

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA
PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE E
SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS
SOCIOAMBIENTAIS**

Higor Suzuki Lima

**Belo Horizonte
2016**

Higor Suzuki Lima

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA
PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE E
SUA RELAÇÃO COM ASPECTOS
SOCIOAMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Caracterização, prevenção e controle da poluição.

Orientadora: Silvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2016

L732q

Lima, Higor Suzuki.

Qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio Doce e sua relação com aspectos socioambientais [manuscrito]/Higor Suzuki Lima.- 2016.
vii, 155 f., enc.: il.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Mestrado (dissertação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices e anexos: f. 94-155.

Bibliografia: f. 85-93.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Meio ambiente - Teses. 3. Água - Qualidade - Teses. 4. Análise multivariada - Teses. 5. Doce, Rio, Bacia (MG e ES) - Teses. I. Oliveira, Sílvia Maria Alves Corrêa. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte - BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

<http://www.smarh.eng.ufmg.br>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Qualidades das águas superficiais da porção mineira da bacia do Rio Doce e sua relação com aspectos socioambientais

HIGOR SUZUKI LIMA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof^ª. SÍLVIA MARIA ALVES CORRÊA OLIVEIRA - Orientador

Prof^ª. CAMILA COSTA DE AMORIM

Prof^ª. WANDERLENE FERREIRA NACIF

Prof^ª. LENORA NUNES LUDOLF GOMES

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof. Nilo de Oliveira Nascimento
Coordenador

Prof^ª. Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira
Orientadora

Belo Horizonte, 04 de março de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre comigo.

Agradeço a minha orientadora Prof.^a Silvia pelos ensinamentos e paciência na orientação no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao meu pai e suas histórias sempre me ajudando a seguir o meu caminho, a minha mãe pelo carinho e amor incondicional, e a toda minha família, que mesmo distante sempre foi fundamental.

Agradeço aos muitos amigos que fiz no DESA, tornando as idas à UFMG sempre mais agradáveis e recheadas de boas conversas.

Agradeço aos professores do Departamento que lecionaram suas disciplinas com dedicação, contribuindo, mesmo que indiretamente para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos companheiros e membros do grupo de pesquisa: Anna Flávia Perini, Carolina Cristiane Pinto, Giovanna Moura Calazans, Fabrícia Moreira Gonçalves, Luís Fernando de Moraes Silva pela ajuda, ensinamentos e contribuições, que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e sua equipe técnica, pela disponibilização dos dados de monitoramento.

Agradeço ao músico e compositor austríaco Wolfgang Amadeus Mozart, que, com sua obra me proporcionou maior concentração para o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

As atividades antrópicas têm degradado o meio ambiente de diversas formas, sobretudo os cursos d'água. Neste sentido o monitoramento da qualidade das águas superficiais é fundamental para a gestão dos recursos hídricos buscando o controle da poluição. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo dos dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce para avaliação dos parâmetros de qualidade da água, e a influência dos fatores socioambientais de destaque da bacia. O monitoramento da qualidade da água gera uma grande quantidade de dados, o que dificulta sua análise e interpretação, neste sentido as análises estatísticas multivariadas são uma importante ferramenta de auxílio para a análise e interpretação de dados. As Análises de Cluster e Fatorial, associadas a testes não paramétricos e à análise de violação aos limites preconizados pela legislação identificaram os parâmetros e as áreas mais impactadas, com destaque para a área de influência da estação RD056, no município de Caratinga, fortemente impactada por esgotos domésticos e pela agricultura. O trabalho realizou ainda um estudo socioambiental sobre diversos aspectos que podem ser associados com os dados de qualidade da água. Aspectos como o licenciamento ambiental, o saneamento, a redução da vazão dos principais cursos d'água, as enchentes, os impactos econômicos, os eventos extremos e os impactos no estado do Espírito Santo foram discutidos. Estes aspectos, juntamente com a análise do processo de ocupação da bacia do rio Doce, destacado tanto pelo ciclo do ouro, quanto pelo ciclo madeireiro que praticamente extinguiu a mata nativa na região, forneceu embasamento para entender as variáveis socioambientais e sua relação com a qualidade da água. Os principais parâmetros responsáveis pela degradação da bacia encontrados foram os coliformes termotolerantes, o ferro dissolvido, o manganês total, a cor verdadeira, os sólidos (SST, SDT, ST), a turbidez, o alumínio dissolvido e o fósforo total. Estes parâmetros podem ser associados aos principais problemas da bacia, como o saneamento e seu baixo percentual de tratamento de esgotos, às atividades siderúrgicas, a mineração associada a poluentes como o ferro e o manganês, além de eventos extremos como o rompimento de barragens. Situação agravada pelos problemas relativos ao licenciamento ambiental, principalmente no pós-licenciamento. Destaque deve ser dado para a elevada susceptibilidade à erosão da bacia, tanto pelas principais atividades (agropecuária e mineração), quanto pelo desmatamento causado, elevando o aporte de sólidos nos curso e assoreamento dos rios, causando as secas e as enchentes. Portanto esta análise integrada foi de suma importância para o conhecimento da bacia, apontando os principais problemas, fornecendo embasamento para a busca de soluções.

ABSTRACT

Human activities have degraded the environment in many ways, especially the rivers. Therefore, monitoring surface water quality is indispensable to manage water resources in order to control pollution. The aim of this dissertation was to research monitoring data for surface water quality from a section of the Doce river basin in Minas Gerais, in order to assess water quality parameters, and the influence of environmental and social factors on the basin. Water quality monitoring generates a large amount of data, making it difficult to analyze and interpret, as a result multivariate statistical analyzes are an important support tool for the analysis and interpretation of this data. Cluster analysis and Factor analysis associated with non-parametric tests and violation analysis of the limits prescribed by legislation, identified parameters and the most impacted areas, especially the RD056 station in the city of Caratinga, which is strongly impacted by domestic sewage and agriculture. The dissertation also conducted a social and environmental study of various aspects that can be associated with the water quality data. Aspects such as environmental licensing, sanitation, reducing the flow of major watercourses, floods, economic impacts, extreme events and the impacts on the state of Espírito Santo were discussed. These aspects, with the analysis of the occupation of Doce river basin , highlighting the gold cycle, and the wood cycle that almost extinguished the native forest in the region, provided background to understand the social and environmental variables and their relationship with water quality. The main parameters responsible for the degradation of the basin were fecal coliforms, dissolved iron, total manganese, true color, solids (TSS, TDS, ST), turbidity, dissolved aluminum and total phosphorus. These parameters can be associated with the main problems of the basin, such as sanitation and low percentage of sewage treatment, steel activities and mining activities associated with pollutants such as iron and manganese, as well as extreme events such as dam structural failure. The situation is aggravated by problems related with environmental licensing, particularly in post-licensing. Emphasis should be given to high vulnerability of erosion to the basin, both from the main activities (agriculture and mining), causing deforestation and contributing for sediments in the water course and silting of rivers, consequently causing droughts and floods. So this integrated analysis was of utmost importance to interpret the basin, pointing out the main problems and providing knowledge for solutions.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE QUADROS E TABELAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 <i>Objetivo Geral</i>	3
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 <i>O monitoramento da qualidade da água</i>	4
3.1.1 <i>Redes de monitoramento de qualidade de água</i>	7
3.1.2 <i>Redes de monitoramento de Minas Gerais</i>	8
3.1.3 <i>Rede de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce</i>	9
3.2 <i>Bacia hidrográfica do rio Doce</i>	11
3.3 <i>Técnicas estatísticas para análise dos dados de monitoramento de qualidade da água</i>	15
3.4 <i>Aspectos Socioambiental da Bacia do Rio Doce</i>	18
3.4.1 <i>Estudos Socioambientais em outras bacias</i>	21
4. COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS MAIS IMPACTADAS.....	23
4.1 <i>Introdução</i>	23
4.2 <i>Organização e sistematização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da porção mineira da bacia do rio Doce</i>	23
4.2.1 <i>Metodologia</i>	23
4.2.2 <i>Resultados e Discussão</i>	25
4.3 <i>Conformidade junto a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008</i>	26
4.3.1 <i>Metodologia</i>	26
4.3.2 <i>Resultados</i>	27

4.4 Análises multivariadas dos dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do rio Doce.....	33
4.4.1 Metodologia.....	33
4.4.2 Resultados e Discussão.....	35
4.5 Conclusão	46
5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO DOCE	49
5.1 Introdução	49
5.2 Metodologia	49
5.3 Resultados.....	52
5.4 Conclusão	81
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICES	94
APÊNDICE I	95
ANEXOS	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1. Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais da rede básica em operação em 2014.	8
Figura 3. 2. Bacia do Rio Doce e localização das estações de monitoramento.....	10
Figura 3. 3. Localização da bacia do rio Doce.	12
Figura 3. 4. Bacias adjacentes à bacia do rio Doce.	13
Figura 3. 5. Divisão da bacia do rio Doce em UPGRHs e localização das manchas urbanas.....	14
Figura 4. 1. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio Doce em estado crítico para os respectivos parâmetros, considerando o período entre 2008 e 2014.....	31
Figura 4. 2 Fluxograma da metodologia para comparação da qualidade das águas superficiais das UPGRH da bacia hidrográfica do rio Doce.	34
Figura 4. 3. Dendrograma da análise de Cluster para as estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce.....	36
Figura 4. 4. Dendrograma da análise de Cluster para as sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce.....	37
Figura 4. 5. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das componentes principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento dos grupos formados das sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce.	38
Figura 4. 6. Dendrograma da Análise de Cluster para as estações das sub-bacias DO04 e DO05.	42
Figura 4. 7. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação <i>varimax</i> das componentes principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento dos grupos formados das sub-bacias DO4 e DO5 da bacia do rio Doce.	43
Figura 5. 1. Resumo da metodologia aplicada para análise socioambiental.	52
Figura 5. 2. Percentual de municípios da porção mineira da bacia do rio Doce que licenciam suas atividades na esfera municipal.	53
Figura 5. 3. Percentual de coleta e tratamento de esgotos dos municípios da porção mineira da bacia do rio Doce.	58
Figura 5. 4. Percentual relativo ao tipo de disposição final de resíduos sólidos urbanos para os municípios da porção mineira da bacia do rio Doce.	59
Figura 5. 5. Rompimento de barragens e áreas ao longo dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo, e rio Doce.....	67
Figura 5. 6. Mapa de susceptibilidade à erosão da bacia do rio Doce.....	71

Figura 5. 7. Unidades de conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável da bacia do rio Doce.	75
Figura 5. 8. Localização do Parque Estadual do rio Doce.....	76

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3. 1. Estações de Monitoramento de Qualidade da água da bacia do Rio Doce.....	11
Quadro 3. 2. Trabalhos que usaram técnicas estatísticas multivariadas.....	17
Quadro 4. 1. Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem da porção mineira da bacia do rio Doce.....	24
Quadro 4. 2. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros estudados, presentes no banco de dados disponibilizados pelo IGAM.....	26
Quadro 4. 3 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Doce.....	27
Quadro 4.4 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada UPGRH da bacia do rio Doce.....	29
Quadro 5. 1. Empreendimentos licenciados pelo IBAMA na bacia do rio Doce, e a ausência ou presença destes em cada sub-bacia.....	55
Tabela 5. 1. Média de vazões por década na estação de Colatina – ES (1939-2008).	62
Quadro 5. 2. Descrição das estações de monitoramento avaliadas no rio Doce.	68

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AC	Análise de Cluster
ACP	Análise dos Componentes Principais
AD	Análise Discriminante
AF	Análise Fatorial
AMM	Associação Mineira dos Municípios
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CE	Condutividade Elétrica <i>in loco</i>
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Coli. Term.	Coliformes termotolerantes
Cor	Cor verdadeira
CP	Componentes principais
CT	Contaminação por tóxicos
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dens. Cian.	Densidade de cianobactérias
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency – United States of America
EFVM	Estrada de Ferro Vitória-Minas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBIO	Instituto Bioatlântica
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA	Índice de Qualidade da Água
IET	Índice de Estado Trófico

KW	Kruskal-Wallis
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LOC	Licença de Operação Corretiva
MBAS	Substâncias tensoativas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OD	Oxigênio Dissolvido
PDA DOCE	Programa de Disponibilidade da Água da bacia do rio Doce
PERD	Parque Estadual do Rio Doce
pH	Potencial hidrogeniônico <i>in loco</i>
PNLA	Portal Nacional do Licenciamento Ambiental
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
QF	Quadrilátero Ferrífero
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SDT	Sólidos dissolvidos totais
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e D. Sustentável
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SIMGE	Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SST	Sólidos em suspensão totais
ST	Sólidos totais
Turb.	Turbidez
UC	Unidade de Conservação
UHE	Usina Hidrelétrica
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
URC	Unidade Regional Colegiada

1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e a urbanização desordenada e sem planejamento tem elevado a pressão antrópica sobre os recursos naturais, principalmente sobre os cursos d'água, causando diversos problemas e impactos que afetam direta e indiretamente o meio ambiente e a população de um modo geral. Esse quadro de degradação tem levado a uma escassez na quantidade e na qualidade da água, evidenciada principalmente em bacias hidrográficas de elevada ocupação.

