem unicamente o IQA multiplicativo. Ressalta-se que no âmbito do Projeto Águas de Minas, para o cálculo do IQA considera-se o Qs da variação de temperatura constante e igual a 92. Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme observado na TABELA 4. Assim definido, o IQA reflete as interferências por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

TABELA 4. CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$
Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$
Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq \text{IQA} \leq 25$

5.2.2.2 Contaminação por Tóxicos - CT

Em função das concentrações observadas dos parâmetros tóxicos: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cianeto total, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total, a Contaminação por Tóxicos é caracterizada como Baixa, Média ou Alta. Comparam-se os valores analisados com os limites definidos nas classes de enquadramento dos cursos de água pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM na Deliberação Normativa Nº 10/86 até o ano de 2004, CONAMA 357/05 de 2005 a 2007 e Deliberação Normativa Conjunta do COPAM e CERH MG Nº 01 a partir de sua publicação em 05 de maio de 2008. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedam em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem. A contaminação Média refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%, enquanto a contaminação Alta refere-se às concentrações que excedam em mais de 100% os limites, como mostrado na Tabela 5. A pior situação identificada no conjunto total de resultados das campanhas de amostragem, para qualquer parâmetro tóxico, define a faixa de contaminação do período em consideração. Portanto, se apenas um dos parâmetros tóxicos em uma dada estação de amostragem mostrar-se com valor acima de 100%, isto é, o dobro da sua concentração limite apontada na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, em pelo menos uma das campanhas do ano, a Contaminação por Tóxicos naquela estação de amostragem será considerada Alta no ano em análise.

TABELA 5. CLASSIFICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS – CT

Contaminação	Concentração em relação à classe de enquadramento
Baixa	concentração $\leq 1,2.P$
Média	$1,2 P < \text{concentração} \leq 2.P$
Alta	concentração $> 2.P$

P = Limite de Classe definido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM e CERH MG 01/2008

5.2.2.3 Índice de Estado Trófico - IET

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, especialmente fósforo e nitrogênio. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (Esteves, 1998).

O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A parte correspondente à clorofila-a, IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível decrescimento do fitoplâncton devido ao enriquecimento de nutrientes (CETESB, 2008).

Segundo Lamparelli (2004), inicialmente foi utilizado no Brasil o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983 e 1984). Entretanto, esse índice não se mostrou eficiente para a classificação de ambientes lóticos, sendo necessária uma nova adaptação. Através de correlações estatísticas entre as variáveis selecionadas, chegou-se a diferentes equações para se avaliar os resultados do fósforo total e da clorofila-a nos ambientes lênticos e lóticos. O crescente aumento dos níveis de clorofila-a e nutrientes, especialmente de fósforo total, nos corpos de água monitorados no Estado tem alertado para o desenvolvimento de estudos que contribuam para um melhor entendimento da relação causa-efeito entre os processos produtivos e seu impacto ambiental em ecossistemas aquáticos. Portanto, a partir do ano de 2008, o Projeto Águas de Minas passou a utilizar o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983 e 1984) e Lamparelli (2004) para contribuir na avaliação da qualidade das águas.

Segundo a CETESB (2008), para o cálculo do Índice do Estado Trófico, foram aplicadas apenas a clorofila-a e o fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta

pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos, além de muitas vezes não se dispor desses dados. Desse modo, a transparência foi desconsiderada no cálculo do IET adotado pelo Projeto Águas de Minas, assim como na CETESB. As equações para o cálculo do IET(P) e IET (CL) em ambientes lóticos são apresentadas a seguir:

$$IET (CL) = 10 \{6 - [(-0,7 - 0,6 (\ln(CL)) / \ln 2)]\} - 20,$$

$$IET(P) = 10 \{6 - [(0,42 - 0,36 (\ln(P)) / \ln 2)]\} - 20,$$

onde, P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L, CL = concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em µg/L e ln = logaritmo natural.

As equações para ambientes lênticos são apresentadas abaixo:

$$IET(CL) = 10 \{6 - [(0,92 - 0,34 (\ln(CL)) / \ln 2)]\}$$

$$IET(P) = 10 \{6 - [(1,77 - 0,42 (\ln(P)) / \ln 2)]\}$$

onde, P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L, CL = concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em µg/L e ln = logaritmo natural.

Os resultados de IET apresentados serão a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila-a, segundo a equação:

$$IET = [IET (P) + IET (CL)] / 2,$$

Como o processo de eutrofização envolve dois momentos distintos, causa e consequência, foi adotado no Projeto Águas de Minas a utilização do índice apenas quando os dois valores de IET, fósforo e clorofila-a, estiverem presentes. Para a classificação deste índice serão adotados os seguintes estados de trofia: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (Lamparelli, 2004), cujos limites e características estão descritos nas Tabela 6 e 7.

TABELA 6. CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO – RIOS

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P(µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$

Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$P > 640$	$CL \geq 7,46$

TABELA 7. CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO – RESERVATÓRIOS

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P(µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$P > 233$	$CL > 69,05$

5.3 RESULTADOS IGAM

Para análise dos resultados, considerou-se a série obtida no período de 2002 a 2012, para as 6 (seis) estações de amostragem, quais sejam: Ribeirão do Silva a montante do Córrego das Almas (AV050), Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060), Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha (AV070), Rio Itabirito a montante do Rio Itabirito (AV080), Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035) e Córrego Moleque a montante do Rio Itabirito (AV120), localizadas na região de interesse pertencente à Bacia do Rio Itabirito na região da alto curso do Rio das Velhas, avaliando-se os parâmetros monitorados com relação ao percentual de amostras cujos valores ultrapassaram os limites legais da DN Conjunta COPAM/CERH N° 01/08.

5.3.1 Análise dos PARÂMETROS de qualidade nos pontos operados pelo igam

5.3.1.1 Análise da Evolução ao Longo dos Anos

A Figura 2 apresenta os percentuais de resultados em desconformidade com os limites da DN Conjunta COPAM/CERH N° 01/08 para cada parâmetro na Bacia do Rio Itabirito, de forma geral. Pode-se observar que os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais em desconformidades com os limites estabelecidos pela legislação estão associados, principalmente, aos lançamentos de esgotos domésticos nos corpos de água da bacia (presença de matéria orgânica e fecal), além do mau uso do solo relacionado às atividades de extração e mineração desenvolvidas na região. Os principais parâmetros violadores na Bacia do Rio Itabirito ao longo dos últimos dez anos (2002 a 2012) foram: manganês total, coliformes termotolerantes, fósforo total, sólidos suspensos totais, turbidez e cor verdadeira.

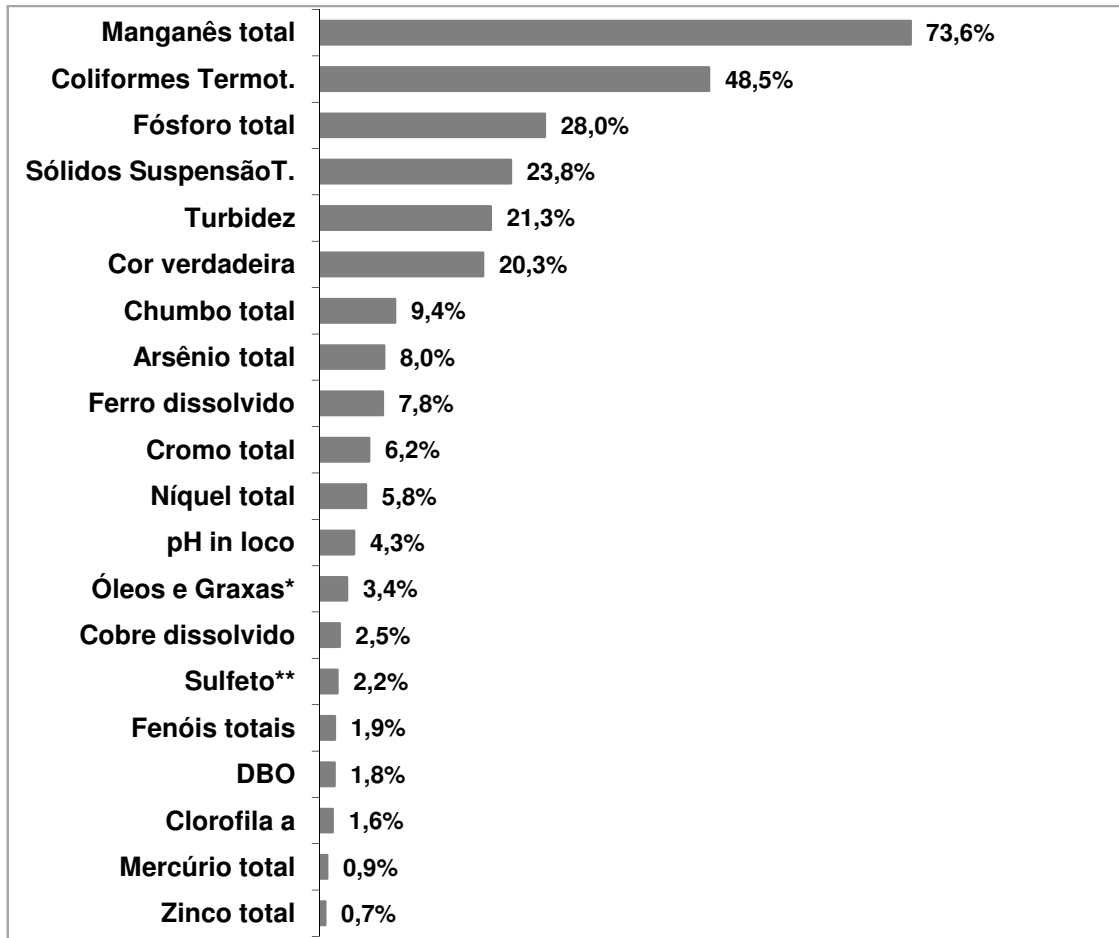


FIGURA 2: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Destaca-se o período chuvoso, quando ocorre aporte de poluentes de origem difusa, em virtude do carreamento superficial de material do solo para dentro do corpo de água. Em virtude deste processo, observa-se a piora da qualidade das águas dos trechos monitorados na Bacia do Rio Itabirito. Neste período, os principais parâmetros em desconformidade em relação ao limite da DN Conjunta COPAM/CERH Nº 01/08 foram fósforo total, sólidos em suspensão totais, turbidez e cor verdadeira. No período seco, por outro lado, observou-se o predomínio de violações do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no valor de 4%. Os parâmetros manganês total e coliformes termotolerantes praticamente não apresentaram variação, quando comparados os dois regimes hídricos. A Figura 3 apresenta os percentuais de resultados em desconformidade para cada parâmetro

nas estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito no período entre 2002 e 2012, nos diferentes regimes hídricos, período chuvoso e período seco.

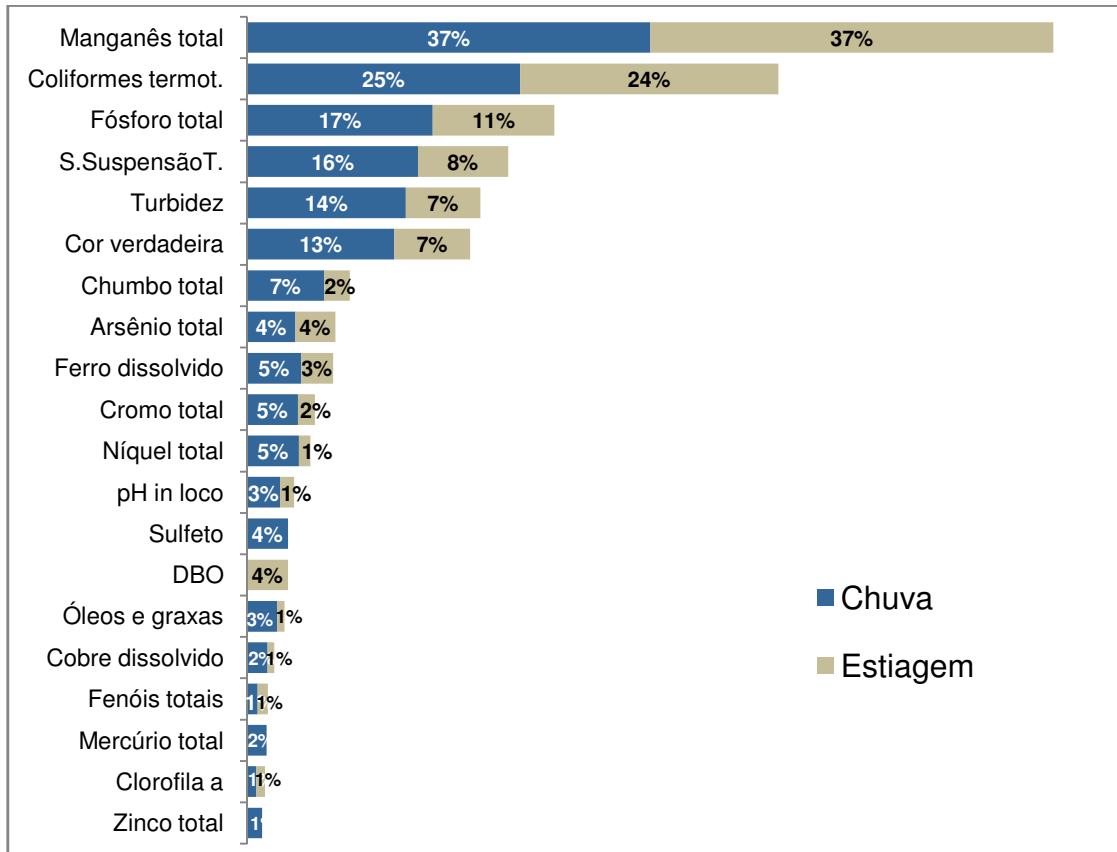


FIGURA 3: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO, REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Com o intuito de verificar a ocorrência destes parâmetros nas diferentes estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito, a Figura 4 mostra o número de amostragens em desconformidade de cada estação. De acordo com os resultados, a pior condição de qualidade foi observada na estação monitorada no Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), haja vista o maior número de resultados em desacordo com o limite legal. Isso indica a interferência das atividades do município de Itabirito na qualidade do corpo de água.

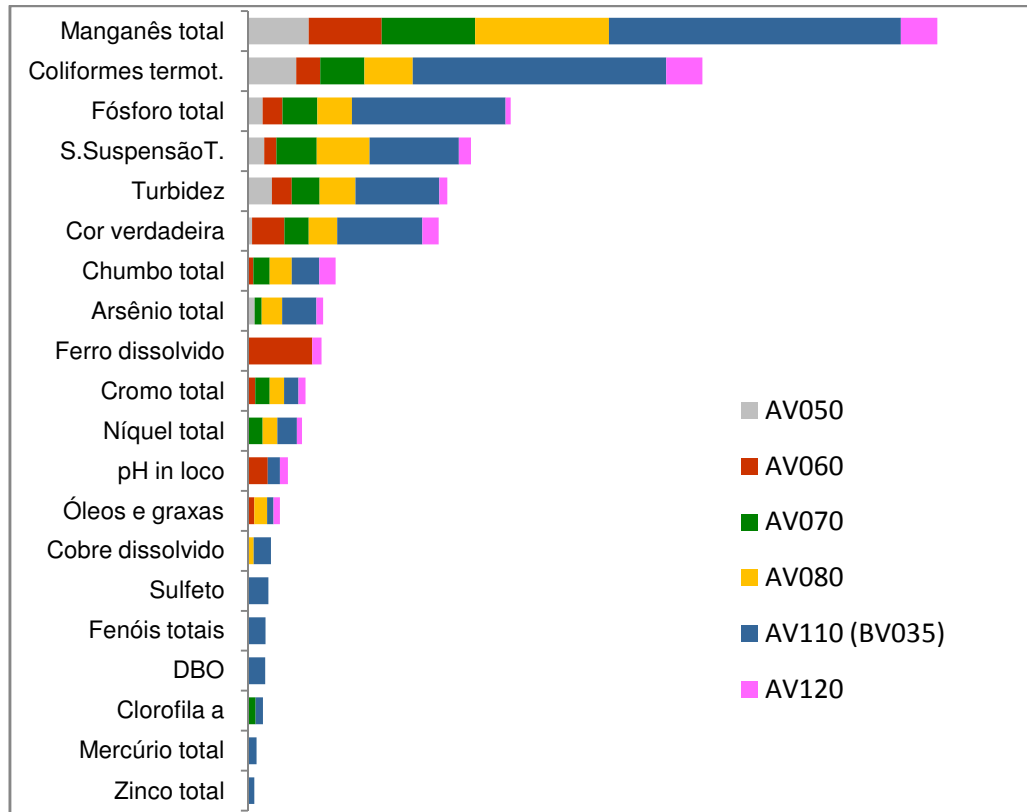


FIGURA 4: NÚMERO DE VIOLAÇÕES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO NA BACIA DO RIO ITABIRITO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012

5.3.1.2 Rede Básica e Rede Dirigida

Estações de Amostragem: AV050, AV060, AV070, AV080, AV110 (BV035) e AV120

Segundo o IGAM, entende-se por rede básica ou macro rede, uma rede composta por pontos de monitoramento de abrangência regional para caracterização da qualidade de água de maneira mais abrangente. A rede básica atualmente em operação contempla 448 estações de monitoramento localizadas nas oito principais bacias do Estado (Relatório de Qualidades das Águas Superficiais da Bacia do Rio das Velhas, 2009).

Entretanto, ainda segundo o IGAM, existem regiões onde predominam pressões ambientais específicas decorrentes de atividades industriais, minerárias e de

infraestrutura, exigindo, portanto, uma caracterização mais particularizada da qualidade das águas, devendo-se dar início a redes mais específicas denominadas redes dirigidas.

Conforme já explicitado no Item 5 deste Relatório, atualmente o IGAM mantém uma rede de monitoramento no alto curso do Rio das Velhas, onde são contempladas 6 (seis) estações na Bacia do Rio Itabirito, conforme Tabela 1. Essa rede foi implantada para investigar a interferência da mineração, atividade difundida na região, sendo, portanto, considerada uma rede dirigida denominada Alto Velhas (AV). Uma das estações, AV 110 é coincidente com a estação BV035, integrante da também da rede básica.

Também já foi destacado anteriormente que as águas da Bacia do Rio Itabirito estão enquadradas como Classe 2, das nascentes até a confluência com o Rio das Velhas, conforme o Artigo 1º da Deliberação Normativa Nº 20 de 1997, que dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio das Velhas. Sendo assim, todos os resultados obtidos nas análises realizadas para caracterização da qualidade das águas da Bacia do Rio Itabirito, são comparadas tendo como base os limites legais estabelecidos para o respectivo enquadramento, a saber, Classe 2.

Os dados da Figura 5 referem-se aos resultados de manganês total analisados nas estações da Bacia do Rio Itabirito, parâmetro que apresentou maior porcentagem de violações na bacia (73,6%) ao longo dos últimos dez anos de monitoramento, através dos gráficos *Box-plot*. No trecho do Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha (AV070) observou-se o maior resultado: 9,04 mg/L na primeira campanha de 2004. Já na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035) ocorreram os maiores registros discrepantes na bacia, enquanto que, no trecho do Rio Itabirito a montante de Itabirito (AV080) observou-se a maior quantidade de ocorrências em desconformidade com o limite legal. Estes resultados de manganês total estão associados às atividades de mineração e extração de areia/argila na região, o que é agravado no período

chuvoso devido ao carreamento de partículas do solo desprotegido para o leito do rio.