Visando reduzir estes impactos nos cursos d'água, cada vez mais se vê a necessidade de controlar o aporte de poluentes a estes ambientes, uma vez que os corpos d'água são vitais para a sobrevivência dos ecossistemas e para o desenvolvimento humano, nos mais diversos usos, consuntivos ou não. Uma das ferramentas que tem se mostrado satisfatória neste contexto é a realização do monitoramento dos cursos d'água de forma a entender seu comportamento ao longo do tempo e do espaço. Assim torna-se possível identificar os principais riscos e fatores que contribuem para esta degradação e tomar medidas de prevenção, controle e recuperação das áreas impactadas. No monitoramento são analisados parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e bioensaios ecotoxicológicos de qualidade de água (IGAM, 2015a).

Este banco de dados gerado pelo monitoramento da qualidade da água, muitas vezes costuma ser extenso e de difícil interpretação, devido à dificuldade operacional de se trabalhar com um grande número de observações. Neste sentido, os métodos estatísticos multivariados são uma excelente ferramenta exploratória para a interpretação desses complexos conjuntos de informações. Diversos trabalhos (VEGA *et al.*, 1998; SINGH *et al.*, 2006; AYOKO *et al.*, 2007; NONATO *et al.*, 2007; SHRESTHA; KAZAMA, 2007; SOJKA *et al.*, 2008; BU *et al.*, 2010; MAHJOURI; KERACHIAN, 2011; TRINDADE, 2013; CALAZANS, 2015) empregaram algumas dessas técnicas (Análise de Cluster, Análise Discriminante, Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial) para alcançar diferentes objetivos, como identificar as fontes de poluição de diferentes regiões de um corpo d'água e identificar e analisar as relações entre qualidade da água e uso e ocupação do solo.

Mesmo com auxílio destas ferramentas estatísticas, os resultados das análises nem sempre conseguem retratar o que de fato ocorre na bacia, isso devido ao grande número de variáveis envolvidas nos processos. Neste contexto, é de suma importância à realização de um estudo socioambiental que permita uma interpretação mais precisa e coerente dos dados de

monitoramento. Desta forma buscou-se inferir sobre como estes fatores socioambientais influenciaram a qualidade ambiental, desde o processo de ocupação da bacia hidrográfica, fornecendo assim maior capacidade de análise referente à dinâmica socioambiental da área de estudo, auxiliando na tomada de decisões.

Diante do exposto, a proposta do presente trabalho foi comparar a qualidade das águas da porção mineira da bacia do rio Doce, identificando as áreas mais impactadas, avaliando a conformidade destes dados junto à legislação ambiental, buscando os principais poluentes. Além disso, procurar-se-á associar estas informações a diversas questões socioambientais que se destacam na bacia, para assim fornecer um direcionamento aos órgãos gestores e buscar ações de manejo visando à melhoria da qualidade da água. Para melhor organização da proposta o desenvolvimento do trabalho será estruturado em dois capítulos: “Comparação da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce para identificação das áreas mais impactadas” e “Aspectos socioambientais da bacia do rio Doce”.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar os dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce para avaliação dos parâmetros de qualidade da água, e a influência de fatores socioambientais.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as regiões mais críticas da bacia, no que tange aos valores de qualidade da água preconizados pela DN COPAM/CERH-MG 01/2008;
- Analisar e comparar a qualidade da água das sub-bacias da porção mineira da bacia hidrográfica do rio Doce, identificando as regiões mais impactadas;
- Identificar os possíveis fatores que possam estar contribuindo para o aumento da poluição nas áreas mais impactadas;
- Discutir e relacionar os resultados obtidos nas análises estatísticas com os principais fatores socioambientais de interesse na área de estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O monitoramento da qualidade da água

Atualmente, a disponibilidade de água doce é um dos principais problemas que afetam a população humana, diminuindo a sua qualidade e sua quantidade. Uma série de fatores complexos está dirigindo esta questão, incluindo o crescimento populacional, a urbanização, alterações no uso do solo e a poluição de um modo geral. Essa situação é típica de áreas com adensamento populacional, especialmente em ambientes urbanos, onde os cursos de água apresentam alta degradação da qualidade hídrica, recebendo não somente uma grande quantidade de efluentes domésticos e industriais, mas também de sedimentos e lixo (POMPEU *et al.*, 2005).

Conforme Vialle *et al.*, (2011), essa disponibilidade insuficiente de água potável poderia levar a consequências graves, como o aumento de problemas de saúde e de ordem social. A grande maioria dos problemas ligados à qualidade da água está diretamente relacionada às cargas poluentes que chegam aos recursos hídricos por meio da drenagem. Ligações clandestinas e esgotos domésticos e/ou industriais e a lixiviação do solo também introduzem matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos ao meio aquático (TRINDADE, 2013). Muitos dos principais rios da terra e fontes de águas subterrâneas são excessivamente explorados e poluídos devido ao crescimento da população, atividades agrícolas, a urbanização e a industrialização (AYOKO *et al.*, 2007).

Devido ao fácil acesso para a eliminação de resíduos, os sistemas fluviais, de um modo geral, representam a fonte de água doce mais vulnerável à contaminação, direta ou indiretamente, durante seu curso. A hidroquímica destes sistemas é determinada por um grande número de fatores, tais como as condições climáticas, solo, tipos de rochas e atividades antrópicas na bacia (SINGH *et al.*, 2006), e possui grande complexidade devido ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, (TOLEDO; NICOLLELA, 2002).

Assim, é cada vez mais desejável a obtenção de avaliações confiáveis de qualidade da água, que possam ser utilizadas para a gestão de recursos hídricos e avaliação de opções políticas, a fim de sustentar o bem-estar humano, o crescimento industrial e a segurança alimentar (AYOKO *et al.*, 2007). Segundo Simeonov *et al.* (2002), o monitoramento cuidadoso da qualidade da água de um rio é uma das maiores prioridades em termos de política de proteção ambiental.

Além de servirem para o estabelecimento de políticas ambientais, os resultados do monitoramento devem ser utilizados para informar o público em geral. Este tipo de informação tem sido cada vez mais cobrado das agências ambientais governamentais, devido a uma crescente consciência de que estes aspectos estão ligados à qualidade de vida da população (LAMPARELLI, 2004).

Sob esta ótica de avaliação da qualidade da água e tomada de decisões a respeito, surge a necessidade de monitoramento dos diversos parâmetros de qualidade da água. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade das águas sofrem grandes variações no tempo e no espaço, sendo necessário um programa de monitoramento sistemático para se obter a real estimativa da variação da qualidade das águas superficiais (ANDRADE *et al.*, 2007). Este monitoramento irá proporcionar uma estimativa representativa e confiável da qualidade das águas superficiais (SIMEONOV *et al.*, 2003).

Sistemáticos programas de avaliação da qualidade da água em rios e lagos, de acordo com Rafaeli Neto *et al.* (2013) requerem definição dos locais de amostragens, das rotas de acessos e conhecimento sobre o uso e ocupação do solo da sub-bacia de contribuição em cada ponto. Esta sistematização é fundamental, tendo em vista a grande variabilidade natural dos sistemas, inclusive espacial e temporal na hidroquímica de um rio, surgindo a necessidade de estudos e investimentos para o acompanhamento da qualidade das águas nas diferentes regiões de interesse (TRINDADE, 2013). Variabilidades devido a influências naturais e antropogênicas se refletem nos dados de monitoramento. Incertezas de amostragem, preparação da amostra e de medição também estão incluídos nos dados e afetam a sua qualidade (SIMEONOV *et al.*, 2002). Diante dessa elevada variabilidade, o estudo e a interpretação destes dados requer uma avaliação cuidadosa.

Para um monitoramento mais eficiente da qualidade das águas é necessário que se use bons parâmetros indicadores. Fundamentais nos programas existentes de monitoramento, estes indicadores trabalham a partir de diversos parâmetros físico-químicas e biológicas, e seu uso consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO; NICOLLELA, 2002). Ainda de acordo com os mesmos autores, neste aspecto o uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, as possíveis deteriorações dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico (TOLEDO; NICOLLELA, 2002). Portanto, em programas de monitoramento procura-se trabalhar com um maior número de variáveis, obtidas de redes de monitoramento, buscando entender as relações existentes entre elas. As interações entre as diversas variáveis mensuradas em uma amostra constitui ponto de partida para avaliação da qualidade da água, desde que estas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (HARMANCIOGLU *et al.*, 1998).

Os programas são dispendiosos e por isso há necessidade de otimização da rede de amostragem proposta, com a análise da sua frequência e do número de parâmetros monitorados, reduzindo esses para os mais representativos, sem perda de informação útil (NONATO *et al.*, 2007; ALMEIDA, 2013; TRINDADE, 2013; CALAZANS, 2015).

Muitas vezes ao se trabalhar com grandes números de dados, diversos erros de interpretação podem ocorrer. Conforme Simeonov *et al.* (2002), a melhor abordagem para evitar estes erros no monitoramento ambiental é a aplicação de métodos de medição dos dados ambientais, classificação e modelagem. Métodos de medição dos dados ambientais e interpretação de dados tem a vantagem de visualizar grande quantidade de medições analíticas e extrair informações adicionais sobre possíveis fontes de poluição.

De acordo com Zhang *et al.* (2011), estes grandes e complexos conjuntos de dados, de difícil análise e interpretação, muitas vezes exibem estrutura multidimensional (espaço, tempo, variáveis, condições), e exigem, portanto métodos de análise multivariados para explorar e extrair a estrutura de dados ocultos e suas relações (AYOKO *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2006), bem como métodos de projeções multivariadas de interpretação simultânea e sistemática (AYOKO *et al.*, 2007). Além disso, a extração de informações válidas do banco de dados por meio de técnicas estatísticas consolidadas permite o conhecimento de fontes latentes de poluição, até então não conhecidas (LI *et al.*, 2009).

3.1.1 Redes de monitoramento de qualidade de água

O monitoramento de recursos hídricos é um conjunto de ações e esforços que visam permitir o conhecimento da situação da qualidade das águas e seu padrão de comportamento ao longo do espaço e do tempo. Nesse contexto, as redes de monitoramento de qualidade das águas são implantadas para atingir diversos objetivos, tais como: auxiliar a gestão dos recursos hídricos, fornecer subsídios para elaboração de uma adequada legislação de recursos hídricos, disponibilizar informações para um efetivo gerenciamento de recursos hídricos, etc.

As redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais brasileiras tiveram início nos anos 1970, quando foram implantadas as primeiras redes estaduais. Desde então, as Unidades da Federação (UF) têm adotado diferentes estratégias no estabelecimento de seus programas de monitoramento da qualidade das águas (ANA, 2012). No Brasil a distribuição desses pontos de monitoramento é bastante desigual e concentrada em algumas regiões hidrográficas. Além disso, sendo o Brasil uma federação, cada estado adota em seu monitoramento critérios próprios de localização dos pontos, frequência de amostragem e parâmetros analisados (ALMEIDA, 2013).

Em muitos estados as redes de monitoramento não possuem uma interligação, assim, muitas vezes em um mesmo rio, existem estações muito próximas, quando não estão no mesmo ponto, sendo administradas por diferentes órgãos ou empresas. Desse modo, existem lacunas a serem preenchidas em relação à distribuição dos pontos e à padronização do monitoramento da qualidade da água no Brasil (ALMEIDA, 2013).