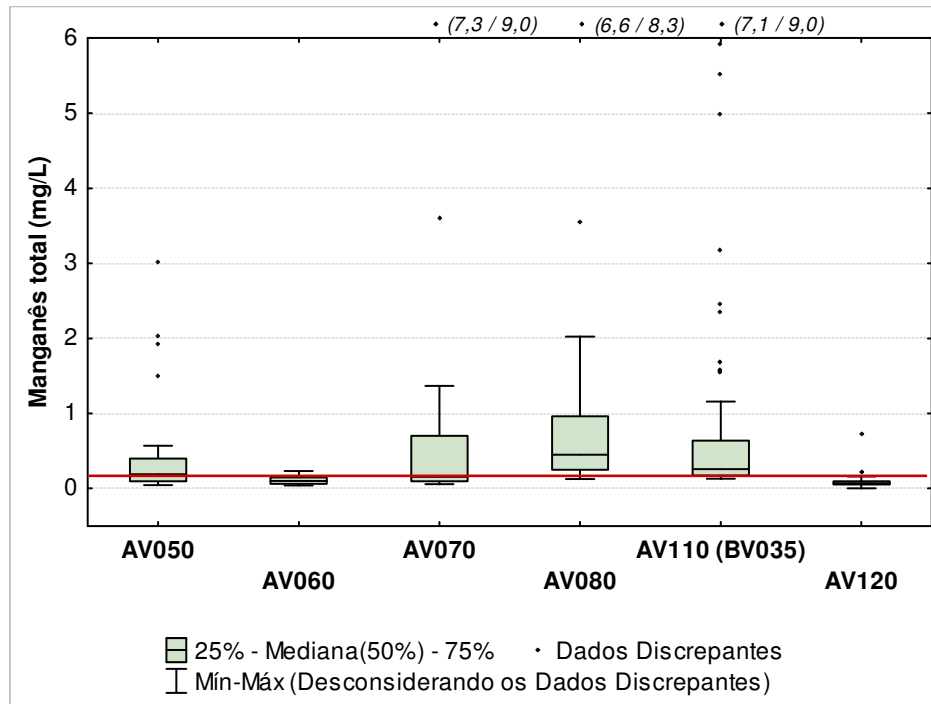


FIGURA 5: BOX-PLOT DOS VALORES DE MANGANÊS TOTAL REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Os resultados referentes aos coliformes termotolerantes apresentaram destaque significativo para a estação monitorada no Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), com registros maiores do que 160.000 NMP/100 ml, como pode ser observado na Figura 6. Entretanto, são observadas ocorrências em desconformidade ao limite legal em todos os trechos. A presença de coliformes termotolerantes nas águas está relacionada ao aporte de matéria orgânica proveniente da cidade de Itabirito, sobretudo os lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento.

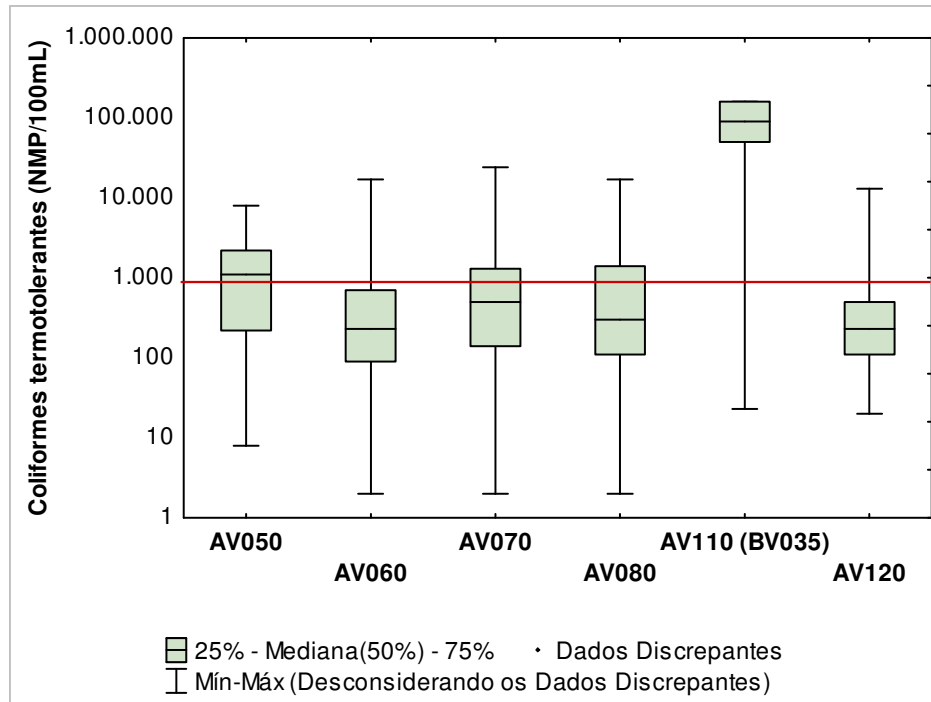


FIGURA 6: BOX-PLOT DAS ANÁLISES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES REGISTRADAS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Os teores de fósforo total observados nas estações da Bacia do Rio Itabirito apresentaram valores máximos de ocorrência no trecho do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), com registros até dezesseis vezes maiores do que o permitido pela legislação (Figura 7). A presença de fósforo nas águas está relacionada às contribuições de origem orgânica pelo aporte de material vegetal e de matéria orgânica proveniente da cidade de Itabirito, sobretudo os esgotos domésticos.

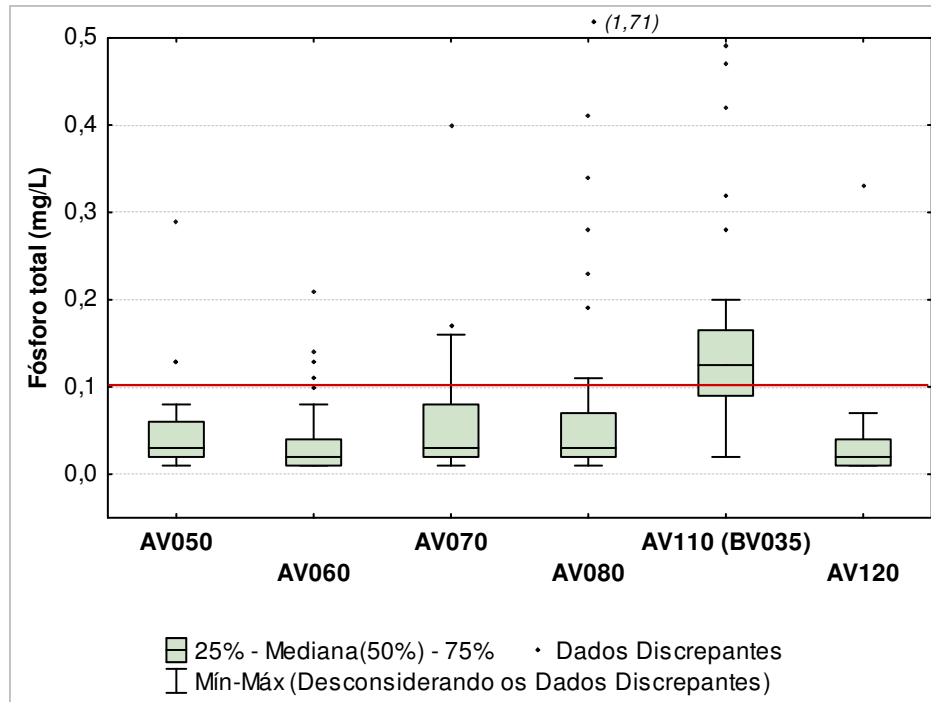


FIGURA 7: BOX-PLOT DAS ANÁLISES DE FÓSFORO TOTAL REGISTRADAS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Em relação aos resultados de sólidos em suspensão totais (Figura 8), observa-se o maior número de dados discrepantes na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035). Estes resultados estão associados às atividades de extração de areia e argila desenvolvidas no município de Itabirito, além da poluição de origem difusa, observada especialmente durante o período chuvoso, onde a ação da água da chuva leva a um processo de lavagem do solo e respectivo carregamento de material particulado para os corpos de água.

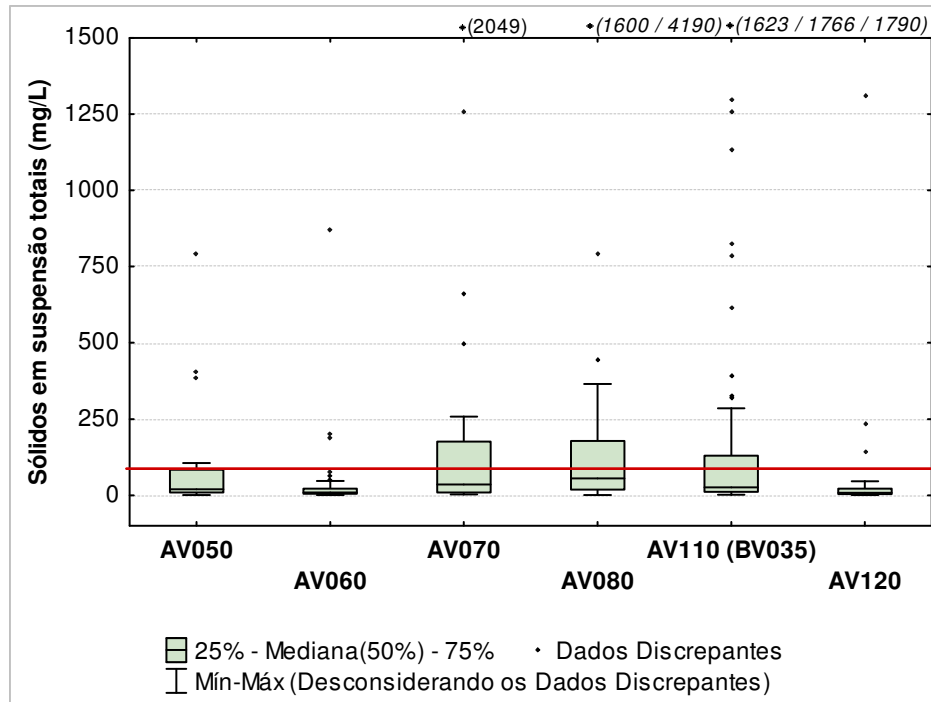


FIGURA 8: BOX-PLOT DOS VALORES DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO TOTAIS REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

O parâmetro turbidez (Figura 9) apresentou maior número de violações em desconformidade com o limite legal na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), especialmente no período chuvoso. Esse resultado reflete a interferência da poluição difusa quando a ação das chuvas contribui para o carreamento de substâncias diversas presentes no solo. As atividades minerárias e extrativas desenvolvidas na região, somadas aos processos erosivos que ocorrem às margens do rio, também corroboram para esses valores desconformes.

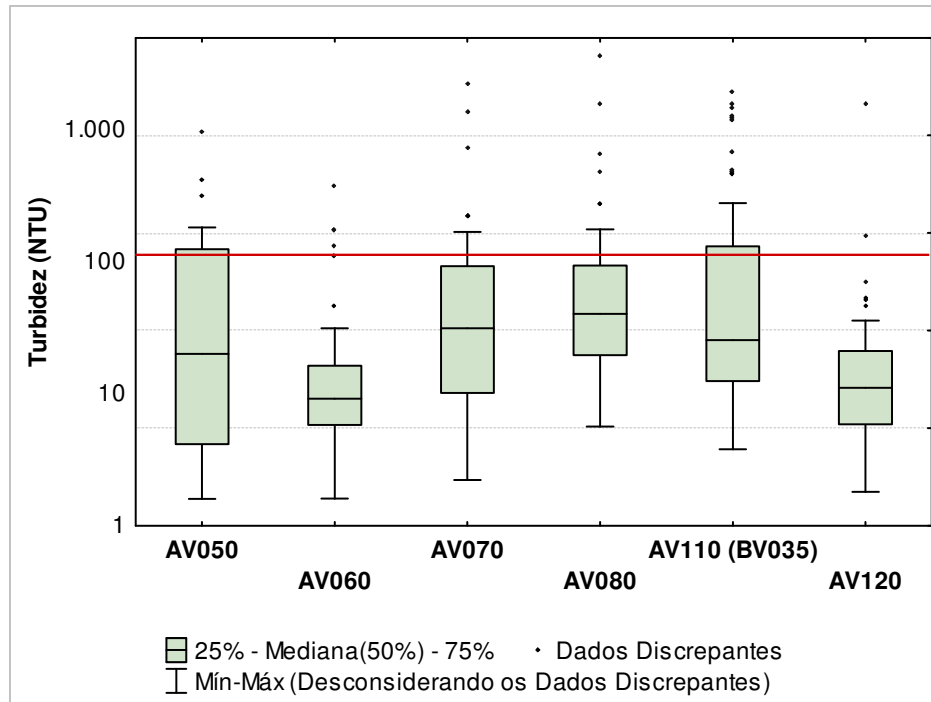


FIGURA 9: BOX-PLOT DOS VALORES DE TURBIDEZ REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Os resultados de cor verdadeira nos trechos monitorados na Bacia do Rio Itabirito podem ser observados na Figura 10. O maior registro de cor verdadeira foi observado no segundo trimestre de 2010, na estação monitorada no Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060): 502 UPt. Já na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), verificou-se o maior número de violações de cor verdadeira em desconformidade com o limite legal. As atividades minerárias e extrativas da região, a ausência de cobertura vegetal ao longo dos corpos de água, aliadas aos poluentes de origem difusa no período chuvoso, contribuem para a alteração da cor verdadeira nos trechos citados acima.

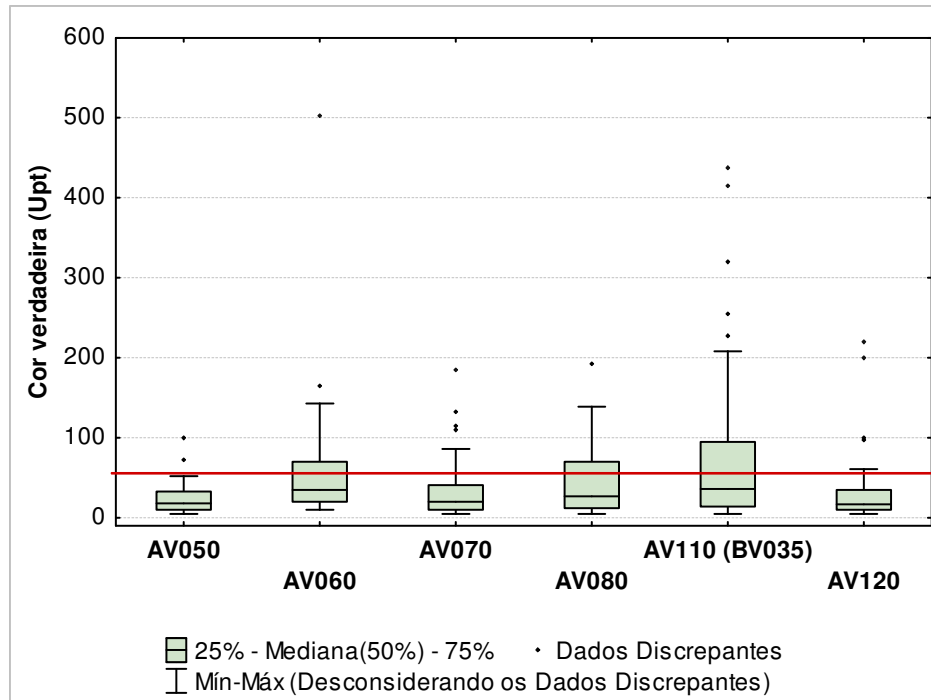


FIGURA 10: BOX-PLOT DOS VALORES DE COR VERDADEIRA REGISTRADOS NAS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

5.3.2 Análise dos índices de qualidade nos pontos operados pelo IGAM

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é um facilitador na interpretação geral da condição de qualidade dos corpos de águas. Ele indica o grau de contaminação das águas por materiais orgânicos, fecais, nutrientes e sólidos, que normalmente são indicadores de poluição devido aos lançamentos domésticos.

Já o Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar os corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Em virtude da análise de fósforo total e clorofila-a é possível analisar a evolução dos corpos de água ao longo do processo de eutrofização.

Em complementação ao Índice de Qualidade das Águas que não considera a contaminação por metais pesados e outras substâncias tóxicas, adota-se o indicador

Contaminação por Tóxicos (CT), que leva em conta um conjunto de 13 parâmetros para se avaliar também a qualidade das águas.

5.3.2.1 Índice de Qualidade de Água - IQA

A evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas para a Bacia do Rio Itabirito, entre os anos de 2002 a 2012, pode ser observada na Figura 11. Ao longo da série histórica de monitoramento, considerando o período de 2003 a 2008, houve predomínio de IQA Bom, com frequência de 59% em 2003 e 2004. Entretanto, nos anos de 2002 e 2009, destacou-se a maior ocorrência de IQA Ruim na bacia, com respectivamente 60% e 44% de frequência. No ano de 2006 foi verificado o único registro de IQA Excelente na bacia, com frequência de 17%. Em 2012, observa-se melhora significativa na ocorrência de IQA Bom comparado aos últimos 4 anos, chegando a 40% de frequência, e diminuição do IQA Ruim comparado ao mesmo período, chegando a 10% de frequência. Os parâmetros que mais influenciaram os resultados de IQA foram coliformes termotolerantes e turbidez, sendo estes associados aos lançamentos dos esgotos domésticos do município de Itabirito e ao manejo inadequado do solo nas atividades minerárias e extrativas desenvolvidas na Bacia do Rio Itabirito, localizada no alto curso da Bacia do Rio das Velhas.

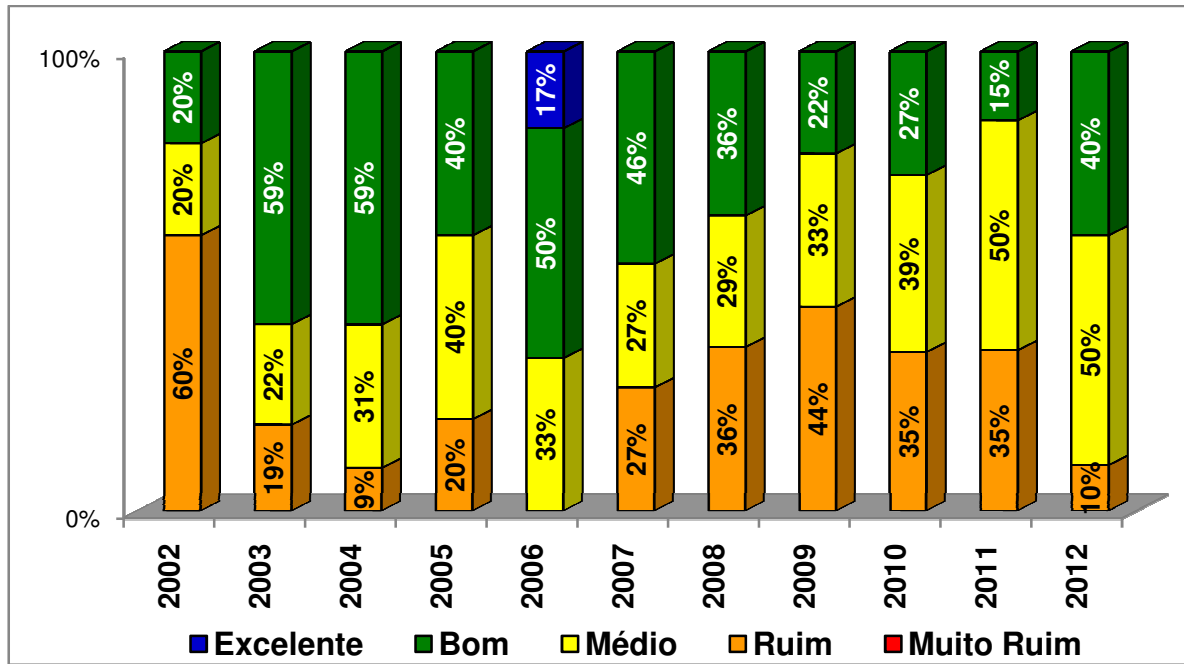


FIGURA 11: EVOLUÇÃO TEMPORAL DO IQA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

A comparação dos resultados de IQA nas diferentes estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito pode ser observada na Figura 12. Verificou-se a ocorrência de IQA Bom na maioria das estações, com o maior registro na estação localizada no Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060), com 70% de frequência. O IQA Ruim foi observado no trecho monitorado no Córrego Moleque a montante do Rio Itabirito (AV120), com maior percentual de ocorrência, 64%. A menor frequência de ocorrência de IQA Ruim foi encontrada no trecho do Rio Itabirito, monitorado a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), 3%. Ao longo desses dez anos de monitoramento, os coliformes termotolerantes e a turbidez influenciaram na ocorrência de IQA Médio e Ruim em todas as estações. O incremento de poluentes de origem orgânica e fecal oriundos dos lançamentos de esgotos domésticos de Itabirito e das atividades minerárias e extrativas, podem ser atribuídos como responsáveis por estes resultados.

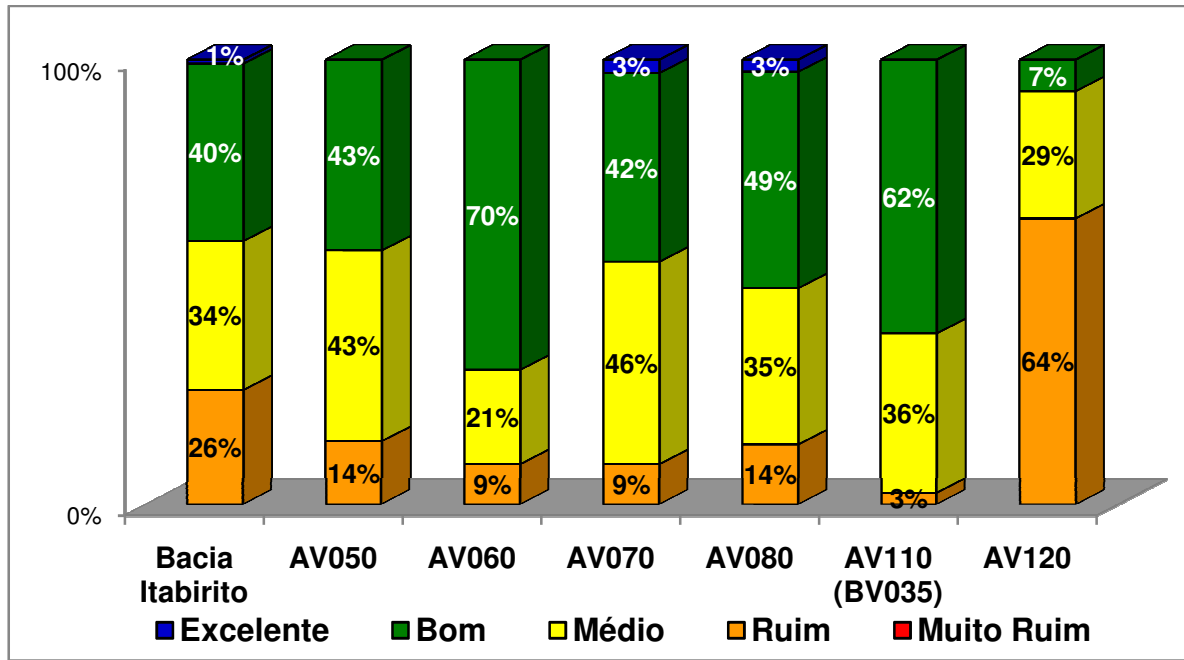


FIGURA 12: FREQUÊNCIA DE IQA (POR ESTAÇÃO) NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Para verificar a influência da poluição difusa na ocorrência de IQA nas estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito, comparou-se os resultados dos diferentes regimes pluviométricos, chuva e seca (Figura 13). Observa-se que, em relação ao Índice de Qualidade das Águas – IQA, houve um comportamento diferente do IQA Bom e Médio entre os dois períodos, seca e chuva. De maneira geral, no período de chuva o IQA Bom diminuiu e o IQA Médio aumentou, quando comparados ao período de seca. O manejo inadequado do solo, tais como atividades extrativas e mineração da região, aliado ao carreamento de material particulado do solo para o leito do rio no período chuvoso pode estar contribuindo para a diminuição do IQA Bom e a elevação do IQA Médio.

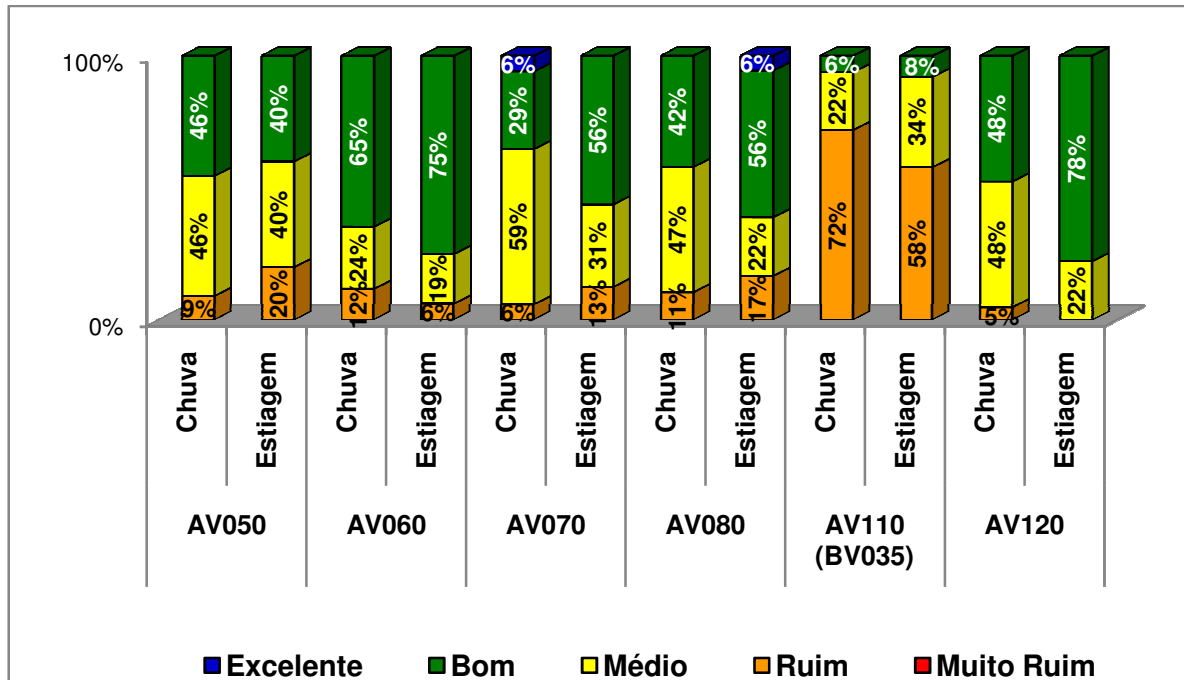


FIGURA 13: FREQUÊNCIA DE IQA (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

5.3.2.2 Índice de Estado Trófico – IET

Os resultados de IET entre os anos de 2003 a 2012 podem ser observados na Figura 14. Ao longo da série histórica, houve predomínio das categorias mais baixas do IET (Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico), proporcionando condições menos favoráveis à eutrofização. Em 2012, foi verificada a melhor condição de IET da bacia, com predomínio de IET Ultraoligotrófico na frequência de 47%. As piores condições (condições mais favoráveis à eutrofização: crescimento da biomassa algal), representadas pelas categorias mais altas de IET (Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico) foram registradas nos anos de 2007, 2009 e 2011.

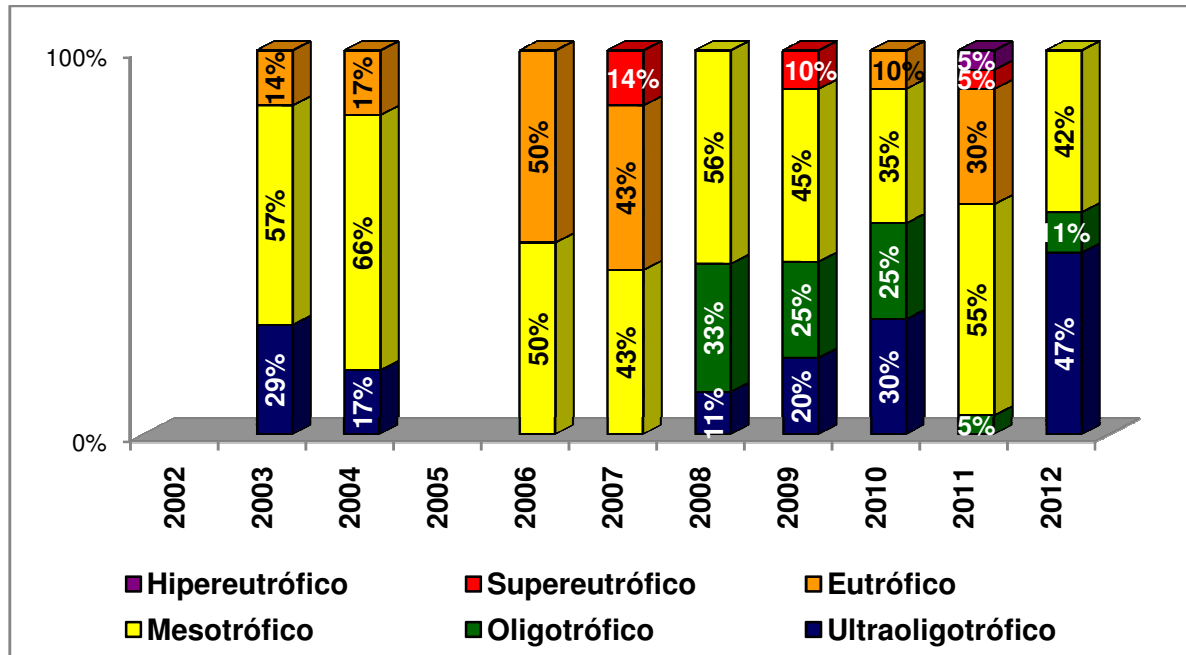


FIGURA 14: EVOLUÇÃO TEMPORAL DO IET NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2003 A 2012

Em relação à frequência de IET nas estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito, verificou-se através da Figura 15, que a melhor condição de trofia (categorias mais baixas do IET: Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico) registrada ocorreu na estação do Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060), que somadas representaram 94% dos resultados obtidos. A pior condição de IET (condição mais favorável à eutrofização: “crescimento da biomassa algal”, representadas pelas categorias mais altas de IET: Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico) foi observada na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV 110 ou BV035), onde as categorias representaram conjuntamente 26% dos resultados. Esta pior condição está associada ao recebimento de esgotos domésticos e efluentes industriais do município de Itabirito.

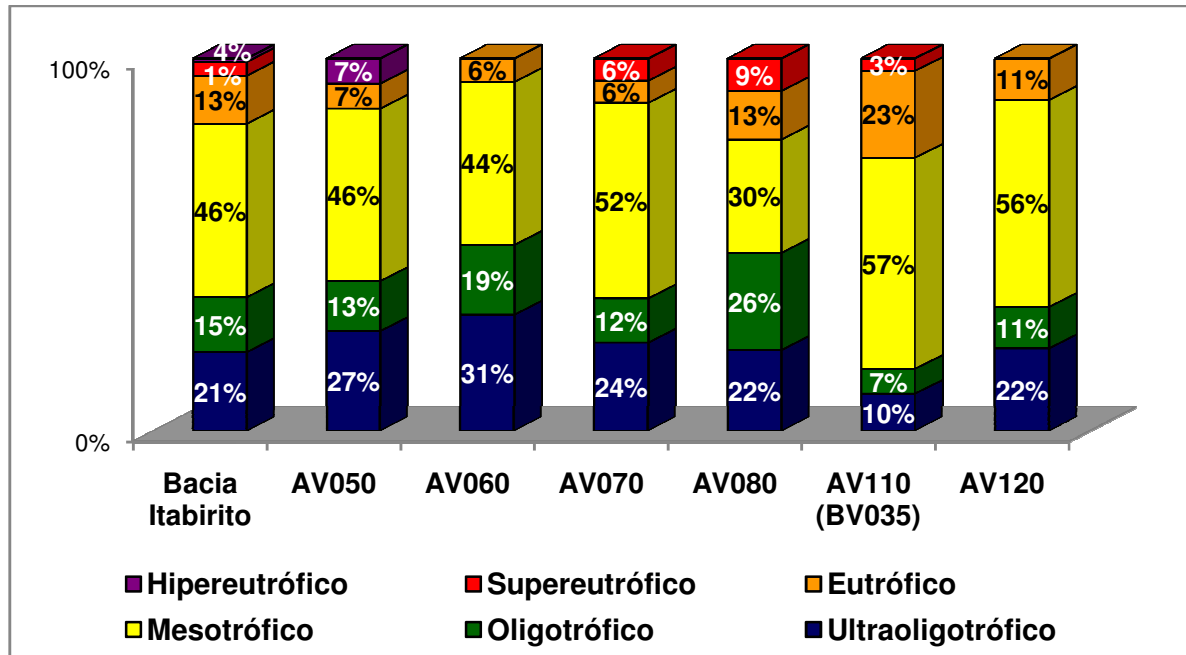


FIGURA 15: FREQUÊNCIA DE IET (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2003 A 2012

Na comparação do IET das estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito nos diferentes regimes pluviométricos (Figura 16), observou-se aumento do IET Ultraoligotrófico no período chuvoso na maioria das estações, enquanto que, no mesmo período foi observado diminuição do IET Oligotrófico. O aumento de IET Ultraoligotrófico pode estar associado à diluição da matéria orgânica devido ao aumento do volume pelas águas da chuva, o que ocasiona uma ligeira melhora na qualidade dos corpos de água quanto à trofia. As melhores condições de IET no período de estiagem foram observadas nas estações do Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060) e no Córrego Moleque a montante do Rio Itabirito (AV120), prevalecendo as categorias mais baixas do IET (Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico). Já a melhor condição de IET no período chuvoso foi observada na estação do Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha (AV070). As piores condições de IET observadas tanto no período de estiagem quanto no período de chuva, foram observadas na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), devido à interferência do município de Itabirito.

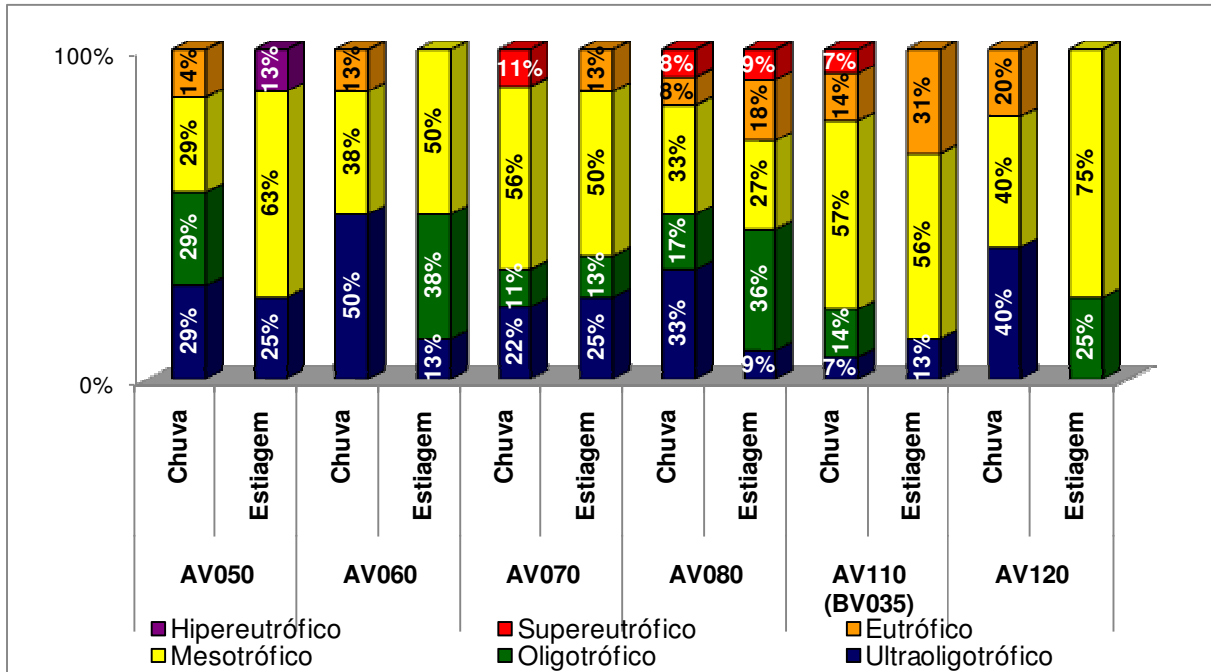


FIGURA 16: FREQUÊNCIA DE IET (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO NO PERÍODO DE 2003 A 2012

7.2.3 Contaminação por Tóxicos - CT

As análises dos resultados da série histórica de monitoramento em relação aos 13 parâmetros da CT passaram a ser submetidos à norma hoje em vigor, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 01/08, levando-se em conta o enquadramento do corpo de água no local de cada ponto de amostragem.

Em relação aos resultados de CT nos trechos monitorados na Bacia do Rio Itabirito, verificou-se o predomínio de resultados de CT Baixa (Figura 17), com 100% de ocorrência desse índice no ano de 2007. Observa-se que não houve ocorrência de CT Alta desde o ano de 2009, enquanto que as ocorrências de CT Média no período de 2008 a 2012 não ultrapassaram 10% de frequência. As piores condições de CT ocorreram nos anos de 2002 e 2005, com registro de 33% e 20% de CT Alta, respectivamente.

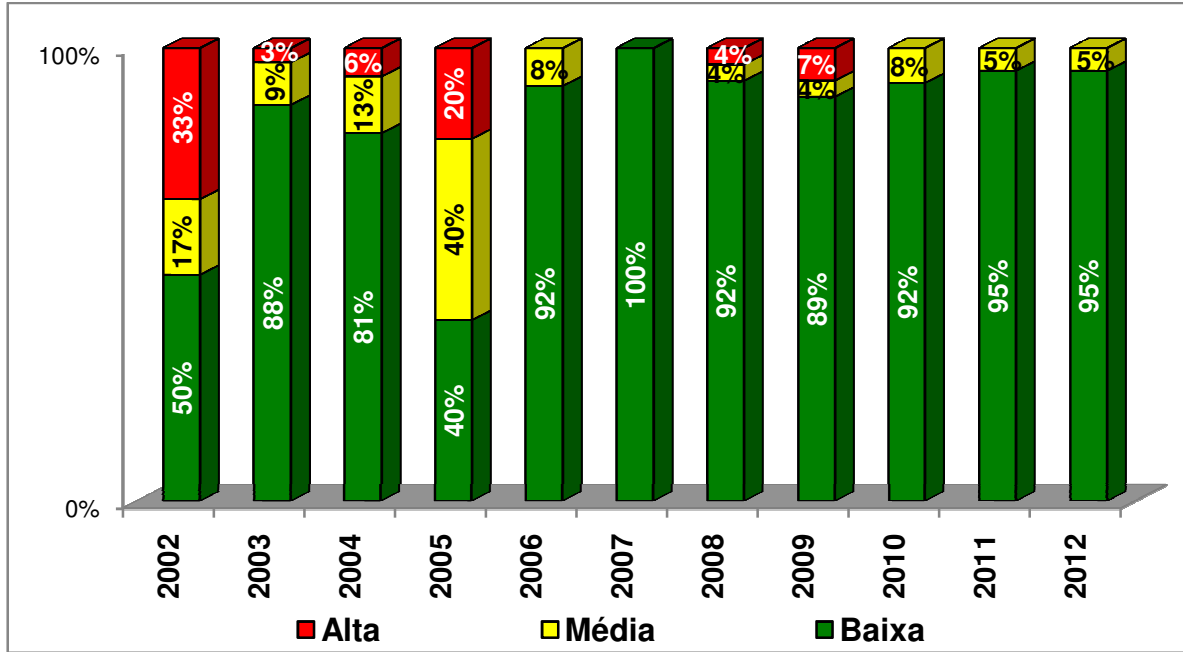


FIGURA 17: EVOLUÇÃO TEMPORAL DE CT NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Conforme constatado pela Figura 18, verificou-se o predomínio de CT Baixa em todas as estações monitoradas na Bacia do Rio Itabirito, localizada no alto curso da Bacia do Rio das Velhas, sendo a melhor condição observada na estação do Córrego Moleque a montante do Rio Itabirito (AV120), com frequência de 100% desse índice. Verificou-se ainda o aumento de CT Média e Alta na estação do Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito (AV110 ou BV035), quando comparado com a estação do Rio Itabirito a montante de Itabirito (AV080), reflexo do incremento de poluentes no Rio Itabirito originados das atividades desenvolvidas no município de Itabirito.