A Agência Nacional de Águas (ANA) mantém a rede hidrometeorológica nacional, com mais de 2.700 postos pluviométricos e 1.900 postos fluviométricos, que permitem avaliar os aspectos associados à quantidade de água. Quanto à qualidade da água, a agência coordena 1.340 pontos em todo o país, nos quais são feitas análise de apenas quatro parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura) (ANA, 2015). Por isso, a parceria com os governos estaduais é essencial para poder realizar uma correta avaliação da qualidade da água (CALAZANS, 2015).

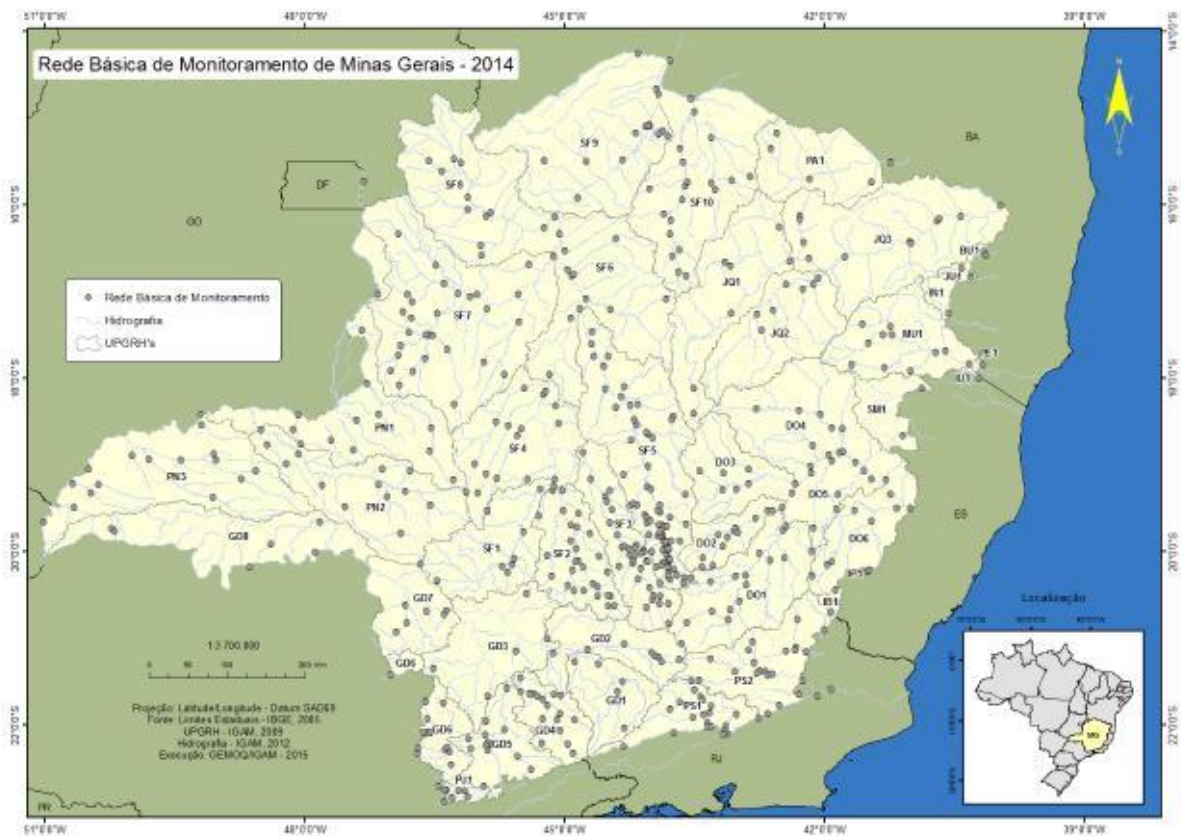
De acordo com a ANA (2015), em nível federal, existem aproximadamente 2.400 pontos de monitoramento da qualidade da água, o que representa uma densidade média de 0,26 ponto/1.000 km² para o país. Esta densidade é considerada baixa para uma rede nacional,

quando comparada a outros países que possuem densidades maiores, como a Espanha (2,55 pontos/1.000 km²), França (1,96 ponto/1.000 km²) e Canadá (0,8 ponto/1.000 km²).

3.1.2 Redes de monitoramento de Minas Gerais

Em Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas superficiais no nível estadual é realizado pelo IGAM, por meio do Programa Águas de Minas, em execução desde 1997. Os dezessete anos de operação da rede de monitoramento vêm demonstrando a sua importância no fornecimento de informações básicas necessárias para a definição de estratégias e da avaliação da efetividade do Sistema de Controle Ambiental, sob responsabilidade da SEMAD, e para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos, subsidiando a formação e atuação dos Comitês e Agências de Bacias a cargo do IGAM/CERH (IGAM, 2013). A Figura 3.1 mostra a rede básica de monitoramento da qualidade da água no estado de Minas Gerais.

Figura 3. 1. Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais da rede básica em operação em 2014.



Fonte: IGAM (2014).

A rede básica de monitoramento (macro-rede), em 2014, contava com 543 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari (IGAM, 2014). Ao todo são monitorados na rede 72 parâmetros físico-químicos e microbiológicos, embora nem todas as estações monitorem todos os parâmetros. Com este número de estações, o estado de Minas gerais obtém uma densidade de 0,93 ponto/1.000 km², considerado um bom número para os padrões nacionais.

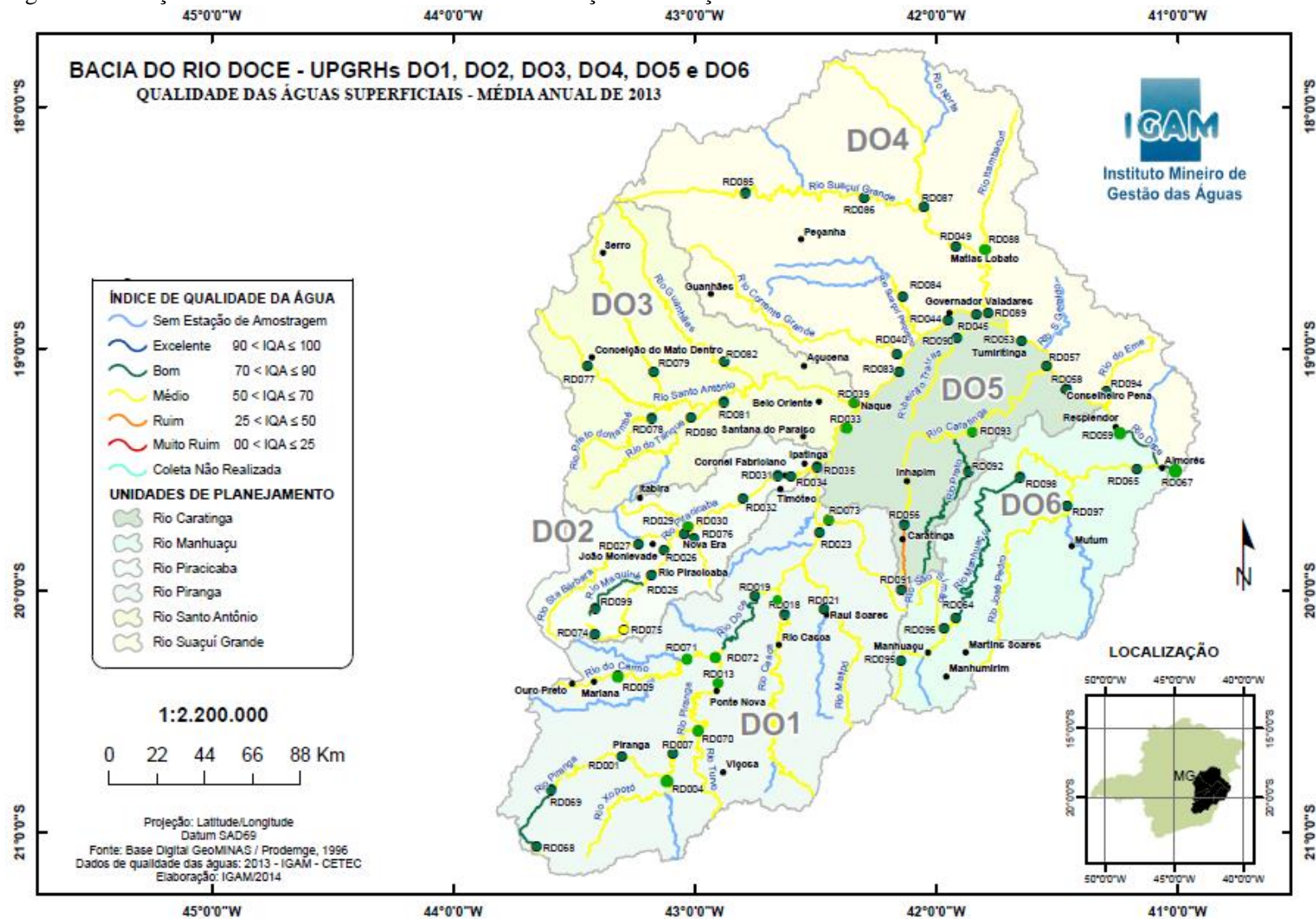
3.1.3 Rede de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce

A rede de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce, objeto do presente trabalho, conta com 64 estações de monitoramento de qualidade da água espalhadas nas seis Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH que compõem a bacia. A Figura 3.2 mostra distribuição destas estações de monitoramento.

As UPGRHs, que são unidades físico-territoriais identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado, apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, sócio-culturais, econômicos e políticos. Apesar do caráter técnico na concepção dessas unidades, sua definição foi resultado de um consenso entre os vários níveis de decisão relacionados à gestão das águas (IGAM 2010a).

As Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), correspondem às seguintes sub-bacias e seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs): Rio Piranga (DO1), Rio Piracicaba (DO2), Rio Santo Antônio (DO3), Rio Suaçuí (DO4), Rio Caratinga (DO5), Rio Manhuaçu (DO6) (IGAM, 2010b; CBH Doce, 2014). As Figuras 1 a 6, do Anexo 1 mostram o mapa das seis UPGRHs, a área de drenagem da sub-bacia, bem como os limites municipais e indicação dos principais cursos d'água.

Figura 3. 2. Porção mineira da bacia do Rio Doce e localização das estações de monitoramento.



Fonte: Adaptado de IGAM (2014).

O número de estações de cada bacia pode variar dependendo do grau de ocupação, bem como do tamanho da sub-bacia. Para a porção mineira da bacia do rio Doce, a densidade encontrada foi de 0,77 ponto/1.000 km². O Quadro 3.1 mostra a distribuição das estações de monitoramento ao longo destas UPGRHs. A Tabela I.27 do Apêndice I mostra a descrição das 64 estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce.

Quadro 3. 1. Estações de Monitoramento de Qualidade da água da porção mineira da bacia do Rio Doce.