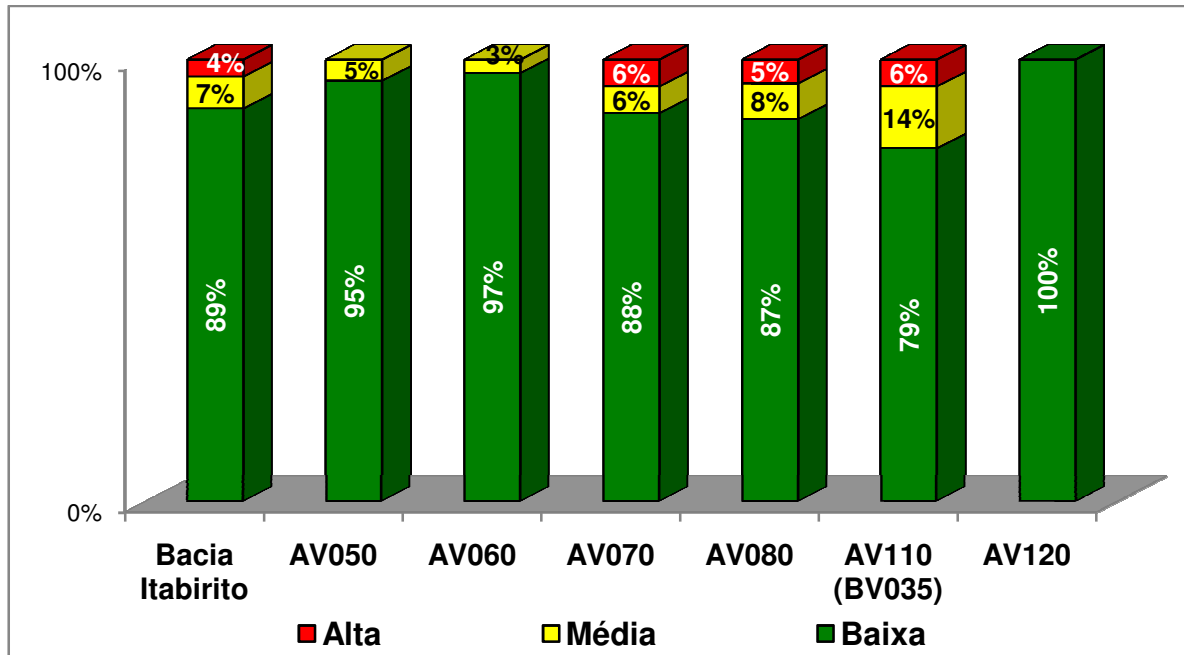


FIGURA 18: FREQUÊNCIA DE CT (POR ESTAÇÃO) NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

A Figura 19 mostra a evolução temporal da frequência de parâmetros que influenciaram a CT Alta e/ou Média na Bacia do Rio Itabirito no período de 2002 a 2012. Destacam-se os anos de 2006 e 2012, quando 100% das ocorrências de CT Alta e/ou Média foram influenciadas, respectivamente, pelos parâmetros cobre e arsênio total. Em relação ao arsênio total, verifica-se desde o ano de 2009 ao ano de 2012, um aumento desse parâmetro, fato explicado pela alteração da legislação, que ficou mais restritiva. Além disso, a região possui como atividade vocacional a mineração e fontes naturais desse elemento químico, o que possibilita a sua disponibilização para os corpos de água pela lixiviação causada pelo período chuvoso. A presença do parâmetro cobre também pode estar relacionada às atividades de mineração, além dos lançamentos de efluentes de estações de tratamento de esgoto.

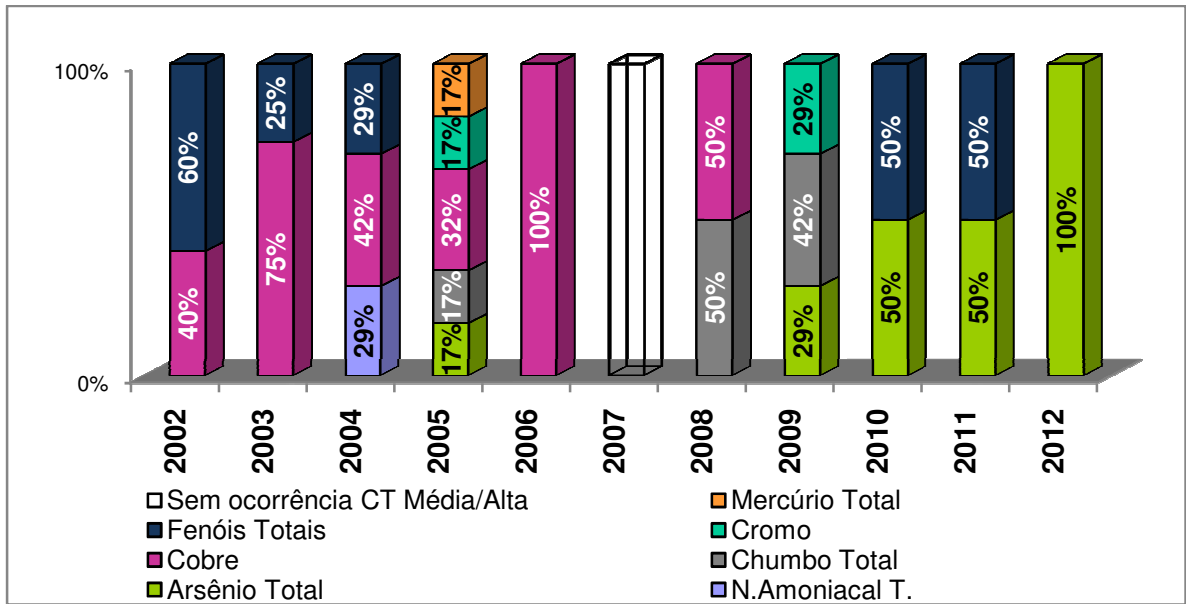


FIGURA 19: EVOLUÇÃO TEMPORAL DA FREQUÊNCIA DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIARAM A CT ALTA E/OU MÉDIA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NO PERÍODO DE 2002 A 2012

No período entre 2002 a 2012, foi verificada na Bacia do Rio Itabirito, a ocorrência de metais tóxicos em desconformidade com os padrões legais, quais sejam: arsênio total, chumbo total, cobre, cromo, além de outras substâncias tóxicas como nitrogênio amoniacal e fenóis totais.

Dos resultados de CT Média e/ou Alta registrados nas estações localizadas na Bacia do Rio Itabirito entre os anos de 2002 a 2012, estão representados na Figura 20 os percentuais em desconformidade das estações monitoradas nos diferentes regimes pluviométricos, período chuvoso e período seco. Destaque para a estação monitorada no Ribeirão do Silva a montante do Córrego das Almas (AV050), apresentando 100% de ocorrência de nitrogênio amoniacal, para a estação localizada no Ribeirão Carioca a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos (AV060) com 100% de ocorrência de fenóis totais e para a estação do Ribeirão Mata Porcos próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha (AV070) com 100% de ocorrência de cobre. Os três resultados, todos encontrados no período de chuva, estão associados tanto aos lançamentos de esgoto doméstico quanto aos lançamentos de efluentes oriundos das estações de tratamento de esgotos e das atividades minerárias.

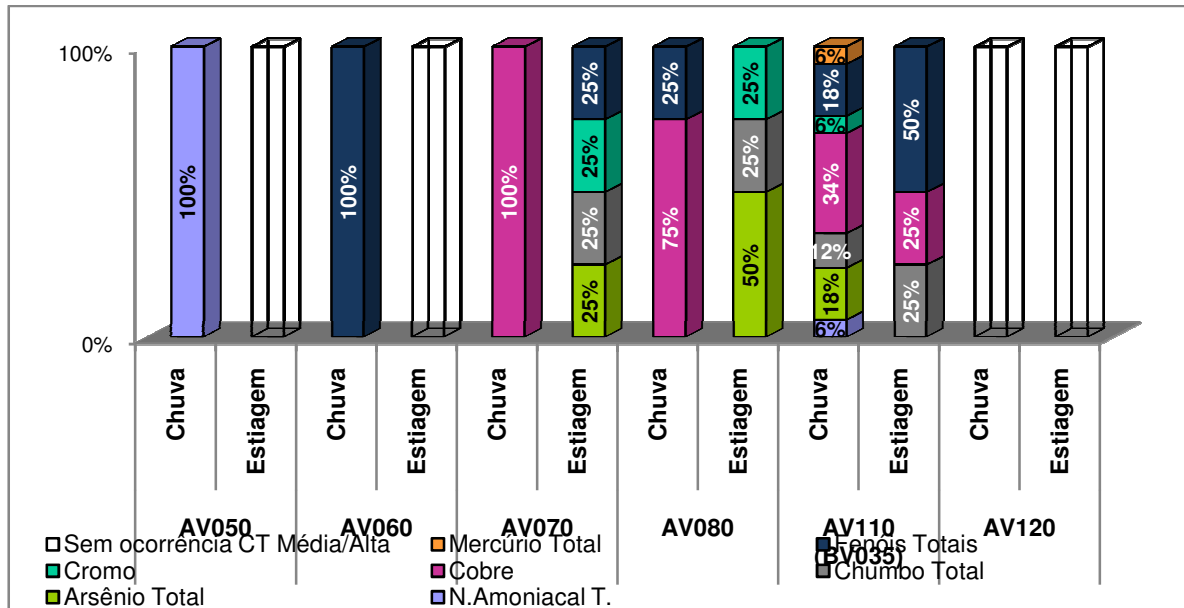


FIGURA 20: PORCENTAGEM DE DESCONFORMIDADE DOS PARÂMETROS MONITORADOS NA BACIA DO RIO ITABIRITO (POR ESTAÇÃO) NOS REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012

Conforme destacado na Figura 21, as ocorrências de cobre, frequentes no período chuvoso, estão associadas às atividades de mineração e lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos. Já as ocorrências de arsênio total e chumbo total, foram mais frequentes no período de seca; o arsênio está associado à ocorrência natural, além da atividade de mineração típica na região e o chumbo está associado aos lançamentos industriais da fabricação de tintas e metalurgia.

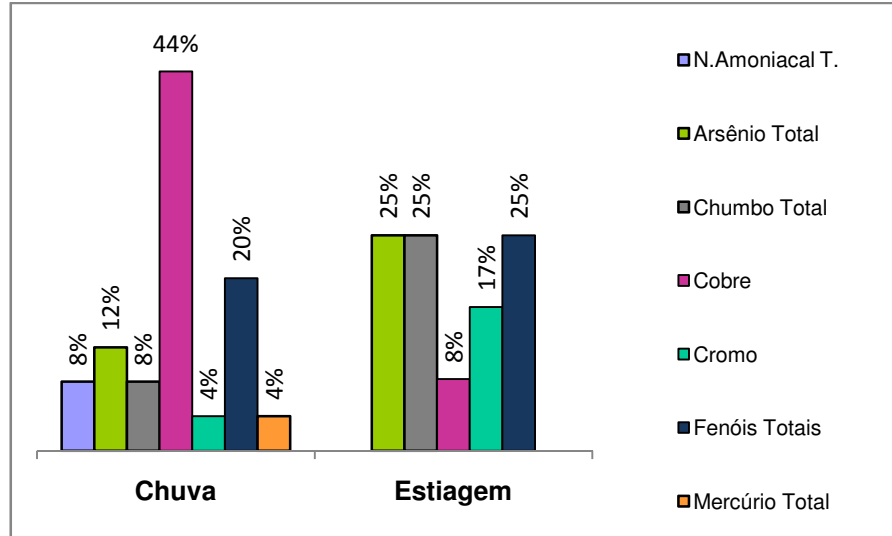


FIGURA 21: FREQUÊNCIA DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIARAM A CT ALTA E/OU MÉDIA NA BACIA DO RIO ITABIRITO NOS REGIMES CHUVOSO E SECO, NO PERÍODO DE 2002 A 2012

5.4 AVALIAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO

A rede de monitoramento básica operada atualmente pelo IGAM na Bacia do Rio Itabirito, localizada no alto curso da Bacia do Rio das Velhas, contempla um número relativamente baixo de estações levando-se em consideração tanto a área abrangida quanto a população ali residente.

A bacia de interesse está localizada numa região turística, além de atividades econômicas relevantes, como a mineração. Portanto, quando se faz uma avaliação mais detalhada identifica-se a ausência de pontos em alguns afluentes de relevância para a bacia como um todo.

Sendo assim, propõe-se a implantação de novos pontos de amostragem com a finalidade de aumentar o universo dos dados disponíveis sobre a qualidade das águas superficiais na bacia, podendo servir como ferramenta para subsidiar os gestores nas tomadas de decisões.

A seguir os novos pontos de monitoramento propostos:

- ✓ Ribeirão do Mango próximo à sua foz no rio Itabirito;
- ✓ Ribeirão Carioca próximo à sua foz no Rio Itabirito;
- ✓ Córrego do Baçõ próximo à sua foz no Rio Itabirito;
- ✓ Rio Itabirito logo a montante de sua foz no rio das Velhas;
- ✓ Córrego carioca próximo de sua foz no rio Itabirito.

Sugere-se que o monitoramento de qualidade das águas dos novos pontos seja realizado no âmbito do Projeto Águas de Minas do IGAM.

Todo detalhamento sobre coleta das amostras, campanhas de amostragem, frequência e escolha de parâmetros deverá ser conforme descrito anteriormente, no Item 6 - *Metodologia IGAM*.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto Águas de Minas, ao longo de seus 16 anos, tem identificado os principais fatores de pressão das bacias hidrográficas mineiras. No alto curso da Bacia do Rio das Velhas, na Bacia do Rio Itabirito, observou-se desconformidades em relação ao parâmetro coliformes termotolerantes nas estações monitoradas ao longo da série histórica do IGAM, reflexo do lançamento de esgoto doméstico nos corpos de água. Verifica-se, dessa forma, a necessidade de melhoria na eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) já existentes e a implantação de novas ETE's ao longo da Bacia do Rio Itabirito. O período chuvoso é o pior em relação à qualidade, devido à característica de poluição difusa que predomina, embora existam casos específicos de poluição pontual ao longo de toda a bacia.

Em relação às atividades econômicas, destacam-se a mineração e a extração de areia. A indústria metalúrgica, juntamente com as atividades agrossilvipastoris, e ainda os serviços e comércios licenciados na região também merecem destaque. Estas atividades, principalmente quando mal conduzidas, refletem diretamente nas desconformidades dos parâmetros de qualidade das águas monitorados.

Em virtude dos valores de turbidez e cor verdadeira, e das concentrações dos sólidos em suspensão totais e dos metais, principalmente no período chuvoso, reafirma-se a necessidade de planejamento na ocupação humana, de modo a evitar o uso desordenado e o desmatamento das margens dos corpos de água, bem como a erosão provocada pelo manejo inadequado do solo.

As interferências antrópicas ocorridas ao longo do período monitorado, apesar de interferirem sob o ponto de vista ambiental, exercem pouco impacto nos índices analisados pelo IGAM. Os resultados de IQA, CT e IET observados apresentam, de maneira geral, bons níveis de qualidade de água, visto a predominância de IQA Bom, CT Baixa e das categorias mais baixas do IET, nos corpos de água analisados na bacia.

6 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA REALIZADA PELA MYR NOS MESES DE FEVREIRO E JUNHO.

6.1 APRESENTAÇÃO GERAL

Este estudo, aqui apresentado, objetiva avaliar os resultados das análises dos cursos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito nos meses de fevereiro e junho de 2013, parte integrante do Diagnóstico das Pressões Ambientais realizado pela MYR.

Nesse estudo foram consideradas 16 (dezesesseis) corpos de água monitorados pela MYR. A definição e escolha desses corpos de água foram feitas através de interlocuções com integrantes do SCBH Itabirito e AGB Peixe Vivo, levando em consideração os fatores de logística que permitam acesso adequado aos locais escolhidos, denominados estações de coleta. As localizações dessas estações estão descritas de acordo com a Tabela 8.

TABELA 8. DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO

Estação	Descrição	Coordenadas
P-01	Ribeirão Sardinha sob ponte na MG030, a montante do distrito de Engenheiro Correia	23K 629316,95 / 7747414,47
P-02	Ribeirão do Mango próximo ao distrito de Santo Antônio do Leite	23K 631507,95 / 7748407,46
P-03	Ribeirão do Silva sob ponte em estrada de mineração	23K 612890,98 / 7753008,45
P-04	Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro	23K 614015,98 / 7749619,46
P-05	Rio Itabirito a jusante da cidade de Itabirito	23K 624994,96 / 7763309,44
P-06	Ribeirão Mata Porcos Próximo ao distrito de São Gonçalo do Baçõ	23K 623590,96 / 7747395,46
P-07	Ribeirão Mata Porcos próximo a sua foz no rio Itabirito	23K 626539,95 / 7752936,46
P-08	Ribeirão do Mango próximo à sua foz no rio Itabirito	23K 628625,95 / 7751022,46
P-09	Rio Itabirito a montante da foz do córrego do Braçõ	23K 625155,96 / 7757250,45
P-10	Ribeirão Carioca próximo à sua foz no Rio Itabirito	23K 624759,96 / 7756034,45
P-11	Córrego do Braçõ a montante da localidade de Córrego do Braçõ	23K 619679,97 / 7756085,45
P-12	Córrego do Braçõ próximo à sua foz no Rio Itabirito	23K 624712,96 / 7757697,45
P-13	Rio Itabirito logo a montante de sua foz no rio das Velhas	23K 626911,95 / 7769477,43
P-14	Córrego carioca a montante do viaduto da ferrovia (antiga RFFSA)	23K 621854,96 / 7759949,44
P-15	Rio Itabirito a jusante da ETE de Itabirito	23K 624866,96 / 7766609,43
P-16	Córrego Moleque próximo à sua foz no rio Itabirito	23K 623928,96 / 7768040,43

Figura 22 apresenta o mapa de localização dos corpos de água monitorados pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013.

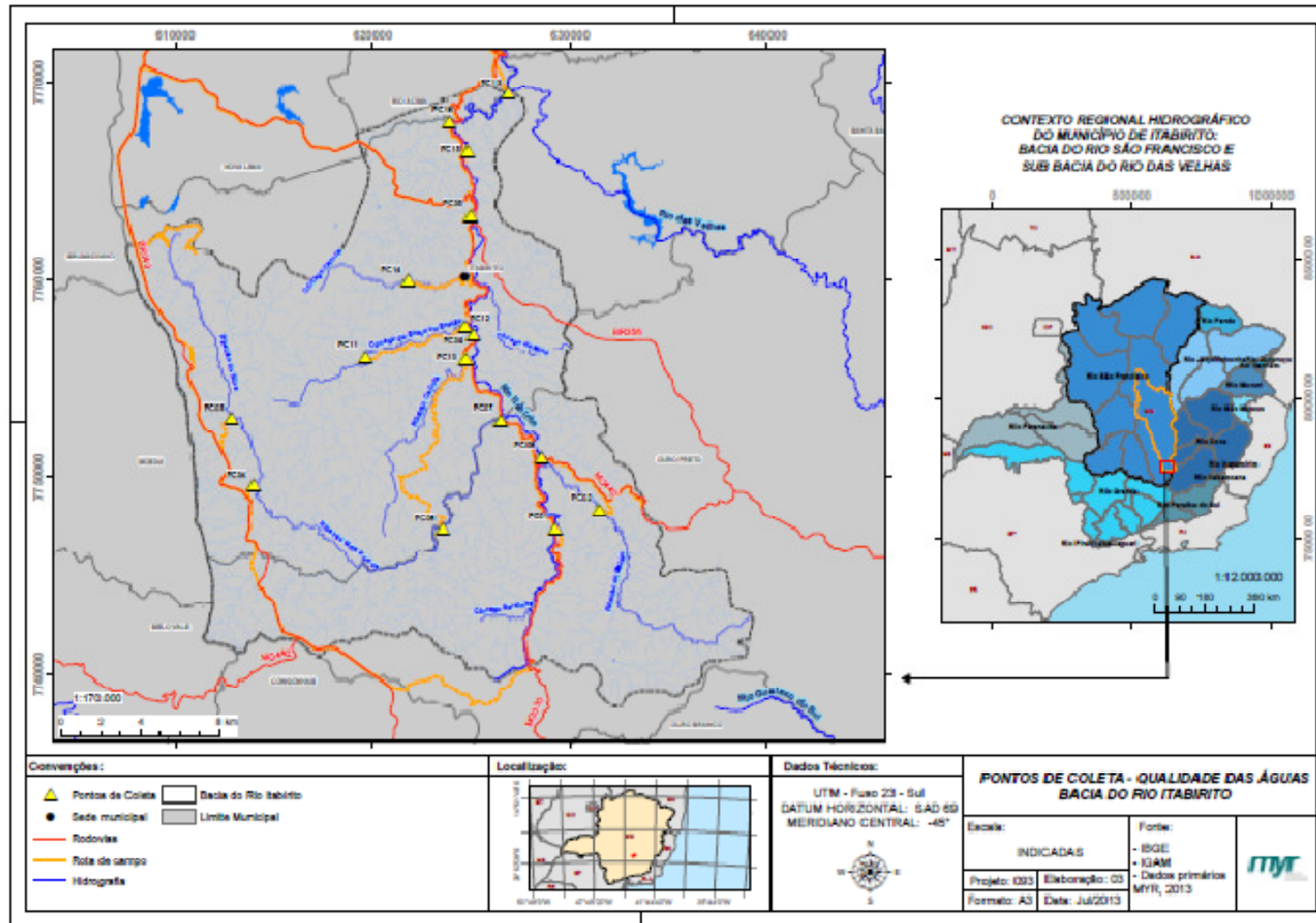


FIGURA 22: MAPA DA ÁREA TERRITORIAL DA BACIA DO RIO ITABIRITO E A LOCALIZAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR.

De maneira semelhante à metodologia aplicada para avaliação da qualidade das águas no estado de Minas Gerais, no âmbito do Projeto Águas de Minas, pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas, neste estudo foram utilizados os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG N°01 de 05 de maio de 2008, que é a legislação estadual mais recente.

As águas da Bacia do Rio Itabirito, conforme o Artigo 1º da Deliberação Normativa N° 20 de 1997, que dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio das Velhas, são enquadradas como Classe 2, das nascentes até a confluência com o Rio das Velhas. Sendo assim, todos os resultados obtidos nas análises realizadas para caracterização da qualidade das águas da Bacia do Rio Itabirito, foram comparadas tendo como base os limites legais estabelecidos para o respectivo enquadramento, a saber, Classe 2.

As amostragens e análises foram contratadas junto ao Laboratório Visão Ambiental, sendo realizadas duas campanhas, uma no mês de fevereiro, correspondente ao período chuvoso, e outra no mês de junho, correspondendo ao período seco.

As amostras coletadas foram do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localiza-se sobre pontes, visando facilitar a execução dos trabalhos.

Nas campanhas foi realizada uma série de análises, conforme previsto no Termo de Referência, totalizando 18 parâmetros. Algumas análises foram realizadas *in loco*, durante os trabalhos de campo e as demais foram realizadas em laboratório, conforme pode ser observado na Tabela 9 e Tabela 10 a seguir.

TABELA 9. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS IN LOCO NAS CAMPANHAS REALIZADAS PELA MYR

Parâmetros analisados <i>in loco</i> nas campanhas realizadas pela MYR	
Condutividade Elétrica “in loco” Oxigênio Dissolvido - OD	pH “in loco” Temperatura da Água

Em laboratório, foram realizadas as análises de 14 parâmetros, como mostra a Tabela 10.

TABELA 10. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NAS CAMPANHAS REALIZADAS PELA MYR

Parâmetros analisados em laboratórios nas campanhas realizadas pela MYR	
Arsênio Total	Manganês Total
Bário Total	Mercúrio Total
Cádmio Total	Sódio Total
Cobre Total	Sólidos Totais
Coliformes Totais	Turbidez
Cromo Total	Zinco Total
Ferro Total	<i>Escherichia coli</i>

6.1.1 Parâmetros ambientais analisados e seus significados

De acordo com os dados contidos nos Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais do estado de Minas Gerais – IGAM fez-se um levantamento de todos os parâmetros monitorados nas campanhas realizadas pela MYR na região de interesse e seus respectivos significados.

6.1.1.1 Parâmetros Físicos

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais de origem antropogênica naturalmente contidos nas águas são: descargas industriais de sais consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Sólidos Totais

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. Os sólidos em suspensão, contidos em uma amostra de água, apresentam, em função do método analítico escolhido, características diferentes e, conseqüentemente, têm designações distintas.

A unidade de medição normal para o teor em sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg/L de matéria seca. A partir dos sólidos filtrados, pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica, como matéria volátil, a parcela de sólidos orgânicos.

Dentro dos sólidos filtráveis encontram-se, além de uma parcela de sólidos turvos, também os seguintes tipos de sólidos/substâncias não dissolvidos: sólidos flutuantes, que em determinadas condições estão boiando, e são determinados através de aparelhos adequados em forma de peso ou volume; sólidos

sedimentáveis, que em determinadas condições afundam, sendo seu resultado apresentado como volume (ml/L) mais o tempo de formação; e sólidos não sedimentáveis, que não são sujeitos nem à flotação nem à sedimentação.

Temperatura

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.

Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

Turbidez

A 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 microrganismos; como fontes antropogênicas destacam-se os despejos domésticos, industriais e a erosão.

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

6.1.1.2 Parâmetros Químicos

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, a fotossíntese e a ação dos aeradores.

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos durante a oxidação bioquímica podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo de água natural em manter a vida aquática.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH 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 à fotossíntese, enquanto sua origem antropogênica está relacionada aos despejos domésticos e industriais. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água afetam as taxas de crescimento de microrganismos e podem resultar no desaparecimento dos organismos presentes na mesma. Os valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água, ocorrendo, assim, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio além de dificultar a descontaminação das águas.

Arsênio (As)

O arsênio é um elemento químico com propriedades químicas dos metais e físicas dos não metais, sendo assim denominado metalóide. Encontra-se amplamente distribuído em todos os ambientes terrestres e sua toxicidade depende, dentre outros fatores, da forma química e da concentração. As formas químicas incluem espécies inorgânicas (formas mais tóxicas) e orgânicas.

Sessenta por cento das emissões antropogênicas de As podem ser consideradas decorrentes de fontes como a fundição de cobre e combustão de carvão. Outras fontes incluem a aplicação de herbicidas, a fundição de Pb (chumbo) e Zn (zinco), rejeitos de mineração, dentre outras. Dentre as contribuições de origem natural de arsênio destacam-se as erupções vulcânicas e a lixiviação de rochas que possuem o arsênio em sua constituição.

A contaminação por arsênio tem recebido enorme atenção devido ao grande potencial de causar doenças ao homem, sendo a principal forma de contaminação através da ingestão de água contaminada por esse elemento. Compostos de arsênio inorgânico são absorvidos muito rapidamente pelos pulmões e intestinos, enquanto que a absorção através da pele é comparativamente lenta.

Bário (Ba)

Em geral, ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 µg/L. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

Cádmio (Cd)

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo, isto é, acumula-se em organismos aquáticos, podendo entrar na cadeia alimentar, e é persistente no ambiente. Está presente em águas doces em concentrações-traço, geralmente inferiores a 1µg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e é utilizado na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas, etc.

É um subproduto da mineração do zinco. O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e podem ser fatores para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, câncer e doenças crônicas em idosos.

Cobre (Cu)

A disponibilização de cobre para o meio ambiente ocorre através da corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea devido a usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

As principais fontes industriais são as minerações, fundições, refinarias de petróleo e têxteis. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão de mucosas, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais, além de irritação do sistema nervoso central seguido de depressão.

Cromo (Cr)

O cromo está presente nas águas nas formas tri (III) e hexavalente (VI). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Já na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Atualmente, os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo total. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de

0,1mg/L, enquanto o crescimento de algas já está sendo inibido no âmbito de teores de cromo entre 0,03 e 0,032mg/L.

O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos. Comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, assim como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.

Ferro (Fe)

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. Em épocas de alta precipitação, o nível de ferro na água aumenta em decorrência dos processos de erosão nas margens dos corpos de água. Nas indústrias metalúrgicas, o ferro é disponibilizado através da decapagem, que consiste na remoção da camada oxidada das peças antes de seu uso. Em quantidade adequada, este metal é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, contudo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial.

Manganês (Mn)

O manganês aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e, na indústria química, em tintas, vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, no tingimento de instalações sanitárias, no aparecimento de manchas nas roupas lavadas e no acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês pode causar a doença denominada manganismo, com sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

Mercúrio (Hg)

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático, destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos e indústrias de tintas, dentre outras.

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de uma concentração de apenas 18µg/L. Este elemento pode ser adsorvido em sedimentos e em sólidos em suspensão. O metabolismo microbiano é perturbado pelo mercúrio através de inibição enzimática. Alguns microrganismos são capazes de metilar compostos inorgânicos de mercúrio, aumentando assim sua toxicidade.

O acúmulo de mercúrio nos tecidos do peixe é uma das principais vias de entrada de mercúrio no corpo humano, já que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organometálicos. A intoxicação aguda por este metal pesado, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarréia, danos nos ossos e morte. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

Sódio (Na)

O sódio é um dos elementos mais abundantes na superfície terrestre e seus sais são altamente solúveis em água sendo, portanto, identificado em todas as águas naturais. É disponibilizado para a natureza através da decomposição de plantas e animais ou pode provir, principalmente, de esgotos, fertilizantes, indústrias de papel e celulose. É comumente medido onde a água é utilizada para beber ou para agricultura, particularmente na irrigação.

Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. Quando disponível no ambiente aquático, acumula-se nos sedimentos. Na forma residual não é acessível para os organismos, entretanto, pode ser remobilizado do sedimento através de formadores de complexos. Por ser um elemento essencial para o ser humano, o zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, podendo causar perturbações do trato gastrointestinal, irritações na pele, olhos e mucosas, deterioração dentária e câncer nos testículos.

6.1.1.3 Parâmetros Microbiológicos

Coliformes Totais

Conforme Portaria n° 518/2004, o grupo de coliformes totais é definido como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácidos, gás e aldeídos a 35,0 ±0,5°C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β-galactosidase. O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como em fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

Coliformes termotolerantes/Escherichia coli

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros Klebsiella, Escherichia, Serratia, Erwenia e Enterobactéria. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera.

6.2 RESULTADOS MYR

Para análise dos resultados, foram consideradas as 2 (duas) campanhas de monitoramento realizadas pela MYR em 2013, uma no mês de fevereiro (correspondente ao período chuvoso) e a outra no mês de junho (correspondente ao período seco), para os 16 (dezesesseis) corpos de água, quais sejam: Ribeirão Sardinha sob ponte na MG-030, a montante do Distrito de Engenheiro Correia (P01); Ribeirão do Mango próximo ao Distrito de Santo Antônio do Leite (P02); Ribeirão do Silva sob ponte em estrada de mineração (P03); Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro (P04); Rio Itabirito a jusante da Cidade de Itabirito (P05); Ribeirão Mata Porcos Próximo ao Distrito de São Gonçalo do Baçõ (P06); Ribeirão Mata Porcos próximo a sua foz no Rio Itabirito (P07); Ribeirão do Mango próximo à sua foz no Rio Itabirito (P08); Rio Itabirito a montante da foz do Córrego do Braçõ (P09); Ribeirão Carioca próximo à sua foz no Rio Itabirito (P010); Córrego do Braçõ a montante da localidade de Córrego do Braçõ (P11); Córrego do Braçõ próximo à sua foz no Rio Itabirito (P12); Rio Itabirito logo a montante de sua foz no Rio das Velhas (P13); Córrego Carioca a montante do viaduto da ferrovia - antiga RFFSA (P14); Rio Itabirito a jusante da ETE de Itabirito (P15); e Córrego Moleque próximo à sua foz no Rio Itabirito (P16). Todos os pontos descritos estão localizados na região de interesse pertencente à Bacia do Rio Itabirito na região do alto curso do Rio das Velhas, e foram avaliados os parâmetros monitorados com relação ao percentual de amostras cujos valores ultrapassaram os limites legais da DN Conjunta COPAM/CERH N° 01/08.

6.2.1 Análise dos parâmetros de qualidade nos pontos selecionados pela MYR

A Figura 23 apresenta os percentuais de resultados em desconformidade com os limites da DN Conjunta COPAM/CERH N° 01/08 para os parâmetros monitorados nas duas (2) campanhas de amostragem na Bacia do Rio Itabirito, realizadas pela MYR em 2013.

Os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais em desconformidades com os limites estabelecidos pela legislação foram manganês total com 69% de

violações no período chuvoso e 75% no período seco; e turbidez com 13% de ocorrência no período chuvoso.

As ocorrências de manganês total e turbidez estão associadas, principalmente, ao mau uso do solo relacionado às atividades de extração e mineração desenvolvidas na região. Outro fator a ser considerado como responsável pela degradação da qualidade das águas na região é a expansão desordenada do município, evidenciada pelos loteamentos frequentes na região.

Além disso, deve-se considerar a constituição típica do solo da região, rica em minerais, tais como o manganês.

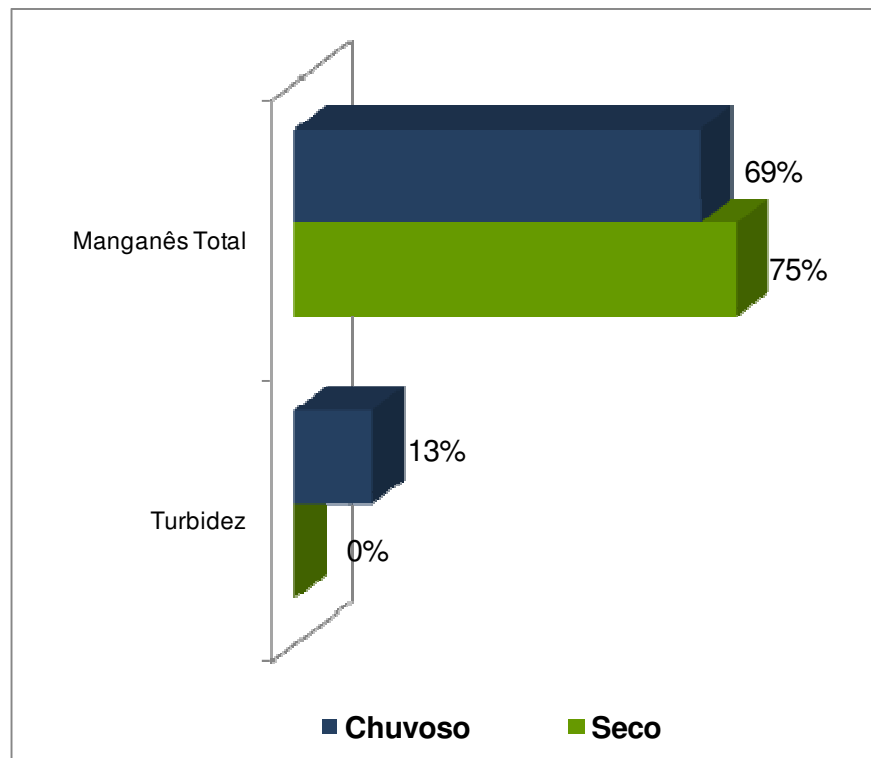


FIGURA 23: DESCONFORMIDADES COM OS LIMITES LEGAIS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM 2013.

A análise do parâmetro temperatura da água nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 apresentou resultados que variaram na faixa de 15 a 25°C, conforme observa-se na Figura 24, sendo que as temperaturas mais baixas foram registradas no período seco (15 a 20°C) e as mais altas no período chuvoso

(15 a 25°C). A DN COPAM/CERH N°01/08 não estabelece limite para esta variável, entretanto, se considerado o Art. 29, §4 item II da deliberação, observa-se que todos os valores registrados no período seco e chuvoso para a temperatura da água foram inferiores a 40°C, que é o que determina a DN nas condições de lançamentos de efluentes em corpos de água.

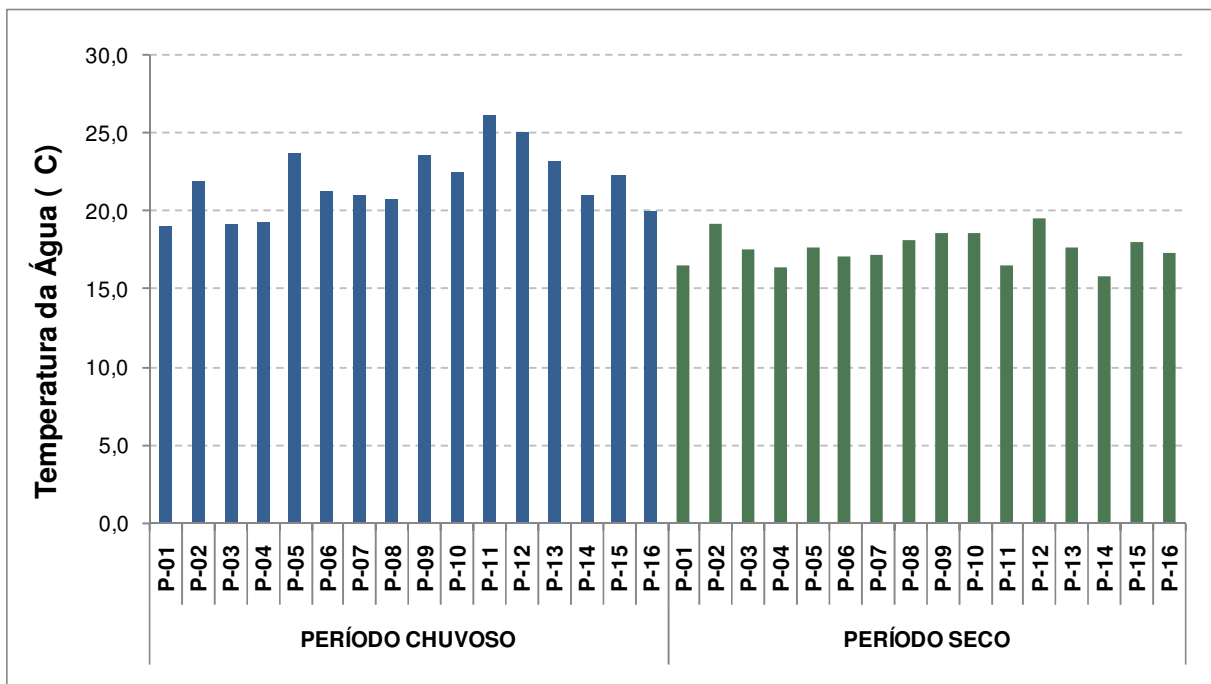


FIGURA 24: RESULTADOS DO PARÂMETRO TEMPERATURA DA ÁGUA NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Os resultados do parâmetro condutividade elétrica nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 apresentaram resultados inferiores a 160 µS/cm, conforme observado na Figura 25, sendo que os maiores registros foram no período seco. A DN COPAM/CERH N°01/08 não estabelece limite para esta variável, porém os registros do monitoramento podem indicar um incremento de poluentes (especialmente no período seco) pelos lançamentos de esgotos domésticos sem prévio tratamento nos corpos de água da Bacia do Rio Itabirito, o que se associa ao aumento da condutividade neste período.