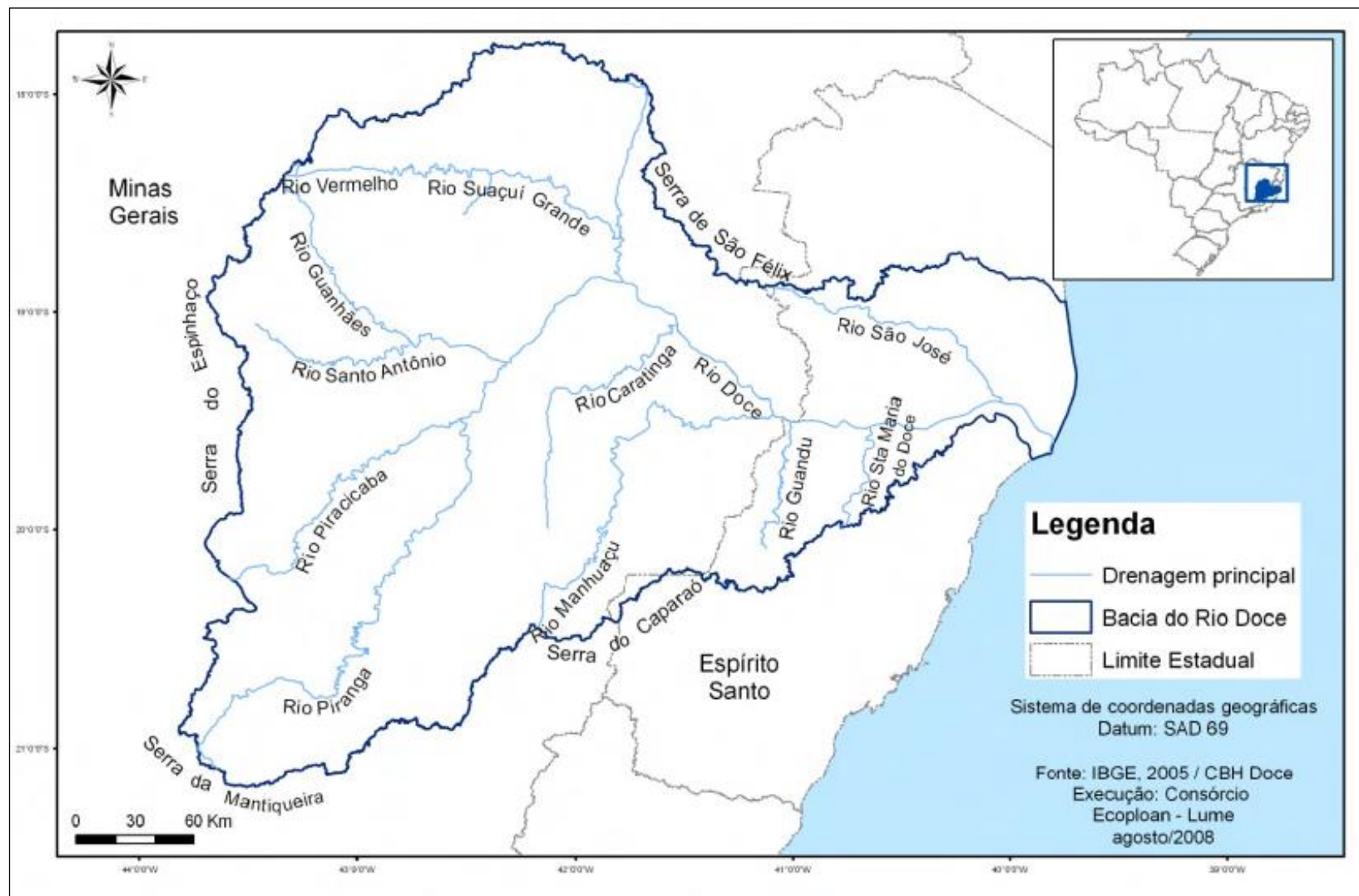
UPGRH	Sub-Bacia	Estações
DO1	Rio Piranga	15
DO2	Rio Piracicaba	13
DO3	Rio Santo Antônio	7
DO4	Rio Suaçuí	13
DO5	Rio Caratinga	8
DO6	Rio Manhuaçu	8
Total		64

3.2 Bacia hidrográfica do rio Doce

A bacia do rio Doce situa-se na região Sudeste, entre os paralelos 17°45' e 21°15' S e os meridianos 39°30' e 43°45' W, integrando a região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Com uma área de drenagem igual a 83.400 Km², a bacia hidrográfica do rio Doce atravessa o território de dois Estados (Minas Gerais e Espírito Santo). O estado de Minas Gerais possui 86% da área de drenagem desta bacia e é onde se localizam as cabeceiras do rio Piranga, principal formador do rio Doce juntamente com o rio do Carmo (IGAM, 2010a). As nascentes do rio Doce situam-se no estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, sendo que suas águas percorrem cerca de 850 km até atingir o oceano Atlântico junto a Regência, no Estado do Espírito Santo (ADOCE, 1997 *apud* IGAM, 2010a; IGAM, 2010b). O rio Doce drena os estados de Minas Gerais e Espírito Santo e representa a maior bacia de um conjunto denominado genericamente como “leste brasileiro” (VIEIRA, 2010).

Apesar de algumas diferenças nas delimitações, em diversos estudos o rio Doce tem sido subdividido em três seções: alto, médio e baixo curso. A forma mais rotineiramente apresentada delimita como alto curso a drenagem desde as cabeceiras até a foz do rio Matipó, o médio desde a confluência desse rio até a divisa de MG/ES e o baixo da divisa dos estados até a foz (VIEIRA, 2010). A Figura 3.3 mostra a localização da bacia do rio Doce nos territórios de Minas Gerais e Espírito Santo, bem como sua drenagem principal.

Figura 3. 3. Localização da bacia do rio Doce.



A bacia limita-se ao sul com a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a sudoeste com a bacia do rio Grande, a oeste com a bacia do rio São Francisco, a norte e noroeste com a bacia do rio Jequitinhonha e bacias do litoral sul do Espírito Santo e a nordeste com as bacias do litoral norte do Espírito Santo (IGAM, 2010b). Tais delimitações podem ser observadas na Figura 3.4, que mostram os limites das bacias adjacentes à bacia do rio Doce.

Figura 3.4. Bacia do rio Doce e bacias hidrográficas adjacentes.

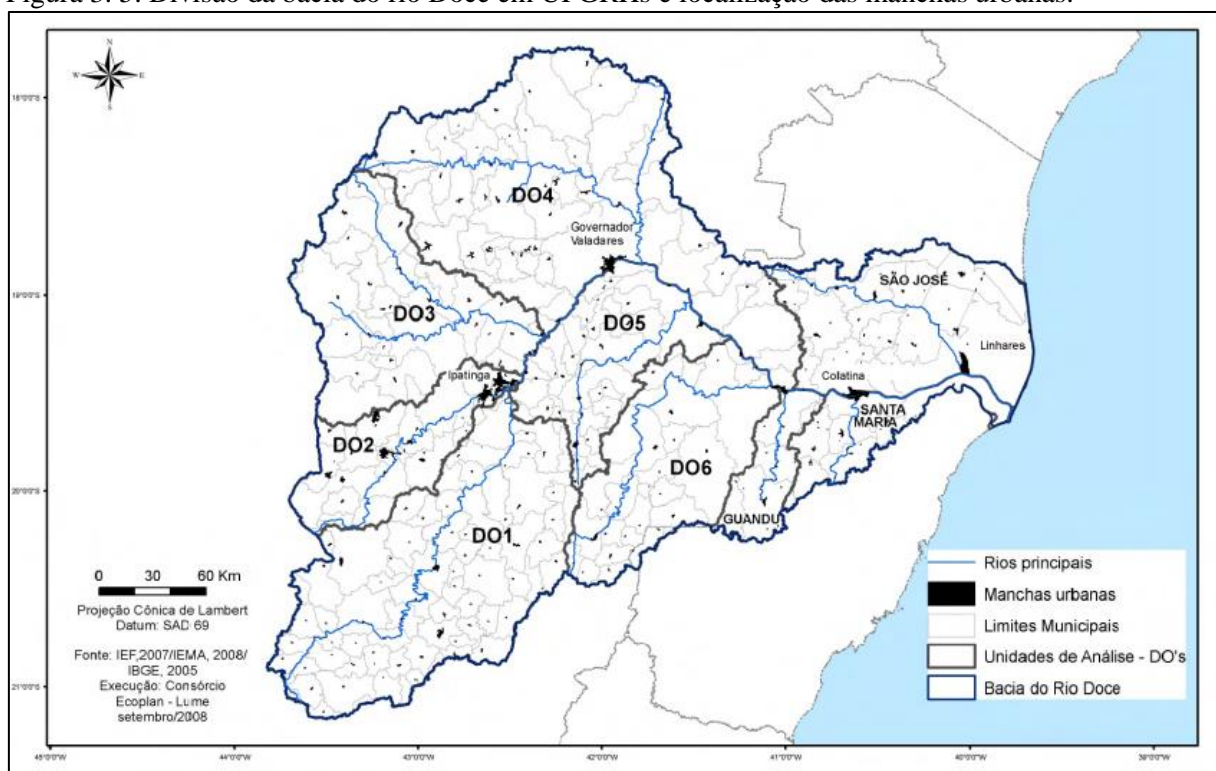


Os principais limites geográficos da bacia são: ao norte, as serras Negra e Aimorés; a oeste, a serra do Espinhaço; a sudoeste e ao sul, a serra da Mantiqueira; a sudeste, a serra do Caparaó; a leste o oceano Atlântico (CUPOLILLO *et al.*, 2008).

Historicamente, a precipitação média anual da bacia varia de 1500 mm, nas nascentes do rio Doce, a 900 mm na região da divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, voltando a crescer na região do litoral. O clima na bacia pode ser dividido em: clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos presentes nas vertentes das Serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce; clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, presentes nas nascentes dos seus afluentes; e clima quente com chuvas de verão, presente nos trechos médio e baixo do rio Doce e seus afluentes (CPRM, 2014). No entanto, nos últimos três anos, um comportamento bastante atípico foi verificado, principalmente com relação a uma severa escassez hídrica.

Segundo o mais recente Anuário Estatístico do Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) residem na bacia cerca de 3.100.000 habitantes, com a população urbana representando 68,7% da população total. De acordo com a mesma referência a taxa de crescimento urbano na bacia é inferior às verificadas nos dois Estados. O êxodo rural é generalizado na área da bacia. Ainda segundo o IBGE (2010), entre os anos de 1970 e 1991 a região rural perdeu 615.000 habitantes. Na região do médio rio Doce, entre Tumiritinga e Aimorés, houve uma redução demográfica da ordem de 40% no mesmo período (CBH Doce, 2009). A localização das principais regiões de adensamento populacional, bem como a subdivisão da bacia em UPGRHs, pode ser observada na Figura 3.5.

Figura 3. 5. Divisão da bacia do rio Doce em UPGRHs e localização das manchas urbanas.



A atividade econômica da bacia do rio Doce é bastante diversificada, destacando-se: a agropecuária (eucalipto, lavouras tradicionais, cultura de café, cana-de-açúcar, criação de gado leiteiro e de corte e na suinocultura.); a agroindústria (sucroalcooleira); a mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica (IGAM, 2010b).

Uma importante área que merece destaque, tanto pelo ponto de vista econômico quanto ambiental situada dentro da porção mineira da bacia do rio Doce é o Quadrilátero Ferrífero

(QF). O QF compreende uma área de cerca de 7000 km² e abriga uma das maiores concentrações de depósitos de minério de ferro laterítico no mundo (CARLOS *et al.*, 2014), encontrando-se parcialmente inserida dentro da porção mineira da bacia do rio Doce na região de sua cabeceira. Conforme o DNPM (2009), a região foi responsável por aproximadamente 70% da produção nacional do minério de ferro.

3.3 Técnicas estatísticas para análise dos dados de monitoramento de qualidade da água

Conforme citado, esta estrutura multivariada e complexa dos dados de monitoramento dificulta sua análise e interpretação exigindo, portanto, métodos de redução para simplificar a forma dos dados, extraíndo a informação útil e interpretável, explicando os padrões de variação temporal e espacial das variáveis físico-químicas (SINGH *et al.*, 2006). Neste contexto se inserem as técnicas estatísticas multivariadas. Assim, estas técnicas juntamente com a análise exploratória de dados são ferramentas apropriadas para uma redução significativa das medidas físico-químicas, permitindo a análise e interpretação desses complexos conjuntos de dados de qualidade de água e a compreensão das variações temporais e espaciais (ZHOU *et al.*, 2007).

O estudo de Zhou *et al.* (2007) demonstrou que os métodos estatísticos multivariados são úteis para a interpretação de complexos conjuntos de dados na análise da resolução temporal e espacial de variações na qualidade da água. Esses métodos são usados agora em uma variedade de disciplinas, abrangendo os mais diversos campos do conhecimento e estudos contendo diversas variáveis e unidades experimentais (VIALLE *et al.*, 2011).

A aplicação de diferentes técnicas de estatística multivariada, tais como a análise de cluster (AC), a análise de componentes principais (ACP) e a análise fatorial (AF), ajudam na interpretação de complexas matrizes de dados para compreender melhor a qualidade da água e o estado ecológico dos sistemas estudados, permitindo a identificação de possíveis fatores/fontes que influenciam os sistemas aquáticos, oferecendo assim uma valiosa ferramenta para a gestão segura de recursos hídricos, bem como uma solução rápida para os problemas de poluição (SIMEONOV *et al.*, 2003). A Análise de Cluster (AC), ou Análise de Agrupamentos, agrupa as observações em classes (clusters), conforme suas similaridades, de modo que o resultado demonstre uma alta homogeneidade dentro do grupo, e uma alta heterogeneidade entre os grupos (LATTIN *et al.*, 2011).