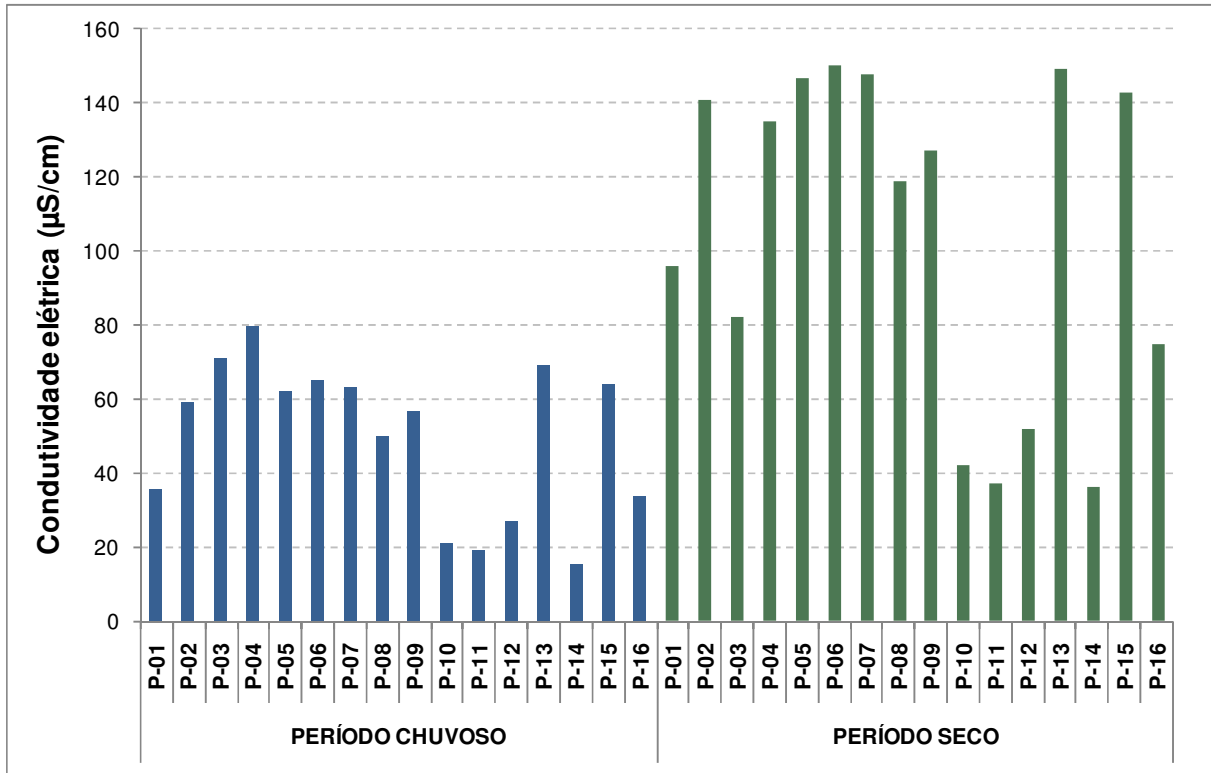


FIGURA 25: RESULTADOS DO PARÂMETRO CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 26 apresenta os resultados do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) nas campanhas de monitoramento realizadas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Conforme verificado abaixo, todos os registros de OD estão em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08. Isto significa dizer que, apesar dos fatores de pressão presentes na Bacia do Rio Itabirito, os cursos de água monitorados apresentam bons níveis de oxigenação, importantes para a vida aquática da região. O maior e melhor registro de OD nas duas (2) campanhas ocorreu no período seco no Ribeirão Sardinha sob ponte na MG-030, a montante do Distrito de Engenheiro Correia (P01), na concentração de 10,74 mg O₂/L.

O registro de OD mais baixo, considerado o pior da bacia foi encontrado no trecho do Ribeirão do Silva sob ponte em estrada de mineração (P03) no período seco, com concentração de 5,97 mg O₂/L. Esse resultado pode estar associado às

atividades agrossilvopastoris desenvolvidas na região, além de fontes pontuais de origem antropogênica, em especial, aos lançamentos de esgotos domésticos sem prévio tratamento.

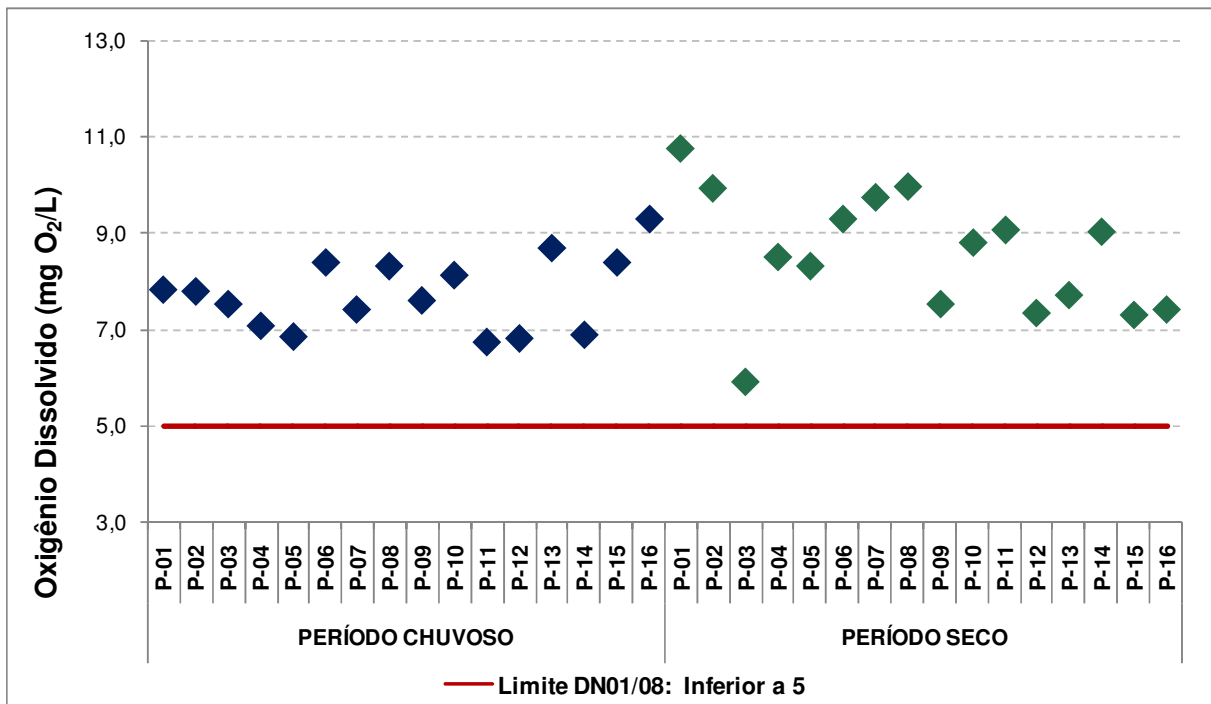


FIGURA 26: RESULTADOS DO PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Os resultados de pH nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 (Figura 27) estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08 em todos os pontos e em ambas as campanhas, conforme verificado pela Figura 6 abaixo. Não houve, portanto, violação desse parâmetro.

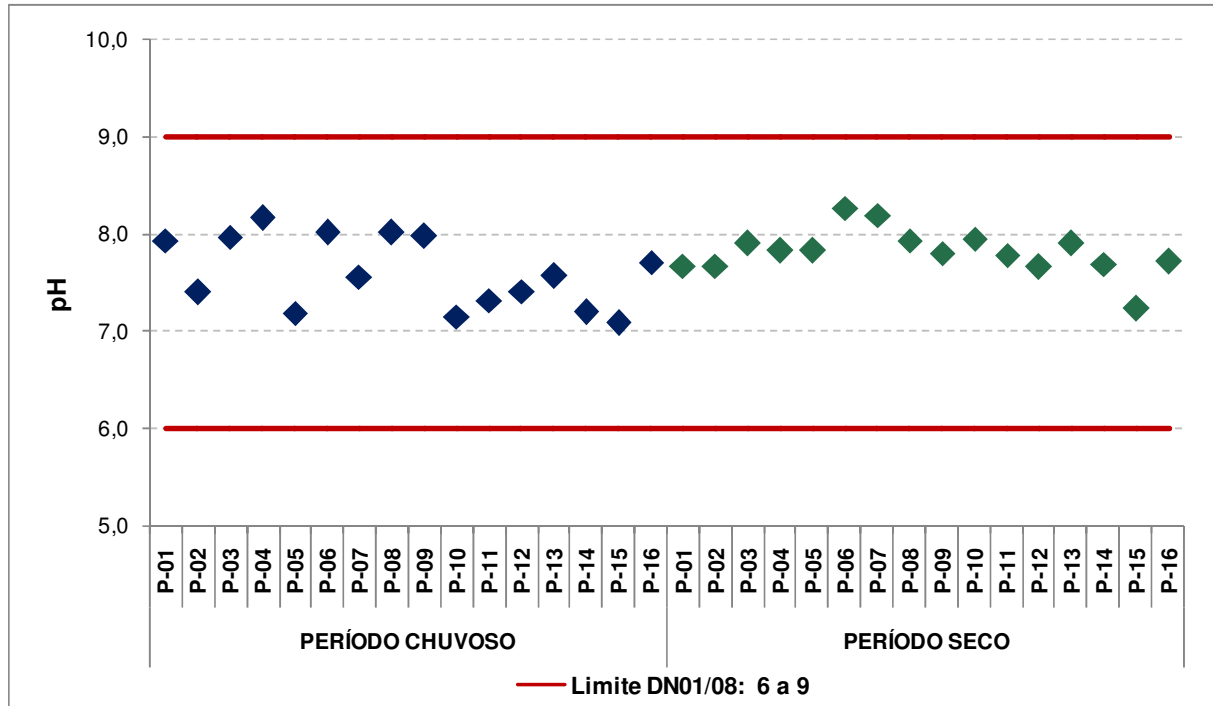


FIGURA 27: RESULTADOS DO PARÂMETRO PH NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 28 apresenta os resultados do parâmetro coliformes totais nas duas (2) campanhas de monitoramento realizadas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Esse parâmetro não possui limite estabelecido pela DN COPAM/CERH Nº01/08. No entanto, comparando-se os resultados com o limite da DN para o parâmetro coliformes termotolerantes em corpos de água Classe 2 (1000 coliformes termotolerantes/100 mL), verifica-se que todos os pontos monitorados em ambas as campanhas apresentaram resultados acima da definição legal. Os altos registros de coliformes totais estão diretamente associados aos lançamentos de esgotos domésticos sem prévio tratamento na Bacia do Rio Itabirito, além do impacto causado pela atividades agrossilvopastoris presentes em alguns pontos da região.

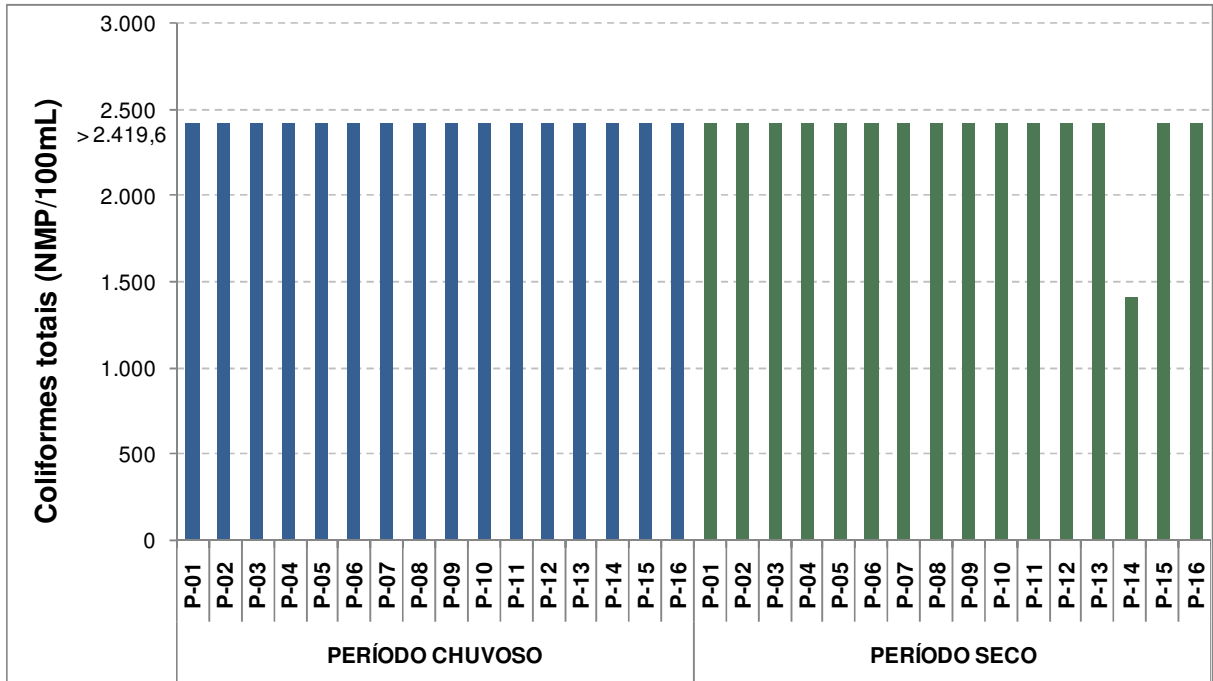


FIGURA 28: RESULTADOS DO PARÂMETRO COLIFORMES TOTAIS NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Assim como o parâmetro coliformes totais, o parâmetro *Escherichia coli* não possui limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08. Entretanto, os altos valores de *Escherichia* apresentados na Figura 29, evidenciam, em ambos os períodos, a contaminação dos corpos de água pelos lançamentos de esgotos domésticos sem prévio tratamento na Bacia do Rio Itabirito, além das atividades de pecuária.

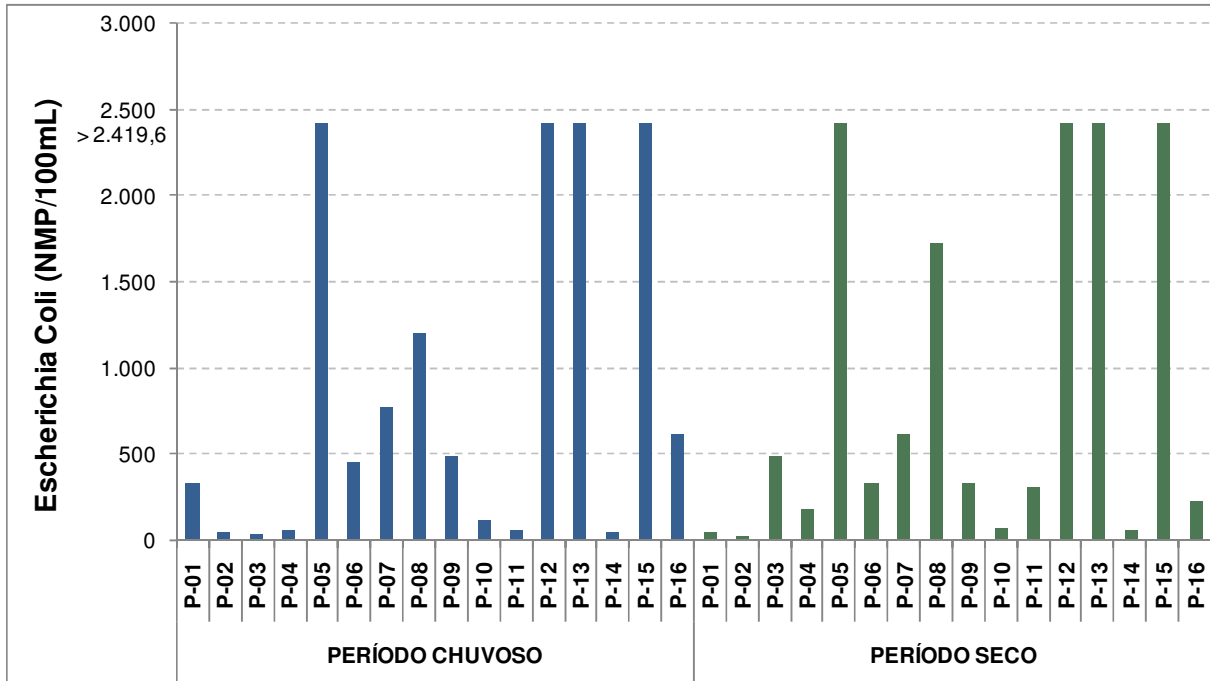


FIGURA 29: RESULTADOS DO PARÂMETRO ESCHERICHIA COLI NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Os resultados do parâmetro sólidos totais estão apresentados na Figura 30 abaixo. Esse parâmetro não possui limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08. Sendo assim, comparou-se os resultados com o limite do parâmetro sólidos em suspensão totais definidos pela DN, que é de 100 mg/L para corpos de água Classe 2. Os maiores registros de sólidos totais foram verificados no período chuvoso, onde a ação da água da chuva leva a um processo de lavagem do solo e respectivo carreamento de material particulado para os corpos de água. Além da poluição difusa, os resultados também estão associados às atividades de mineração e de extração de areia e argila desenvolvidas na Bacia do Rio Itabirito.

Destaque para os pontos monitorados no Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro (P04) e no Ribeirão Mata Porcos Próximo ao Distrito de São Gonçalo do Bação (P06), que apresentaram os maiores valores, 178 mg/L e 186 mg/L, respectivamente, registrados durante o período chuvoso.

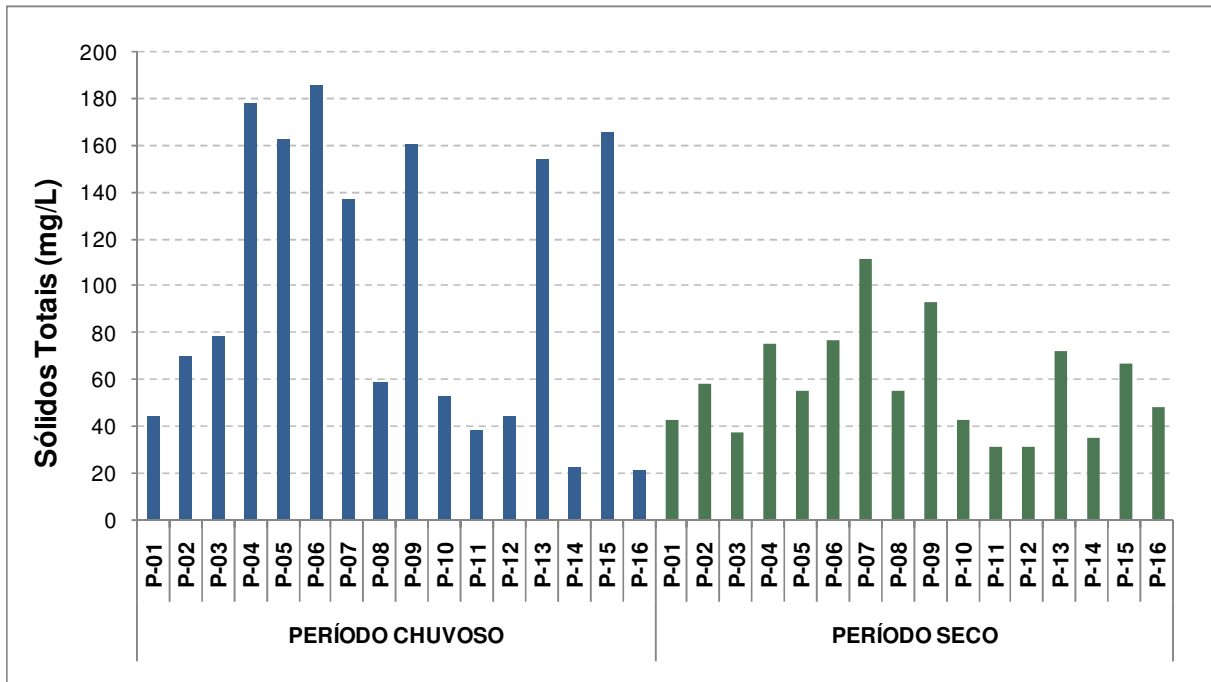


FIGURA 30: RESULTADOS DO PARÂMETRO SÓLIDOS TOTAIS NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Em relação à turbidez, cujos valores estão expressos na Figura 30, destacam-se as violações ocorridas no período chuvoso nas estações monitoradas no Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro (P04) e no Ribeirão Mata Porcos Próximo ao Distrito de São Gonçalo do Baçõ (P06), semelhante ao observado com os valores de sólidos totais. Os resultados estão associados às atividades minerárias e extrativas desenvolvidas na região, somadas aos processos erosivos que ocorrem às margens dos corpos de água, especialmente, no período chuvoso.

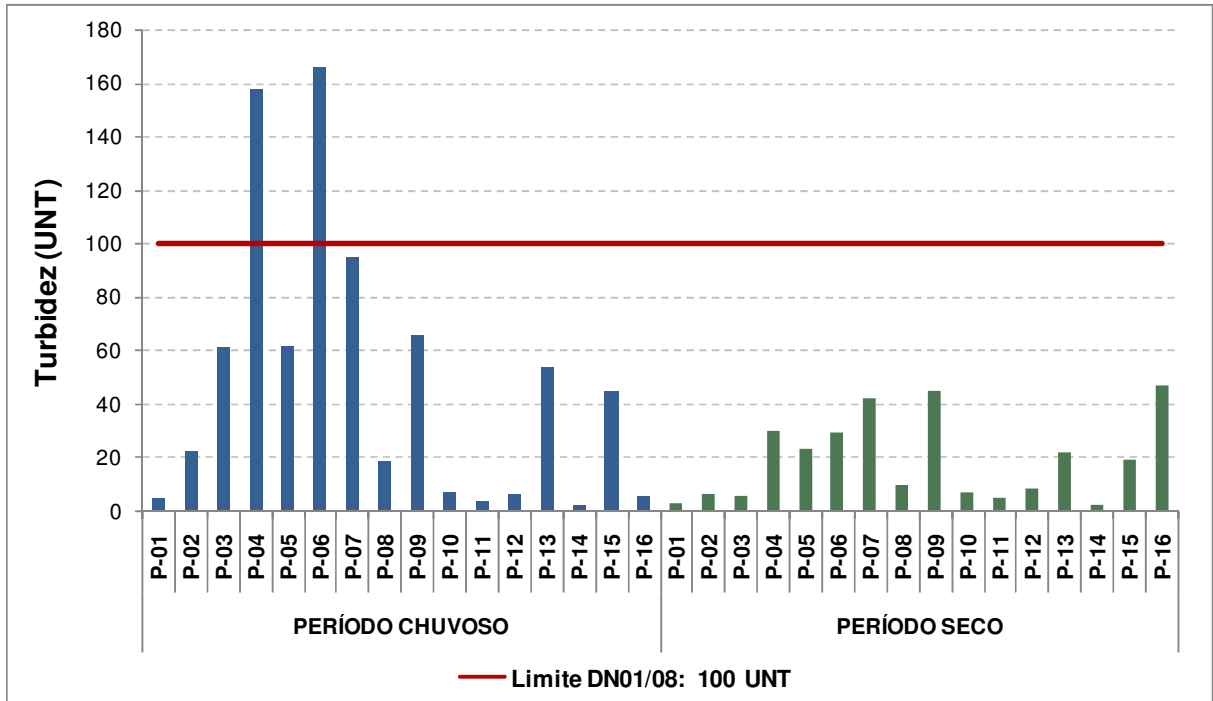


FIGURA 30: RESULTADOS DO PARÂMETRO TURBIDEZ NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 31 apresenta os resultados do parâmetro arsênio total nas estações monitoradas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Verificou-se que em todos os pontos e ambos os períodos, as concentrações de arsênio estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08. Apesar dos resultados atenderem o limite legal, é importante salientar que a região possui como atividade vocacional a mineração e fontes naturais desse elemento químico, o que possibilita a sua disponibilização para os corpos de água pela lixiviação causada especialmente no período chuvoso. Não houve, portanto, registro de violação desse parâmetro nas campanhas realizadas.

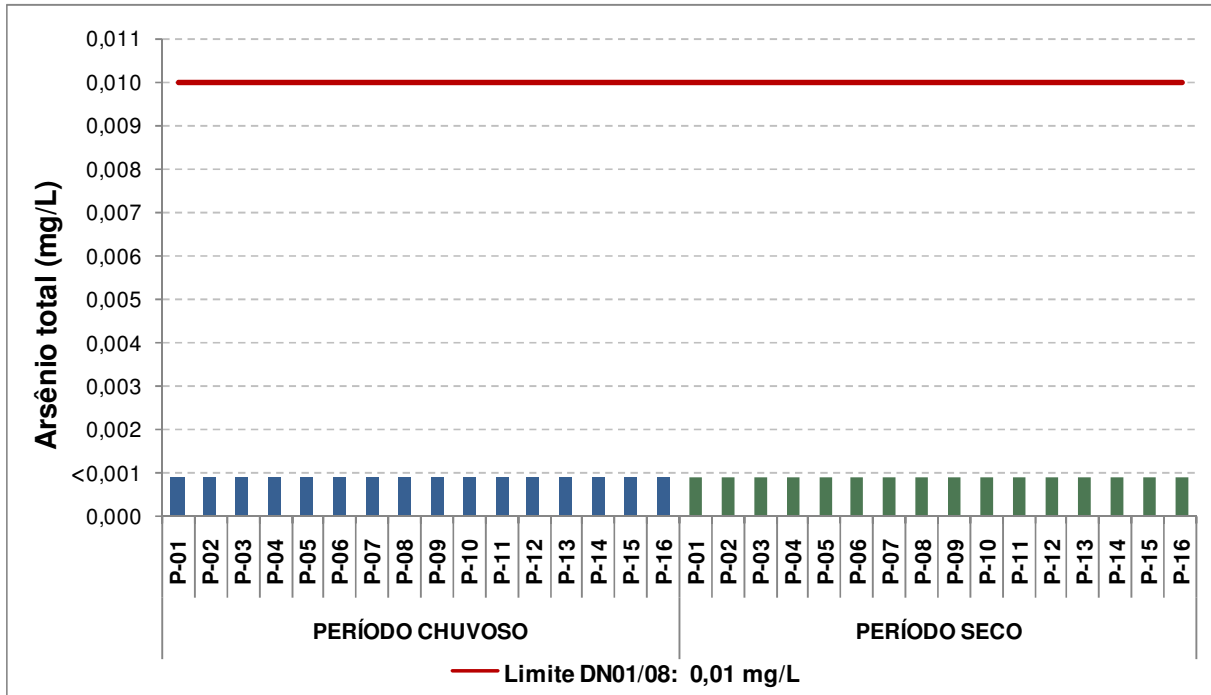


FIGURA 31: RESULTADOS DO PARÂMETRO ARSÊNIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

Os resultados de bário total nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08 em todos os pontos e em ambas as campanhas, conforme verificado pela Figura 32 abaixo. Não houve, portanto, violação desse parâmetro nas campanhas realizadas.

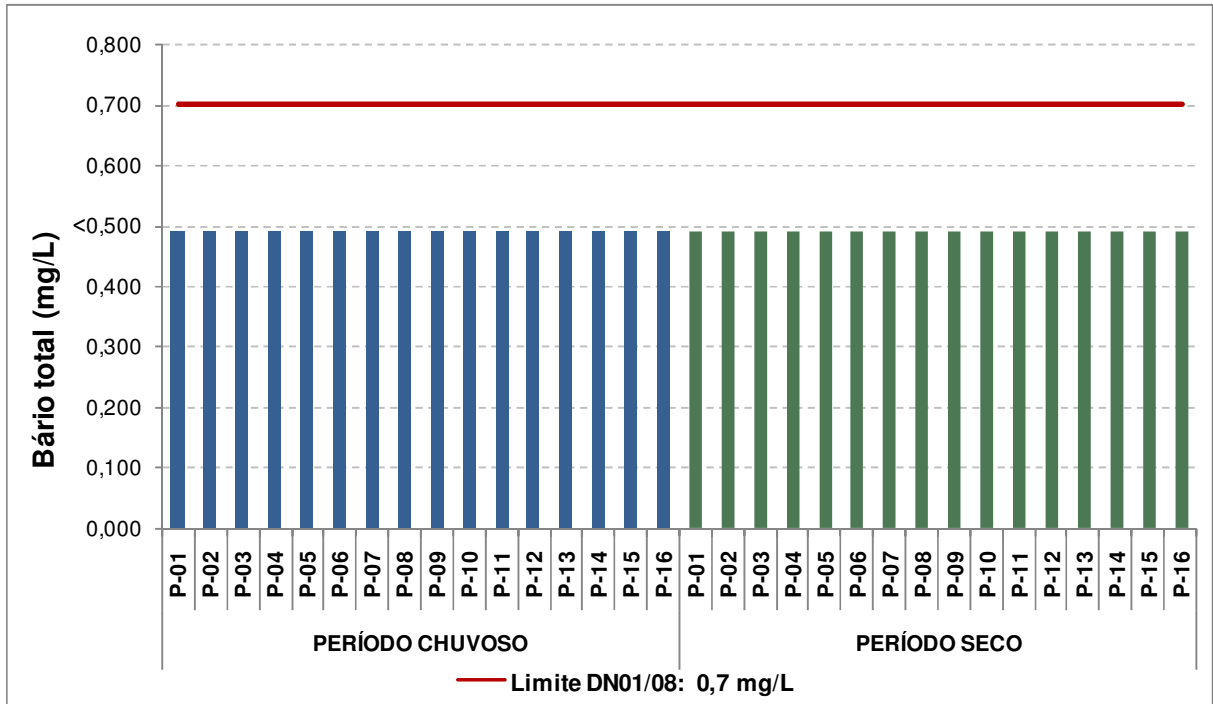


FIGURA 32: RESULTADOS DO PARÂMETRO BÁRIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

As análises do parâmetro cádmio total nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08 em todos os pontos e em ambas as campanhas, como mostra a Figura 33. Importante ressaltar que, mesmo a Bacia do Rio Itabirito possuindo a mineração como uma das suas atividades industriais, não houve registro de violação dessa variável.

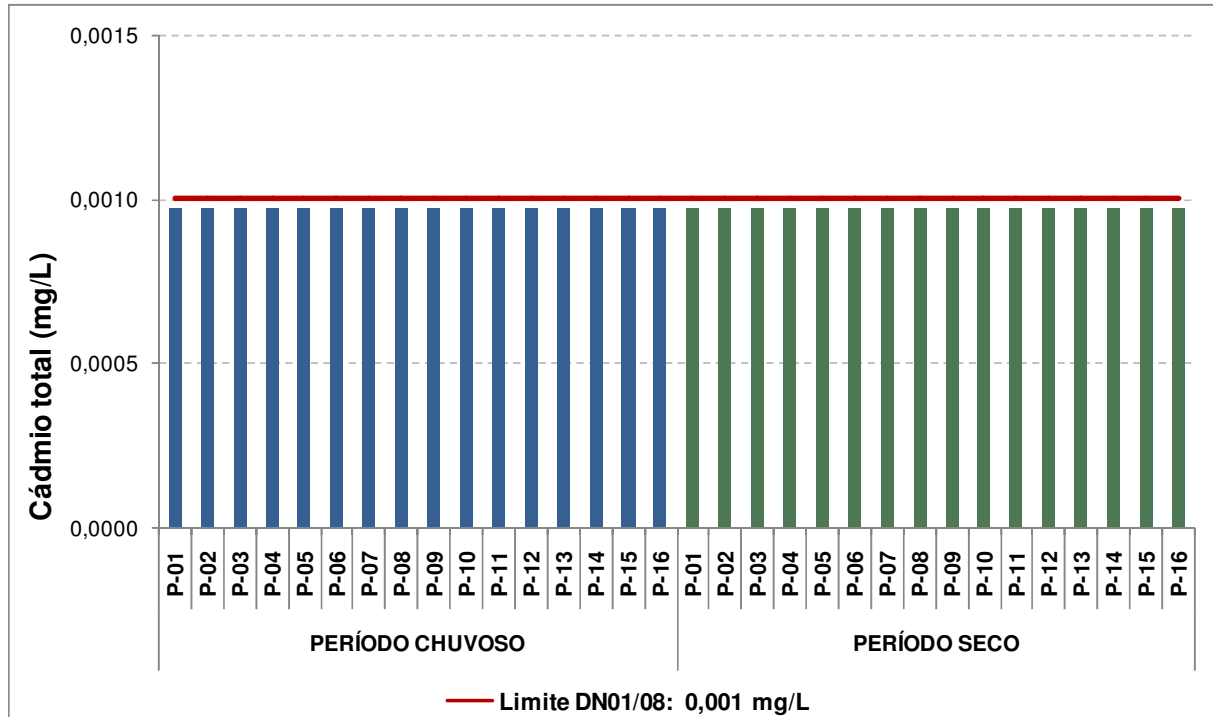


FIGURA 33: RESULTADOS DO PARÂMETRO CÁDMIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 34 apresenta os resultados do parâmetro cobre total nas duas (2) campanhas de monitoramento realizadas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Esse parâmetro não possui limite estabelecido pela DN COPAM/CERH Nº01/08. No entanto, comparando-se os resultados com o limite da DN para o parâmetro cobre dissolvido em corpos de água Classe 2 (0,009 mg/L Cu), verifica-se que todos os pontos monitorados em ambas as campanhas apresentaram resultados acima da definição legal. Os altos registros de cobre total estão diretamente associados às atividades industriais da região, em especial, as mineradoras e indústrias têxteis, além das atividades agrícolas e uso de agroquímicos.

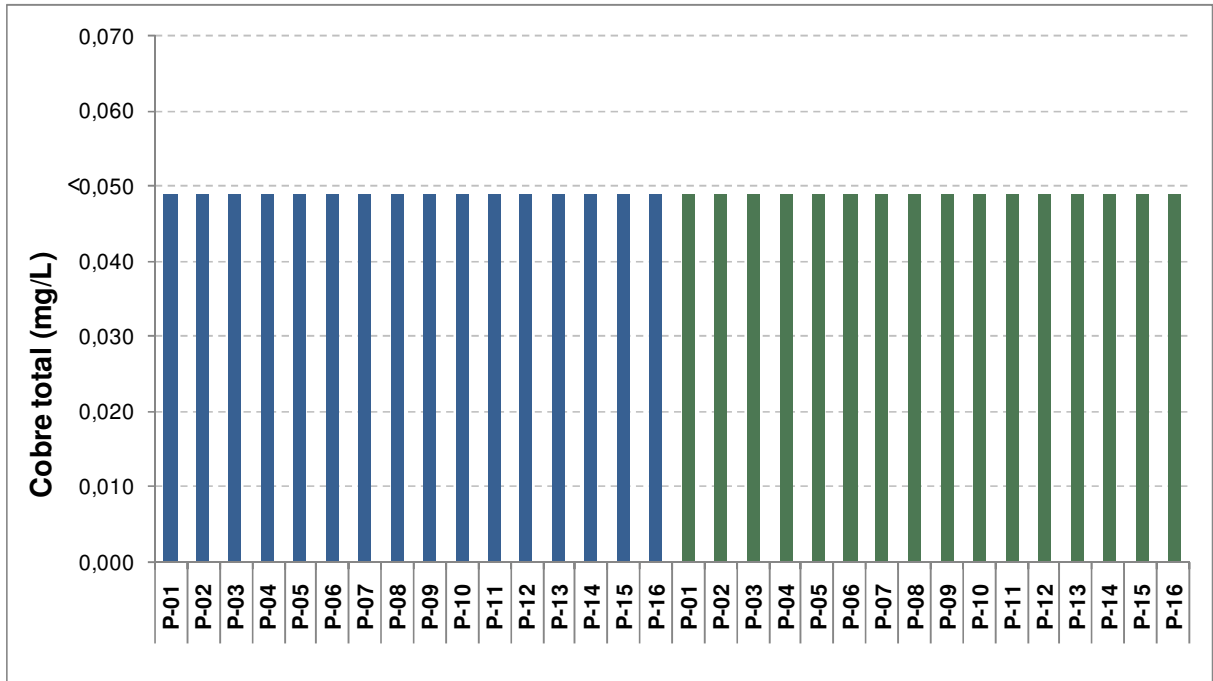


FIGURA 34: RESULTADOS DO PARÂMETRO COBRE TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 35 apresenta os resultados do parâmetro cromo total nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Todas as análises em ambas as campanhas estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08. Importante ressaltar que, mesmo a Bacia do Rio Itabirito possuindo atividades industriais, tais como mineração e têxteis, não houve violação dessa variável.

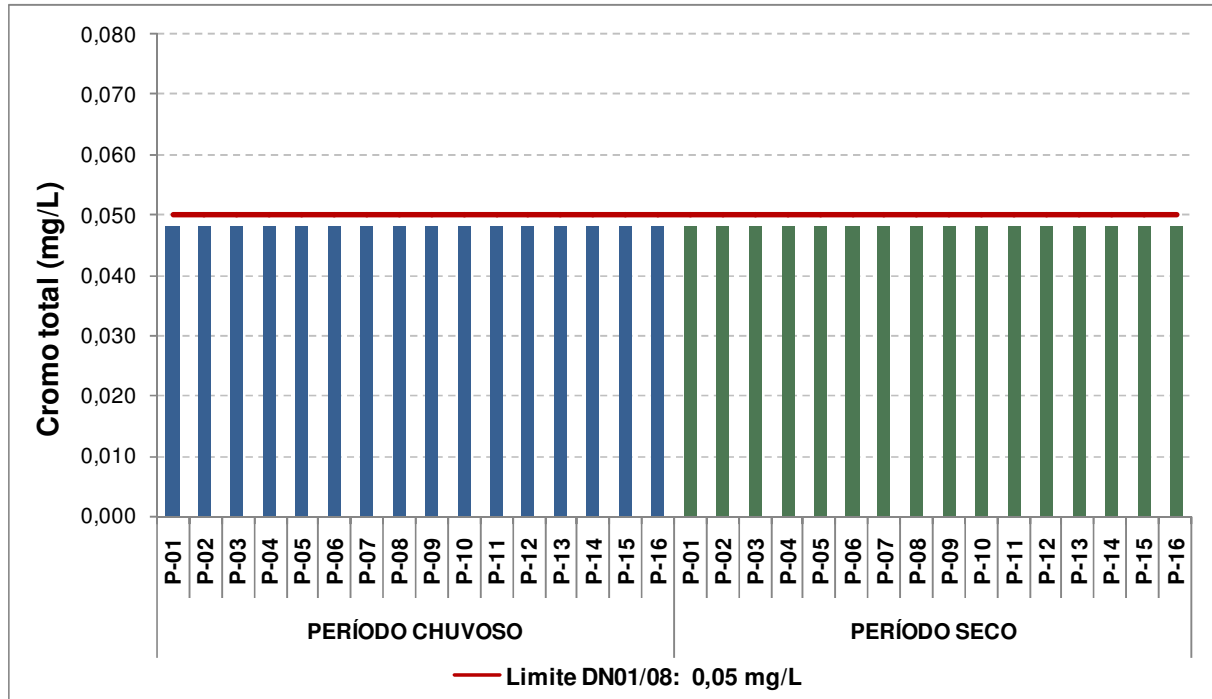


FIGURA 35: RESULTADOS DO PARÂMETRO CROMO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 36 apresenta os resultados do parâmetro ferro total nas duas (2) campanhas de monitoramento realizadas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. Esse parâmetro não possui limite estabelecido pela DN COPAM/CERH Nº01/08. No entanto, comparando-se os resultados com o limite da DN para o parâmetro ferro dissolvido em corpos de água Classe 2 (0,3 mg/L Fe), verifica-se que a maioria dos pontos monitorados em ambas as campanhas apresentaram resultados acima da definição legal. Os maiores registros de ferro total nas estações monitoradas na Bacia foram no Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro (P04) e no Ribeirão Mata Porcos Próximo ao Distrito de São Gonçalo do Bação (P06), mesmo comportamento dos parâmetros sólidos totais e turbidez.