Outra importante ferramenta de análise, a Análise de Componentes Principais (ACP) é um dos mais utilizados métodos de abordagens para estudar estruturas de dados. Ele destina-se à descoberta e à interpretação de complexas relações casualmente determinadas e características dos conjuntos de dados. Isto é obtido através do estudo da estrutura de dados em uma dimensão reduzida, mantendo presente a quantidade máxima de variabilidade (VIALLE *et al.*, 2011). Caracteriza-se por ser uma técnica de reconhecimento útil aplicado para extração de informação de forma concisa, reduzindo o número de variáveis originais, inter-relacionadas, e variáveis não correlacionadas (WANG *et al.*, 2012).

Quando muitas variáveis são medidas em um grande conjunto de dados, é inevitável que muitos sejam supérfluos e forneçam as mesmas informações, assim a ACP e a Análise Fatorial (AF) visam eliminar a redundância de informações através da obtenção de um pequeno número de variáveis que tornam mais fáceis usar outras técnicas estatísticas multivariadas (SIMEONOV *et al.*, 2002). Esta técnica ainda pode fornecer informações sobre os parâmetros mais significativos, que descreve um conjunto de dados inteiros proporcionando a redução de dados com perda mínima da informação original (VEGA *et al.*, 1998).

Dando sequência às análises multivariadas, conforme trabalho de Shrestha e Kazama (2007), a Análise Fatorial (AF) segue o método da Análise dos Componentes Principais (ACP). O principal objetivo da AF é reduzir a contribuição de variáveis menos significativas para simplificar ainda mais a estrutura de dados vinda da ACP, e o novo grupo de variáveis extraído é conhecido através do eixo de rotação definido pela ACP (VEGA *et al.*, 1998).

Diversos trabalhos no Brasil e no mundo têm utilizado diversas técnicas multivariadas, não só para pesquisas em qualidade da água como em diversos outros campos da ciência. O Quadro 3.2 mostra alguns trabalhos de avaliação de dados de monitoramento da qualidade das águas empregando técnicas multivariadas.

Quadro 3. 2. Pesquisas que usaram técnicas estatísticas multivariadas para avaliação da qualidade da água.

REFERÊNCIA	LOCAL DE ESTUDO	DADOS ANALISADOS	OBJETIVOS	FERRAMENTAS UTILIZADAS	FONTE DE POLUIÇÃO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Vega <i>et al.</i> , 1998	Rio Pisuerga, Espanha	3 pontos de monitoramento 22 parâmetros de qualidade da água 10 coletas	Avaliar a qualidade da água do Rio Pisuerga e a influência que a poluição e a sazonalidade possuem na qualidade da água; Discriminar os efeitos individuais do clima e das atividades humanas na hidroquímica do rio.	ACP; AC; ANOVA; Teste-F	Poluição espacial relacionada a diversas atividades antropogênicas, com relevância também à sazonalidade como variação temporal	Os resultados da ACP mostraram que a análise reteve quatro componentes que explicam 81,5% da variância dos parâmetros. A rotação <i>Varimax</i> originou 4 fatores que explicam 67,8% da variância, sendo o fator 1 interpretado como componente mineral . ACP junto com ANOVA permitiu a identificação de fontes espaciais e temporais de variação que afetam a qualidade do rio.
Simeonov <i>et al.</i> , 2003	Diversos rios no norte da Grécia	27 parâmetros monitorados em 25 pontos de amostragem com frequência mensal	Avaliação dos parâmetros de monitoramento da qualidade das águas superficiais de alguns rios situados na região norte da Grécia.	AC, ACP, regressão	Principais fontes de poluente pontuais (efluentes domésticos e industriais) e poluição difusa (agricultura) são os principais contribuintes para parâmetros biológicos e de nutrientes.	90% da variância total do conjunto de dados relacionados aos fatores de origem orgânica, de nutrientes, físico-química, intemperismo, solo-lixiviação e fatores tóxico-antropogênicos.
Nonato <i>et al.</i> , 2007	Alto curso do rio das Velhas	37 estações de monitoramento 39 parâmetros físico-químicos monitorados 2 anos de monitoramento	Otimização da rede de monitoramento tanto com relação a frequência de amostragem quanto ao número de parâmetros analisados.	AC; ACP	Esgoto doméstico, efluentes industriais, atividades minerárias	Apenas 22 parâmetros, descritos em quatro componentes principais, explicam 80% da variabilidade dos dados. Correlação entre estações agrupadas pela AC sugere redução do número de estações monitoradas.
Shrestha e Kazama, 2007	Rio Fuji, Japão	13 estações de monitoramento 12 parâmetros de qualidade da água 8 anos de monitoramento mensal	Buscar extrair informações sobre as similaridades e dissimilaridades entre pontos de amostragem; Identificar as variáveis responsáveis pela variação espacial e temporal; Identificar a influência de possíveis fontes, naturais e antropogênicas, nos parâmetros de qualidade da água.	AC; AF; ACP; AD	Poluição orgânica (efluentes sanitários) em áreas relativamente menos poluídas; poluição orgânica (efluentes sanitários) e nutrientes (agricultura) em áreas com poluição média; e poluição orgânica e de nutrientes (efluentes sanitários e indústrias) em áreas altamente poluídas na bacia	As 13 estações de amostragem agrupadas em três clusters correspondentes a regiões de baixa, moderada e alta poluição. Seis parâmetros responsáveis por 85% da variabilidade temporal e sete parâmetros correspondendo a mais de 81% da discriminação espacial.
Bu <i>et al.</i> , 2010	Rio Jinshui, China	12 pontos de monitoramento 25 parâmetros de qualidade de água 8 amostragens mensais	Revelar as variabilidades espaciais e temporais da qualidade da água; Identificar os principais fatores e fontes de poluição.	AC e AF	Esgoto doméstico e Agricultura	Cabeceira da bacia com boa qualidade da água, e diminuição desta à medida que se aproxima de regiões agrícolas e urbanizadas; 12 estações agrupadas em três clusters correspondentes aos níveis não, moderadamente e altamente poluído. Cinco fatores explicam 80,4% da variância total
Vialle <i>et al.</i> , 2011	Sudeste da França	50 amostras no período de um ano	Avaliar a qualidade da água da chuva utilizada para descargas de vasos sanitários em uma casa particular no sudoeste da França.	ACP e AC	Maiores níveis de contaminação microbiológica (E. coli e enterococos)	Água coletada com boa qualidade físico-química, mas não atende aos padrões de água potável principalmente devido a elevados níveis de contaminação bacteriana. ACP com 3 componentes responsáveis por 60,0% da variância total; o primeiro como componente iônico, o segundo componente relacionado a carga orgânica e o terceiro por contaminação fecal.

3.4 Aspectos Socioambiental da Bacia do Rio Doce

A bacia hidrográfica, atualmente, é uma das referências mais comuns nos estudos e projetos, não só em função de suas características naturais, mas pelo fato dela estar presente em grande parte da legislação vigente no que diz respeito ao meio ambiente, fazendo parte, portanto, do planejamento territorial e ambiental do Brasil (COELHO, 2007), se mostrando como eficientes unidades de gestão e avaliação do impacto humano ao meio ambiente (MAYER *et al.*, 2014).

São unidades da paisagem que apresentam inúmeros componentes, o que as tornam muito complexas. Assim, qualquer apontamento para o seu manejo adequado é tarefa muito difícil e, muitas vezes, apenas trabalhos técnicos não são suficientes para o alcance da melhor decisão, necessitando uma avaliação integrada. A aplicação de estratégias de gestão e planejamento ambiental deve levar em consideração esses dados, objetivando ao manejo adequado com vistas à sustentabilidade socioeconômica e ambiental (UMETSU *et al.*, 2012)

Ao se realizar a análise de uma bacia hidrográfica, sob a ótica ambiental, é comum se avaliar as diversas variáveis físico-químicas e biológicas dos parâmetros envolvidos para se buscar um diagnóstico real da área. No entanto, entender como foi realizado o processo de ocupação desta região, quais os aspectos socioambientais de destaque e quais as principais vocações econômicas, tem importante papel no seu entendimento e conseqüentemente no planejamento estratégico. Com isso, é possível criar mecanismos para a gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (UMETSU *et al.*, 2012), já que este processo está intimamente ligado à qualidade ambiental da bacia.

Em seu trabalho, Coelho (2009) utilizou um referencial teórico a partir de uma abordagem sistêmica adaptada à realidade socioambiental da bacia em estudo, o que possibilita uma investigação temporal e espacial, e a integração dos elementos e atributos presentes no território, visto que sua aplicação alcança uma análise mais completa dos processos físicos e socioeconômicos contemporâneos. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de considerar as interações entre os setores social, econômico e ambiental, a fim de conduzir estratégias de sustentabilidade. Os fatores culturais, sociais e econômicos devem ser observados e analisados, tendo como indicadores a base dos recursos naturais que os sustenta (SANTOS *et al.*, 2007).

A ocupação da área de estudo, a porção mineira da bacia do rio Doce, teve início no século XVIII, na época da chamada “corrida do ouro”, quando o fluxo migratório se orientou para essa região devido à abundância de metais preciosos aptos a serem explorados (STRAUCH, 1955, p.45). No final do século XVIII, com a redução da atividade mineradora de ouro, a ocupação se deu em regiões de solo fértil e relevo favorável às atividades agrárias e pastoris. No entanto, somente com a criação da Estrada de Ferro Vitória-Minas (construção iniciada em 1901) que a ocupação se estendeu para a região central da bacia, destacando-se Governador Valadares e Coronel Fabriciano (STRAUCH, 1955, p. 51). Ainda com relação ao mesmo autor, a ocupação do leste de Minas Gerais e do vale do rio Doce orientou-se em dois sentidos diversos e em épocas diferentes. Do planalto, e seguindo em direção ao litoral, corresponde o ciclo minerador. Do litoral, seguindo para o interior, a ocupação das terras agrícolas.

A construção desta estrada de ferro, e a expansão das fronteiras agrícolas impulsionaram o processo de desmatamento na região. O ciclo madeireiro foi marcante, a partir de 1910 até o final da década de 60, com a construção de inúmeras serrarias, nas proximidades das matas (BORGO, 1996 *apud* COELHO, 2009). Relatos de Strauch (1955, p.45,98) relacionam a exploração de madeira em Governador Valadares com a chegada da ferrovia, por volta de 1910, principalmente relacionada à utilização de madeira no fornecimento de carvão vegetal para fundição de minério de ferro no local. Tal atividade teve como consequência o aumento de áreas de pasto e o aumento populacional na região. Este cenário também contribuiu para o crescimento da indústria de celulose, uma vez que aumentou a área disponível para o plantio de eucalipto.

O processo de industrialização, na bacia, ocorreu no final da década de 30 com a chegada da ferrovia no município mineiro de Itabira (sub-bacia do rio Piracicaba), que, na década seguinte, passa a escoar regularmente o minério de ferro em direção ao porto de Vitória. Em função dos recursos naturais encontrados na região adjacente à Itabira, associados à rede ferroviária existente, foram criadas condições favoráveis para implantação de um polo siderúrgico conhecido hoje como “Vale do Aço”. Iniciou-se em 1937, com a instalação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, situada às margens do rio Piracicaba e, em 1942, a criação da Companhia Vale do Rio Doce, em Itabira. No ano de 1953, foi inaugurada a siderúrgica Acesita e, em 1975, ocorreu a instalação de outro segmento industrial, a celulose, pela Cenibra (COELHO, 2007).

Na década de 40 houve a introdução do eucalipto nas adjacências das indústrias, de forma a aliviar a pressão sobre os fragmentos florestais naturais praticamente inexistentes, atendendo à demanda, cada vez mais crescente, das siderurgias e indústrias produtoras de celulose. A leste da bacia (município de Linhares – ES), processo semelhante foi notado na década de 50 com a construção da BR – 101, impulsionando a ocupação do norte do Espírito Santo e o avanço da supressão da mata nativa além dos limites da bacia (BORGIO *et al.*, 1996 *apud* COELHO, 2007).

Na década de 1950, conforme assinalado por Strauch (1955, p. 51), a população na bacia era de aproximadamente dois milhões de habitantes, havendo áreas pouco ocupadas e áreas em processo de ocupação. Nos tempos atuais, de acordo com informações do IGAM (2014), existem 203 municípios na porção mineira da bacia, com população total na ordem de três milhões de habitantes, destacando-se, de acordo com o IBGE (2010), os municípios de Ipatinga (239 468 hab.), Governador Valadares (263 689 hab.), Coronel Fabriciano (103 694 hab.) e Itabira (109 783 hab.).

Desta forma, as transformações ambientais mais marcantes na bacia podem ser divididas em dois grupos principais: as causadas pelo “ciclo madeireiro” e as causadas pela industrialização e urbanização, sendo que no segundo grupo destaca-se a região do Vale do Aço. De acordo com Coelho (2009), o segundo grupo contribuiu para o surgimento de municípios, atraindo um grande fluxo migratório principalmente para as cidades de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo, e aumentou ainda mais a exploração de madeira na região (com o objetivo de fornecer carvão para as indústrias siderúrgicas).

As atividades econômicas atuais são bem diversificadas, sendo que as principais são a agricultura na cultura do café e cana-de-açúcar, a pecuária na criação de gado leiteiro, de corte e a suinocultura; grandes empreendimentos mineradores, especialmente o minério de ferro; monocultura de eucalipto; complexo siderúrgico de grande porte; indústria de celulose e laticínios; setor terciário (comércio e serviços nos centros urbanos); além da geração de energia elétrica (CUPOLILLO *et al.*, 2008; CBH Doce, 2014). Destas, a mineração se destaca, uma vez que a região abriga o maior complexo siderúrgico da América Latina, e é local de operação de grandes empresas, como a Aperam (antiga Acesita), Usiminas, Vale e a Companhia Siderúrgica Belgo Mineira. (CBH Doce 2009).

3.4.1 Estudos Socioambientais em outras bacias

Diversos trabalhos buscaram uma análise integrada de variáveis ambientais com os aspectos socioeconômicas, obtendo desta forma análises mais próximas às realidades locais. Santos *et al.* (2007) em seu trabalho teve como objetivo analisar os aspectos hidrológicos e socioeconômicos da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, localizado no município de Viçosa, na região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. A partir da análise de diversos fatores como dados de uso e ocupação do solo, qualidade da água, fatores físicos da bacia, dados referentes à vazão, elevações, precipitação, tipo de solo, associados aos aspectos sociais e econômicos, obtidos por meio de entrevistas semi-estruturadas, foi possível compreender melhor a organização social e o manejo de uso da terra das propriedades. Desta forma foi possível apontar os indicadores de degradação, assim como estratégias de manejo adequadas à melhoria ambiental que venham contribuir e garantir a sustentabilidade da bacia. O autor destaca que para uma melhor intervenção na área, é necessário a interação entre os aspectos econômicos, ambientais e culturais, uma vez que interferirão no grau de organização e união dos proprietários das terras e moradores da bacia hidrográfica.

Umetsu *et al.* (2012), realizou em seu trabalho estudos morfométricos e socioambientais na bacia hidrográfica do rio Monte Sinai, em Carlinda, MT, visando à criação de subsídios para sua gestão, planejamento e sustentabilidade ambiental. As análises morfométricas e socioambientais desenvolvidas no estudo apresentaram-se como ferramentas importantes para o diagnóstico da bacia hidrográfica em foco para fins de conservação ambiental e, dessa forma, podem ser aplicadas a outros locais. Foram apontados indicadores de degradação, assim como estratégias de manejo adequadas à melhoria ambiental que venham a contribuir e garantir a sustentabilidade ambiental da bacia. Desta forma o autor destaca a integração dessas estratégias como fundamental para o manejo adequado da bacia hidrográfica em foco, visando a melhorias das condições sociais, econômicas e ambientais.

No trabalho de Mayer *et al.* (2014) foi feita uma classificação da porção norte-americana da bacia dos Grandes Lagos, de acordo com uma vasta gama de características sociais e ambientais. A classificação desta bacia hidrográfica proporcionou a organização dos princípios de uma gestão efetiva, a partir de estratégias de desenvolvimento e monitoramento. A análise foi realizada a partir de um sistema robusto de classificação de 12 aspectos sociais e ambientais escolhidos para refletir o estado dos recursos hídricos na bacia, utilizando técnicas multivariadas como a análise de cluster. Dentro dessas classificações, foram observadas as

relações entre os impactos sobre os recursos hídricos com diversas variáveis, como o meio físico, a demografia, o uso do solo, e as características sociais da região. Foram obtidos como principais resultados a divisão de áreas de agricultura de alto e baixo impacto sobre os cursos d'água, observada a influência da sazonalidade nos resultados, assim como a influência de zonas úmidas, além do índice socioeconômico da população residente na área. Desta maneira o autor destaca a importância de se ter diferentes estratégias de proteção e conservação para diferentes áreas da bacia.

4. COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO DOCE PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS MAIS IMPACTADAS

4.1 Introdução

O objetivo principal deste capítulo é apresentar a análise realizada dos dados de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce, bem como de cada UPGRH, buscando identificar as áreas mais impactadas. Este estudo objetiva também avaliar a possível degradação dos recursos hídricos sob o ponto de vista legal, neste caso em relação à conformidade junto a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 e a classe de enquadramento de cada rio onde estão localizadas as estações de monitoramento. Esta análise fornece ainda embasamento para verificação e interpretação dos resultados das análises multivariadas realizadas no presente trabalho.

4.2 Organização e sistematização dos dados de monitoramento da qualidade das águas da porção mineira da bacia do rio Doce

4.2.1 Metodologia

Foram utilizados dados de monitoramento de qualidade da água fornecidos pelo IGAM, referentes ao Programa Águas de Minas para a porção mineira da Bacia do Rio Doce. No entanto, para a análise dos dados foi necessário primeiramente uma organização e sistematização do banco de dados.

Estes dados, organizados em planilhas Excel, foram divididos por estação de monitoramento, para cada uma das seis UPGRHs separadamente, considerando o ano de implementação da estação de monitoramento e a frequência de amostragem. Os dados fornecidos pelo IGAM compreendem o período de julho de 1997 a junho de 2014, com 64 estações de monitoramento, totalizando 108.748 observações analisadas, além de datas, horários de coletas e condição do tempo.

Os dados apresentam frequência de monitoramento semestral, trimestral e, em alguns casos, mensal. Com relação ao número de parâmetros de monitoramento analisados, eles variam de 55 a 64 entre as estações de amostragem na área de estudo. Vale salientar que o parâmetro *Escherichia coli* passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes, a partir

da primeira campanha de 2013 no mês de janeiro. A justificativa procede, pois a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando presente em densidade elevada nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou no solo que não tenham recebido contaminação fecal (CETESB, 2009).

Outra informação presente refere-se aos dados censurados que são dados nos quais o valor encontrado para a amostra é inferior ao Limite de Detecção do Método – LDM. Estes valores foram substituídos pelo próprio valor do limite, considerando o pior cenário possível. O Quadro 4.1 mostra a lista dos parâmetros com maior frequência de análise nas estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce.

Quadro 4. 1. Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem da porção mineira da bacia do rio Doce.

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

*Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias (abril a junho e outubro a dezembro)

#Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

Diante dessa heterogeneidade, foi necessário selecionar um banco de dados que permitisse a aplicação das técnicas multivariadas. Essa etapa de tratamento prévio foi realizada em três fases: seleção das estações de monitoramento bem como da frequência de monitoramento, definição do período de estudo e a seleção dos parâmetros de qualidade da água. Para estas análises multivariadas, optou-se por utilizar apenas dados com uma frequência de monitoramento trimestral, já que isto permitiu analisar uma maior série de dados.

A escolha do período foi feita com base no percentual de dados faltantes e de dados censurados de cada parâmetro de qualidade da água, considerando os dados de todas as estações. Após análise detalhada do banco de dados, optou-se por eliminar aqueles que apresentaram mais de 10% de dados faltantes e mais de 90% de dados censurados, critérios já utilizados em outros trabalhos (OLSEN *et al.*, 2012; ARAUJO, 2014; CALAZANS, 2015),

chegando assim a um banco de dados com 16 parâmetros de monitoramento, para todas as 64 estações no período de outubro de 2008 a abril de 2014.

A análise relativa aos possíveis *outliers* foi considerada desnecessária e não realizada. Outros trabalhos (TRINDADE, 2013; CALAZANS, 2015) realizados no estado de Minas Gerais tem feito este tipo de avaliação nos dados de monitoramento, pelo método da amplitude interquartil (NAGHETTINI e PINTO, 2007), e em nenhuma situação foi encontrado um valor *outlier* de ocorrência impossível, ou seja, alguma ocorrência que não possa ser explicada por algum evento extremo como, por exemplo, elevada pluviosidade. Associado a isso, o IGAM realiza uma análise de consistência no banco de dados antes de disponibilizá-los ao público. O mesmo pode-se dizer com relação à avaliação quanto à distribuição dos dados. Diversos estudos mostram que os dados ambientais possuem distribuição assimétrica (CARVALHO, 2003; CHRISTOFARO, 2009; TRINDADE, 2013; ALMEIDA, 2013; CALAZANS, 2015).

Uma condição necessária para a realização dos testes multivariados foi a padronização dos dados em escala Z, ou seja, as observações foram padronizadas pela subtração da média e divisão pelo desvio-padrão de cada variável ($Z = (X - \mu) / \sigma$), o que resulta em variáveis com média 0 e desvio padrão 1, com a mesma escala. A padronização dos dados na escala Z, é importante para evitar classificações erradas devido às diferenças na dimensão dos dados, eliminando a possível influência de diferentes unidades de medida, tornando os dados adimensionais (SIMEONOV *et al.*, 2002; SINGH *et al.*, 2004; ZHANG *et al.*, 2011).

4.2.2 Resultados e Discussão

O banco de dados utilizado para o desenvolvimento da pesquisa é composto por coletas de frequência trimestral, compreendidas no período de outubro de 2008 a abril de 2014, obtido após a exclusão de alguns parâmetros, considerando todos os critérios mencionados na metodologia. Desta forma restaram 16 parâmetros e 23.253 observações aptas à realização dos testes. O Apêndice I (Tabela I.1) apresenta os parâmetros excluídos do banco de dados e a justificativa para tal exclusão. O Quadro 4.2 apresenta os 16 parâmetros mantidos no banco de dados, a notação de referência e as unidades de medida.

Quadro 4. 2. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros estudados, presentes no banco de dados disponibilizados pelo IGAM.

Parâmetro	Notação de referência	Unidade
Cloreto total	Cl-T	mg/L Cl
Clorofila <i>a</i>	Cl- <i>a</i>	µg/L
Coliformes termotolerantes	Coli. term.	NMP/100 ml
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	CE	µmho/cm
Demanda Química de Oxigênio	DQO	mg/L O ₂
Feofitina- <i>a</i>	Feof.	µg/L
Fósforo total	PT	mg/L P
Nitrato	N-NO ₃ ⁻	mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	N-H ⁴⁺	mg/L N
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O ₂
pH <i>in loco</i>	pH	-
Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg/L
Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L
Sólidos Totais	ST	mg/L
Temperatura da água	TH ₂ O	°C
Turbidez	Turb.	UNT

A partir da escolha do banco de dados, foi realizada a estatística descritiva, obtendo-se resultados para as medidas de tendência central e medidas de dispersão, além dos percentis 10, 25, 50, 75 e 90, tanto para os dados de cada parâmetro por estação de monitoramento, quanto por sub-bacia. Estes resultados encontram-se no Apêndice I (Tabelas I.2 a I.23).

4.3 Conformidade junto a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008

4.3.1 Metodologia

A primeira etapa do processo de avaliação da conformidade dos dados junto à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, foi excluir todos os parâmetros que não possuem limite legal conforme legislação (Tabela 1 do Anexo 1). Portanto, foram analisados 35 parâmetros de monitoramento conforme o limite definido para a classe de enquadramento. Este número de parâmetros é superior à análise anterior, pois para avaliação do percentual de violação não são necessários os mesmos requisitos dos testes multivariados, como por exemplo a homogeneidade dos dados. Foram avaliados, assim, dados das 64 estações de monitoramento referentes às três frequências de monitoramento (mensal, trimestral e semestral) no período de outubro de 2008 a abril de 2014, com um total de 39.120 observações de dados brutos.