Os altos registros de ferro total estão diretamente associados às atividades minerárias e extrativas, que é agravado no período chuvoso devido ao carreamento de partículas do solo desprotegido para o leito do rio. Importante salientar ainda que

a constituição natural do solo nessa região do Estado de Minas Gerais é rica em minerais, tais como o ferro.

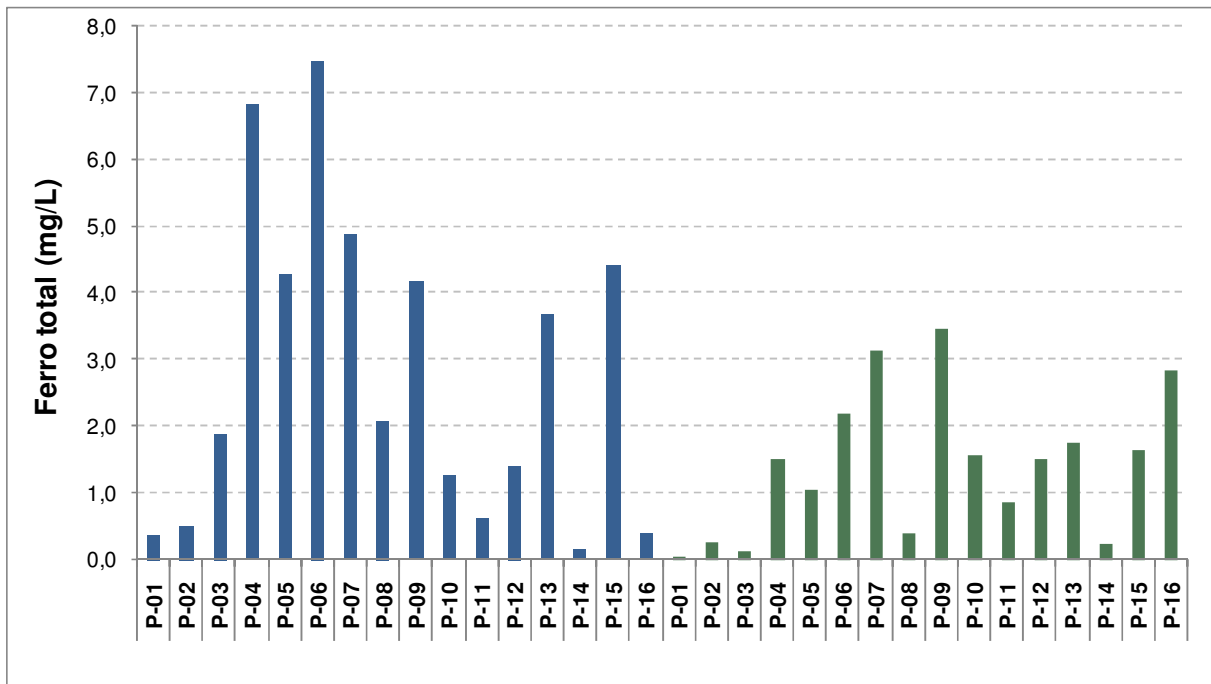


FIGURA 36: RESULTADOS DO PARÂMETRO FERRO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A Figura 37 apresenta os resultados do parâmetro manganês total nas duas (2) campanhas de monitoramento realizadas pela MYR na Bacia do Rio Itabirito em 2013. As maiores desconformidades foram registradas no período chuvoso, em especial nas estações do Ribeirão do Silva na localidade de Ribeirão do Biro (P04) e no Ribeirão Mata Porcos Próximo ao Distrito de São Gonçalo do Bação (P06), respectivamente, concentração de 1,1 mg/L e 1,07 mg/L, mesmo comportamento dos parâmetros sólidos totais, turbidez e ferro total.

Estes resultados de manganês total estão associados às atividades de mineração e extração de areia/argila na região, o que é agravado no período chuvoso devido ao carreamento de partículas do solo desprotegido para o leito do rio. Além disso, o parcelamento do solo sem planejamento também pode ser considerado um fator que

agrava essas condições, destacando ainda a constituição natural do solo nessa região rica em minerais, como por exemplo manganês.

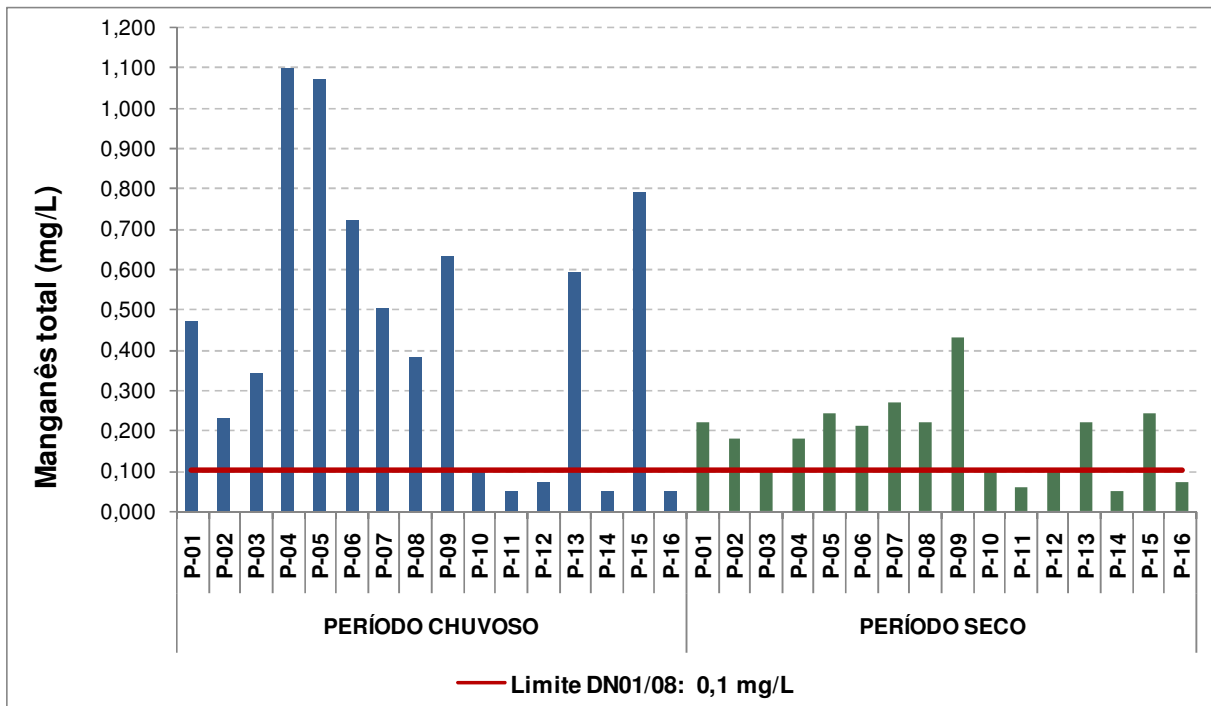


FIGURA 37: RESULTADOS DO PARÂMETRO MANGANÊS TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

As análises do parâmetro mercúrio total nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08 em todos os pontos e em ambas as campanhas, como mostra a Figura 38. Importante ressaltar que, mesmo a Bacia do Rio Itabirito possuindo a mineração como uma das suas atividades industriais, não houve violação dessa variável durante as duas amostragens realizadas.

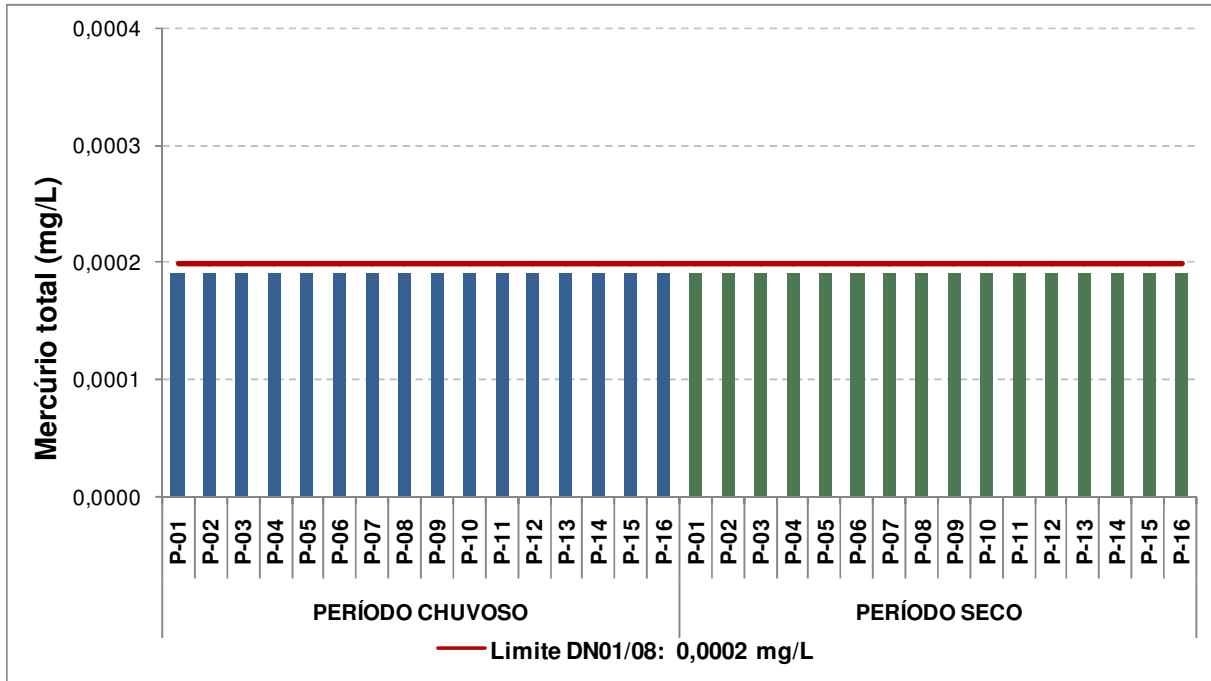


FIGURA 38: RESULTADOS DO PARÂMETRO MERCÚRIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

A DN COPAM/CERH Nº01/08 não define limite legal para o parâmetro sódio total, os resultados dessa variável são demonstrados pela Figura 39. Os maiores registros foram observados no período seco, em especial na estação do Rio Itabirito logo a montante de sua foz no Rio das Velhas (P13), concentração de 4,84 mg/L. Esses resultados estão associados ao uso de fertilizantes nas atividades agrícolas desenvolvidas na região, além do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento prévio.

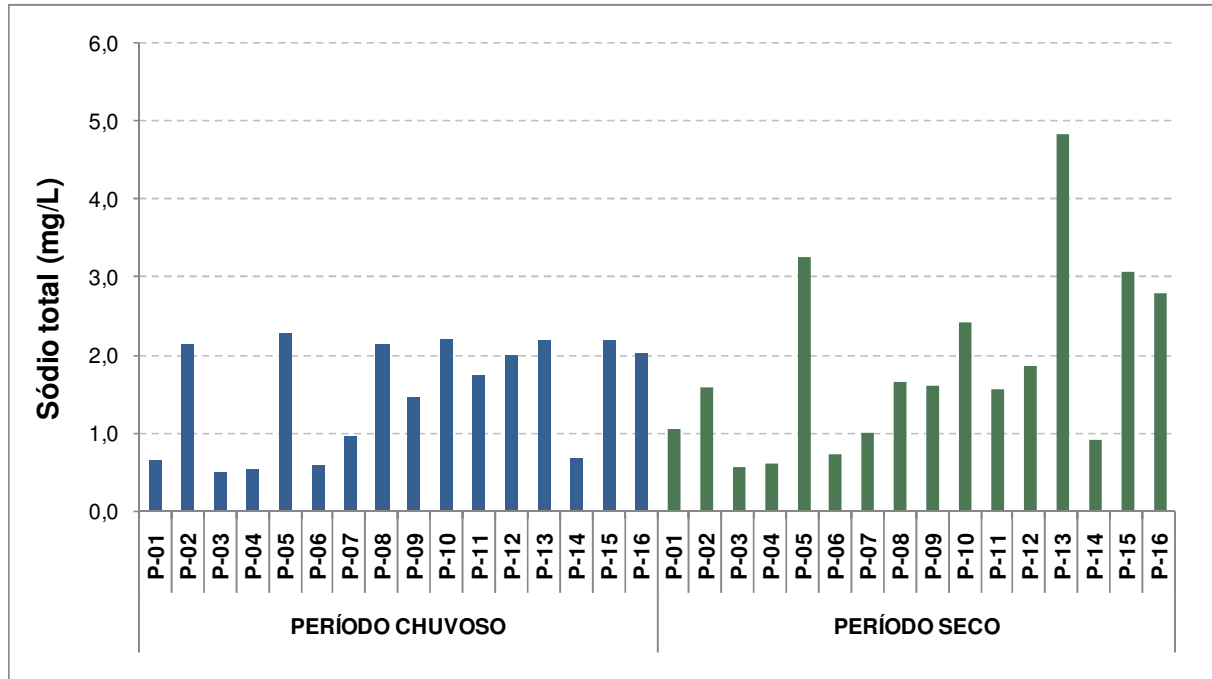


FIGURA 39: RESULTADOS DO PARÂMETRO SÓDIO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

As análises do parâmetro zinco total nos corpos de água monitorados na Bacia do Rio Itabirito em 2013 estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela DN COPAM/CERH N°01/08 em todos os pontos e em ambas as campanhas, como mostra a Figura 40. Importante ressaltar que, mesmo a Bacia do Rio Itabirito possuindo indústrias têxteis como uma das suas atividades industriais, não houve violação dessa variável.

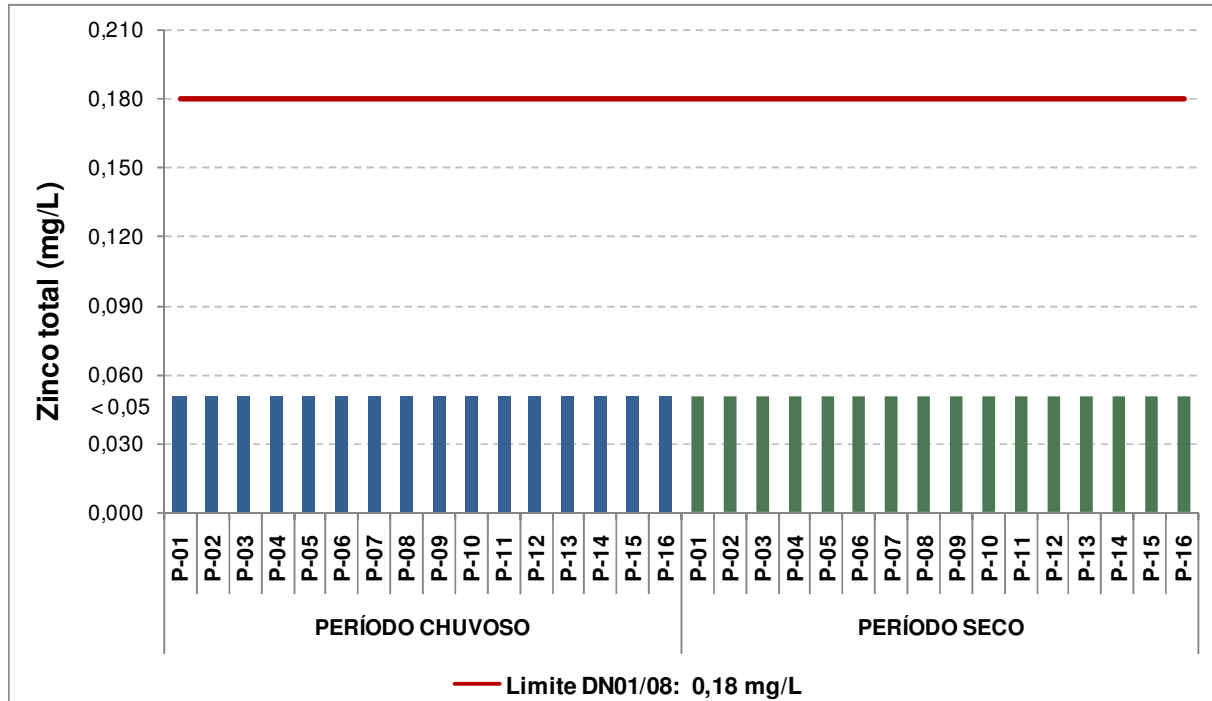


FIGURA 40: RESULTADOS DO PARÂMETRO ZINCO TOTAL NOS CORPOS DE ÁGUA MONITORADOS PELA MYR NA BACIA DO RIO ITABIRITO EM FEVEREIRO (PERÍODO CHUVOSO) E JUNHO (PERÍODO SECO) DE 2013.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No alto curso da Bacia do Rio das Velhas, na Bacia do Rio Itabirito, foram observadas desconformidades em relação aos parâmetros coliformes, sólidos totais, turbidez, ferro e manganês total nas estações monitoradas pela MYR em 2013, conforme a DN COPAM/CERH N° 01/08.

As ocorrências de coliformes são reflexo do lançamento de esgoto doméstico nos corpos de água. Verifica-se, dessa forma, a necessidade de melhoria na eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) já existentes e a implantação de novas ETE' são longo da Bacia do Rio Itabirito. O período chuvoso é o pior em relação à qualidade, devido à característica de poluição difusa que predomina, embora existam casos específicos de poluição pontual ao longo de toda a bacia.

Em relação às atividades econômicas, destacam-se a mineração e a extração de areia. A indústria metalúrgica, juntamente com as atividades agrossilvipastoris, e ainda os serviços e comércios licenciados na região também merecem destaque. Estas atividades, principalmente quando mal conduzidas, refletem diretamente nas desconformidades dos parâmetros de qualidade das águas monitorados.

Em virtude dos valores de turbidez, das concentrações do parâmetro sólidos totais e dos metais, principalmente no período chuvoso, reafirma-se a necessidade de planejamento na ocupação humana, de modo a evitar o uso desordenado e o desmatamento das margens dos corpos de água, bem como a erosão provocada pelo manejo inadequado do solo.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAS DOCES DO BRASIL: capital ecológico, uso e conservação / organizadores Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga, José Galizia Tundisi - 3ª Edição – São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

BAIRD, C. Química Ambiental. 2ª Edição. 622p. Bookman. 2002.

BRASIL – Agência Nacional de Águas – ANA. Estado das Águas no Brasil 2002: em busca do equilíbrio. Brasília: ANA, 2002.506 p.

Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº1 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.

Diagnóstico Velhas Sustentável, Projeto Estruturador, Meta 2010, Revitalização da Bacia do Rio das Velhas, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD Subsecretaria de Gestão Ambiental Integrada, 2010.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Coletânea de Legislação Ambiental*. Vol V, 663p, 2002.

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas*. Projeto Águas de Minas. 2009.

MACÊDO, J.A.B. *Águas & Águas*. Juiz de Fora: Ortofarma - Laboratório de Controle da Qualidade, 2000. 505p.

MACÊDO, J.A.B. *Introdução a Química Ambiental. Química & Meio ambiente & Sociedade*. Juiz de Fora/MG: Jorge Macêdo, 2002. 487p.

MINAS GERAIS. Assembléia Legislativa de Minas Gerais - ALMG. Disponível em: <www.almg.gov.br>. Acesso em 24 jul 2013.

MINAS GERAIS. Secretária de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br>. Acesso em: 24 jul 2013.

MINAS GERAIS. Instituto de Geociências Aplicada – IGA. Disponível em: <www.iga.br>. Acesso em: 25 jul 2013.

PAREY, V.P. *Manuais para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Relevância de Parâmetros de Qualidade das Águas Aplicados a Águas Correntes. Parte I*, 227/1993, 1999. 103p.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 26 jul 2013.

STANDART METHODS: for the examination of water and wastewater. 20 ed. Baltimore: APHA, 1998. 1v.

VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Vol 1*, UFMG, 243p, 1996.