Buscando identificar os parâmetros responsáveis pela maior degradação ambiental na bacia, foi adotada a metodologia utilizada por Almeida (2013), na qual a autora estabelece um percentual de 20% de violações do total de amostras como sendo um valor no qual os

parâmetros podem ser considerados mais críticos com relação à degradação ambiental. Vale salientar que para a discussão dos resultados foram utilizados trabalhos acadêmicos que retratem a situação da qualidade da água na bacia do rio Doce, e dados obtidos junto ao Portal Nacional do Licenciamento Ambiental - PNLA

4.3.2 Resultados

Primeiramente vale salientar que dos 35 parâmetros analisados, não serão discutidos os resultados referente aos parâmetros mercúrio total, sulfeto e cianeto livre, uma vez que para estes o valor do limite de detecção do método analítico é superior ao valor preconizado na legislação, impedindo uma análise precisa. Após análise do percentual de violação dos 32 parâmetros restantes, os resultados referentes às 64 estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce são apresentados na Tabela I.26 do Apêndice I. Para melhor visualização, o Quadro 4.3 resume os resultados em: parâmetros que não apresentaram nenhuma violação, representados pela cor verde e a letra “N”; parâmetros que apresentaram percentual de violação inferior a 20%, representado pela cor amarela e letra ‘P’; e os parâmetros que apresentaram percentual de violação superior a 20%, representado pela cor vermelha e a letra “V”, classificados como críticos conforme metodologia adotada.

Quadro 4. 3 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Doce no período de outubro de 2008 a abril de 2014.

Parâmetros	RD001	RD004	RD007	RD009	RD013	RD018	RD019	RD021	RD023	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032
Alumínio dissolvido	P	N	P	N	P	P	P	P	P	P	P	N	P	P	P	P
Arsênio total	N	N	N	V	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cádmio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Chumbo total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N	P	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N
Cobre dissolvido	N	N	N	N	P	N	P	N	N	N	N	N	N	P	N	N
Colif. Termot.	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Cor verdadeira	V	V	V	P	V	V	P	P	P	P	P	P	P	V	P	P
Cromo total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
DBO	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Densidade de cianobactérias	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Fenóis totais	P	P	N	N	N	N	P	P	N	N	N	P	P	N	N	N
Ferro dissolvido	V	P	V	N	V	V	P	N	N	P	V	P	P	P	P	P
Fósforo total	P	P	P	V	P	V	N	N	P	P	P	P	P	V	N	P
Manganês total	V	V	V	V	V	V	V	P	V	V	V	V	V	V	V	V
Níquel total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Oxigênio Diss.	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
pH in loco	P	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	P	N	N	N	N
Selênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SDT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SST	P	P	V	V	V	V	N	N	V	P	P	N	P	V	P	P
Substâncias tensoativas	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Turbidez	P	P	P	P	P	V	P	P	P	P	V	N	P	P	P	P
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	N	Nenhuma Violação			P	Violação < 20% das amostras					V	Violação > 20% das amostras				

Quadro 4. 3 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Doce no período de outubro de 2008 a abril de 2014 (Continuação).

Parâmetros	RD033	RD034	RD035	RD039	RD040	RD044	RD045	RD049	RD053	RD056	RD057	RD058	RD059	RD064	RD065	RD067
Alumínio dissolvido	P	P	P	P	P	P	P	P	P	V	P	V	V	P	V	V
Arsênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cádmio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Chumbo total	P	N	P	N	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N	N	N	N	N	P	P	N	P	N	N	P	P	N	P	P
Cobre dissolvido	N	N	N	P	N	N	N	N	N	P	N	N	P	N	N	N
Colif. Termot.	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Cor verdadeira	V	P	P	P	V	P	V	V	P	V	P	P	P	P	P	P
Cromo total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N
DBO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N	N	P	N	N	N
Densidade de cianobactérias	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	P	P	N	N
Fenóis totais	N	P	P	N	P	P	P	N	N	P	P	P	N	N	N	N
Ferro dissolvido	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	P	P	V	V	V	V
Fósforo total	V	N	P	P	P	P	P	P	P	V	P	P	P	P	P	P
Manganês total	V	V	V	P	P	V	P	V	P	V	V	V	P	P	V	P
Níquel total	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	P	N	N	N	N	N
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N
Oxigênio dissolvido	N	N	N	N	N	N	N	N	N	V	N	N	N	N	N	N
pH in loco	N	N	N	V	P	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N
Selênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SDT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SST	P	P	V	P	P	P	P	V	P	V	V	P	P	P	P	P
Subst. tensoativas	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Turbidez	P	P	P	P	P	P	P	V	P	V	P	P	P	P	P	P
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N
	N	Nenhuma Violação				P	Violação < 20% das amostras				V	Violação > 20% das amostras				

Quadro 4. 3 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Doce no período de outubro de 2008 a abril de 2014 (Continuação).

Parâmetros	RD068	RD069	RD070	RD071	RD072	RD073	RD074	RD075	RD077	RD078	RD079	RD080	RD081	RD082	RD083
Alumínio dissolvido	N	P	P	P	P	P	N	N	P	P	P	P	P	P	N
Arsênio total	N	N	N	V	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cádmio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Chumbo total	N	P	P	P	P	P	N	N	N	N	P	P	P	N	P
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	P	N	P
Cobre dissolvido	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	P	N	N
Coliformes termot.	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Cor verdadeira	P	P	V	P	P	V	N	P	V	P	P	P	V	P	P
Cromo total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
DBO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N
Densidade de cianobactérias	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Fenóis totais	N	N	N	P	P	N	N	P	P	N	P	N	N	V	N
Ferro dissolvido	P	V	P	N	P	V	P	N	V	P	P	V	V	P	V
Fósforo total	P	P	P	P	P	P	N	P	P	N	N	P	P	N	P
Manganês total	V	P	V	V	V	V	V	V	V	P	N	P	P	P	P
Níquel total	N	P	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Oxigênio dissolvido	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
pH in loco	V	N	N	N	N	N	P	N	V	P	P	P	P	P	N
Selênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SDT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SST	N	P	V	V	P	V	P	P	V	N	N	P	P	P	P
Substâncias tensoativas	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Turbidez	N	P	V	P	P	P	P	P	V	N	N	P	P	P	P
Zinco total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	P	N	P	N
	N	Nenhuma Violação				P	Violação < 20% das amostras				V	Violação > 20% das amostras			

Quadro 4. 3 Quadro resumo da análise de violação aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada estação de monitoramento da bacia do rio Doce no período de outubro de 2008 a abril de 2014 (Continuação).

Parâmetros	RD084	RD085	RD086	RD087	RD088	RD089	RD090	RD091	RD092	RD093	RD094	RD095	RD096	RD097	RD098	RD099
Alumínio dissolvido	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	V	P	V	P	P	N
Arsênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Bário total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Boro total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Cádmio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Chumbo total	P	N	N	P	P	P	N	N	N	P	P	N	P	P	N	N
Cloreto total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Clorofila a	N	N	N	N	N	P	P	P	N	N	N	N	N	N	P	N
Cobre dissolvido	N	N	N	N	P	N	N	N	P	N	N	N	P	P	N	N
Colif. Termot	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Cor verdadeira	P	P	P	V	V	V	V	N	V	P	P	P	P	P	N	V
Cromo total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
DBO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Densidade de cianobactérias	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Fenóis totais	P	P	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Ferro dissolvido	V	V	V	V	V	P	V	V	V	V	V	V	P	V	P	V
Fósforo total	P	N	P	P	P	P	P	P	N	P	P	N	P	P	N	P
Manganês total	P	P	P	V	V	P	V	V	P	V	V	V	P	P	N	V
Níquel total	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrato	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrito	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nitrogênio amoniacal total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Oxigênio dissolvido	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N
pH in loco	P	P	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	P	N	N	P
Selênio total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SDT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SST	P	N	P	P	V	P	P	P	P	P	P	N	P	P	N	P
Substâncias tensoativas	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Sulfato total	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Turbidez	P	P	P	P	V	P	P	P	P	P	N	N	P	P	N	P
Zinco total	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	N	Nenhuma Violação				P	Violação < 20% das amostras				V	Violação > 20% das amostras				

O quadro 4.3 permite a visualização dos principais parâmetros que apresentam o maior percentual de violação por estação de monitoramento, indicados pela cor vermelha e amarela, como os coliformes termotolerantes, o ferro dissolvido, o manganês total, cor verdadeira, sólidos em suspensão totais, turbidez, alumínio dissolvido e o fósforo total.

Esta situação é semelhante à encontrada na análise do percentual de violação das amostras por sub-bacia. O Quadro 4.4 mostra este percentual para cada uma das seis sub-bacias, com destaque para as sub-bacias do rio Suaçuí Grande e do rio Caratinga (DO4 e DO5) por apresentarem os maiores percentuais de violação, seguidos das sub-bacias do rio Piranga e Piracicaba (DO1 e DO2) que também apresentam expressiva violação, principalmente relacionadas aos coliformes termotolerantes e ao manganês total.

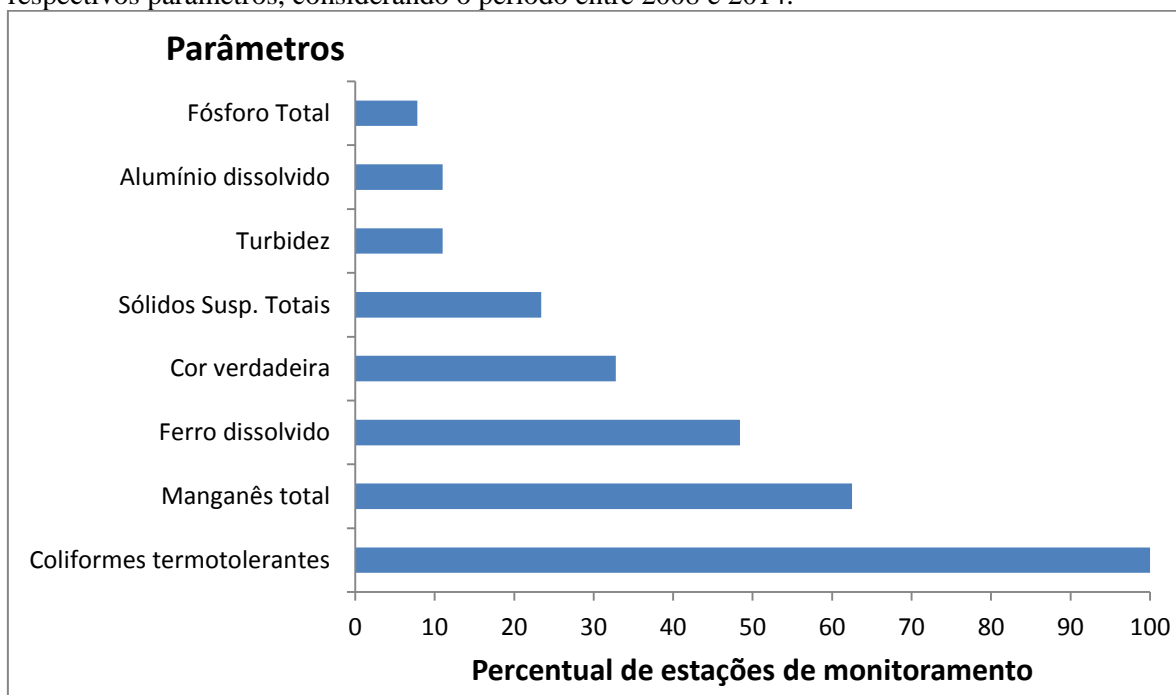
Quadro 4.4. Quadro resumo da análise do percentual de violação das amostras aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08, para cada UPGRH da bacia do rio Doce.

Parâmetros	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Alumínio dissolvido	9,5	9,4	12,6	13,8	16,3	20,2
Arsênio total	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bário total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chumbo total	2,3	2,4	4,6	7,3	5,8	4,8
Cloreto total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorofila a	0,9	0,0	0,6	2,4	2,6	3,5
Cobre dissolvido	0,4	0,7	1,3	0,7	1,7	1,5
Coliformes termotolerantes	75,3	75,1	58,8	68,9	77,9	57,6
Cor verdadeira	19,0	17,7	15,8	21,7	21,0	11,3
Cromo total	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,2	0,0	0,6	0,0	6,0	0,4
Densidade de cianobactérias	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	0,8
Fenóis totais	3,0	3,2	4,2	3,5	5,3	0,0
Ferro dissolvido	19,8	20,7	22,9	24,7	36,2	23,5
Fósforo total	12,7	10,2	3,7	10,6	18,2	5,7
Magnésio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganês total	44,8	63,4	7,5	26,2	53,2	16,1
Níquel total	0,6	0,0	0,0	1,4	1,1	0,0
Nitrato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio amoniacal total	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Oxigênio dissolvido	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0
pH in loco	1,7	2,0	13,7	2,6	0,5	1,1
Selênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos dissolvidos totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos em suspensão totais	16,9	12,0	5,0	10,1	13,1	4,6
Substâncias tensoativas	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
Sulfato total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	15,0	16,2	5,6	11,0	12,0	5,7
Zinco total	0,0	0,0	4,0	0,3	1,1	0,0

As sub-bacias do rio Santo Antônio (DO3) e do rio Manhuaçu se apresentaram como as UPGRHs com menores percentuais de violação da porção mineira da bacia do rio Doce quando comparadas com as demais, se apresentando portanto como as menos impactadas para os parâmetros observados.

Aplicando a metodologia utilizada por Almeida (2013), a Figura 4.1 mostra o percentual de estações de monitoramento na bacia do rio Doce em estado crítico, considerando o período entre 2008 e 2014.

Figura 4. 1. Porcentagem de estações de monitoramento na bacia do rio Doce em estado crítico para os respectivos parâmetros, considerando o período entre 2008 e 2014.



Como pode ser observado o parâmetro mais crítico para a porção mineira da bacia do rio Doce são os coliformes termotolerantes. Em todas as 64 estações este parâmetro violou em mais de 20% o número de amostras. Vale salientar que para este parâmetro a violação foi bem superior ao valor crítico determinado (Tabela I.26, Apêndice I), com uma violação média de 70,3% das amostras. Isso pode ser devido principalmente ao elevado lançamento de esgoto sanitário sem o devido tratamento ao longo da bacia.

Os parâmetros manganês total e ferro dissolvido também apresentaram alto percentual de violação, apresentando-se como críticos em 63% e 49% das estações respectivamente, mostrando mais uma vez a importância da atividade mineradora na região, aliada à ocorrência natural destes elementos nos solos. A alta concentração de manganês nas águas superficiais pode ser proveniente de diversas atividades antrópicas e naturais. Este metal é amplamente utilizado no ramo siderúrgico (produção de aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias), indústrias têxteis (tintas), e outras indústrias químicas (vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes). O aporte de manganês e ferro dissolvido na água superficial pode ser resultado do carreamento de solos e ocorrência de processos de erosão nas margens do rio ou por efluentes industriais. O ferro pode ser proveniente de efluentes de decapagem (remoção da ferrugem) em indústrias metalúrgicas (CETESB, 2009).

Estes valores foram seguidos da cor verdadeira que se apresenta como um parâmetro crítico para 33% das estações, e conforme Cetesb (2009), podem estar relacionados à elevada concentração de compostos inorgânicos capazes de causar cor na água. E novamente destaque para os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Embora esses metais estejam associados à geologia regional, seu transporte para as águas superficiais pode ser potencializado pela mineração, assim como pelo lançamento dos despejos da metalurgia, atividades econômicas dominantes na bacia (IGAM, 2010b).

Outros parâmetros que merecem destaque nestas análises são os relacionados ao aporte de sólidos nos cursos d'água. Sólidos em suspensão totais e a turbidez apresentaram considerável percentual de violação em grande parte da bacia, o que está diretamente ligado às principais atividades da região e ao desmatamento ao longo desta, onde o próprio processo de ocupação foi marcado por elevado desmatamento ocorrido principalmente na década de 60 no denominado ciclo madeireiro. Com relação à série de sólidos de uma maneira geral, entre 25 e 30% das estações se encontram em estado crítico, corroborando o que vem sendo observado com relação ao elevado aporte de sólidos na bacia e o aumento na turbidez. Conforme Cetesb (2009), a atividade de mineração, além da erosão das margens dos rios em estações chuvosas, intensificada pelo mau uso do solo, tem importante papel neste cenário resultando no aumento da turbidez das águas. Situação esta característica da área de estudo.

O alumínio dissolvido também se apresentou importante para a bacia, com estado crítico observado em 15% das estações de monitoramento. Conforme Cetesb (2009), este parâmetro pode estar associado a indústria na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. O aumento da concentração de alumínio também está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez, característica evidenciada na área de estudo. Conforme levantamento junto ao PNLA, a indústria da tipologia “Serralheria, fabricação de esquadrias, tanques e reservatórios” se destaca na bacia como uma das mais presentes, com 448 empreendimentos na porção mineira da bacia.

Ainda com relação aos parâmetros denominados críticos, o fósforo apresenta-se como importante parâmetro, uma vez que 14% das estações encontram-se em estado crítico. Este poluente caracteriza-se por estar relacionado a diversas fontes, aparecendo em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral,

conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas.

As águas drenadas de áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2009). As diversas atividades mencionadas que possuem relação com o fósforo, retratam a economia da porção mineira da bacia do rio Doce, corroborando os dados da Tabela 3 do Anexo 1 que mostra o levantamento das atividades licenciadas pela SEMAD e IBAMA.

Parâmetros como o chumbo total, o cobre dissolvido e os fenóis totais também merecem destaque devido à elevada toxicidade dos elementos, pois embora estes não se apresentem como críticos para as estações de monitoramento, um menor percentual de violação pode causar sérios danos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos, já que em praticamente todas as sub-bacias apresentaram percentual de violação.

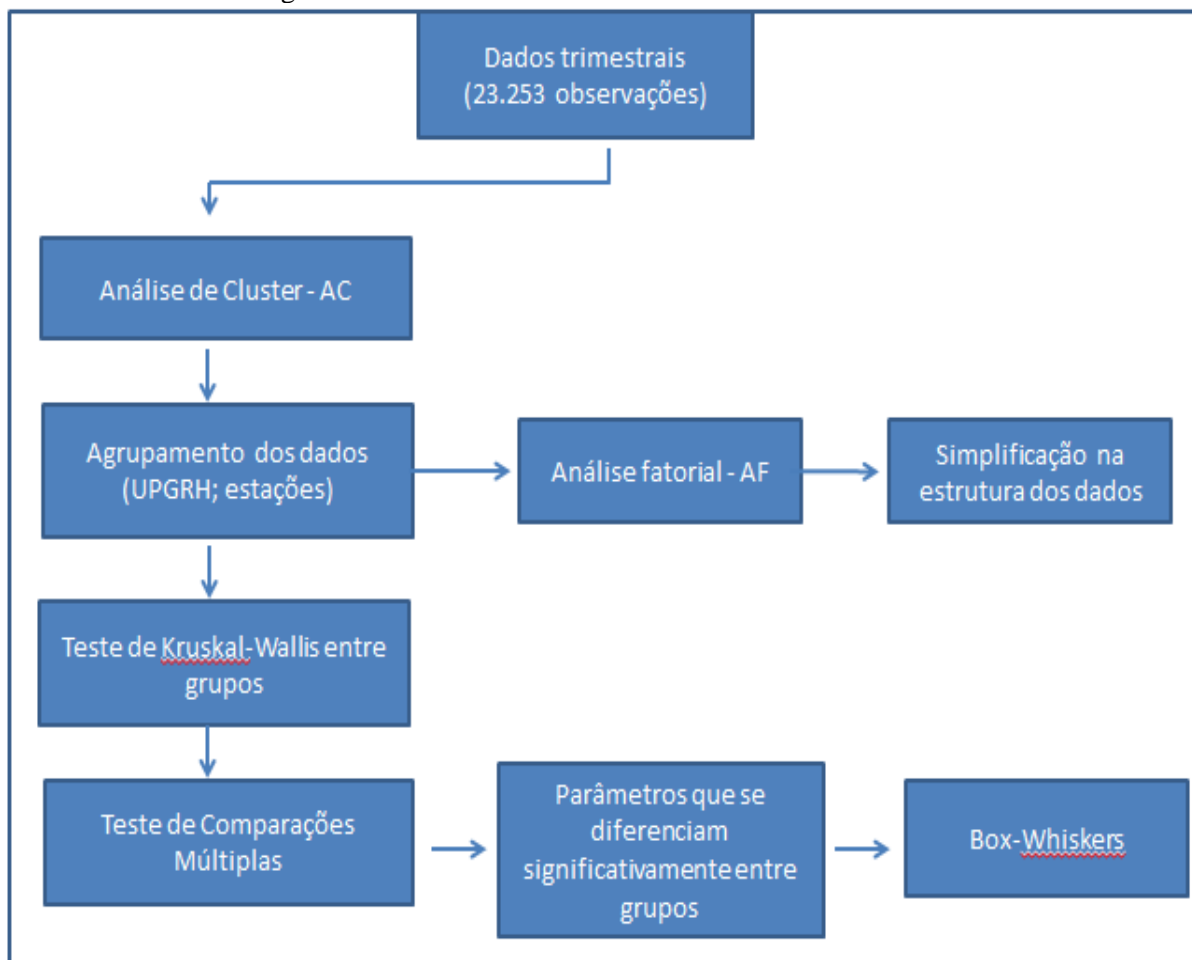
Por outro lado há de se destacar também os diversos parâmetros que não apresentam risco à bacia, uma vez que em nenhum momento observado violaram os padrões de qualidade da água conforme Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008. Conforme Quadro 4.3, os parâmetros Bário total, Boro total, Cádmio total, Cloreto total, Magnésio total, Nitrato, Nitrito, Selênio total, Sólidos dissolvidos totais e o Sulfato total em nenhuma das amostras observadas para o período de análise apresentou violação. Desta forma, principalmente devido aos custos associados ao monitoramento, estes parâmetros podem ter sua frequência de monitoramento revisada, priorizando-se os parâmetros mais impactantes da bacia.

4.4 Análises multivariadas dos dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do rio Doce

4.4.1 Metodologia

Finalizada a etapa inicial de preparação dos dados, conforme item 4.2, para se encontrar as áreas mais impactadas foram realizadas análises multivariadas. Estas análises foram realizadas utilizando o software Statística 10.0. O fluxograma da Figura 4.2 resume os principais procedimentos realizados na análise.

Figura 4.2 Fluxograma da metodologia para comparação da qualidade das águas superficiais das UPGRH da Bacia hidrográfica do rio Doce.



A Análise de Cluster (AC) foi empregada com o objetivo de avaliar a similaridade das estações de monitoramento e sub-bacias, em função das concentrações dos parâmetros de qualidade da água. Para isto, foi utilizado o método aglomerativo hierárquico, de ligação completa, considerando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade (TRINDADE, 2013). Estas análises foram realizadas primeiramente para os dados de monitoramento de toda a bacia, buscando agrupar as 64 estações de monitoramento e assim identificar as áreas mais impactadas. Posteriormente foi realizada análise semelhante para a identificação da sub-bacia mais impactada, buscando identificar dentro de cada UPGRH as estações que apresentam maiores valores de concentração dos parâmetros de monitoramento.

Com relação às análises por UPGRH foram utilizadas as medianas das concentrações dos dados de monitoramento. Isso foi necessário para homogeneizar o número de dados entre as UPGRHs, pois cada uma possui um número diferente de estações de monitoramento e

consequentemente de dados. Para as demais análises, foram utilizados dados brutos padronizados.

Uma importante observação a ser levada em consideração na AC refere-se ao número de grupos a ser formado. Esta definição depende basicamente da locação da linha de Fenon (linha de corte) no dendrograma (VICINI, 2005). O critério para escolha do valor de corte foi o mesmo utilizado por Calazans (2015), que adotou a distância média entre as maiores distâncias de ligação, onde os grupos apresentam as maiores diferenças. Após a formação dos grupos, a estatística descritiva e os testes de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas, ao nível de significância (α) de 5%, serviram de ferramentas complementares para a interpretação e justificativa da formação dos grupos.

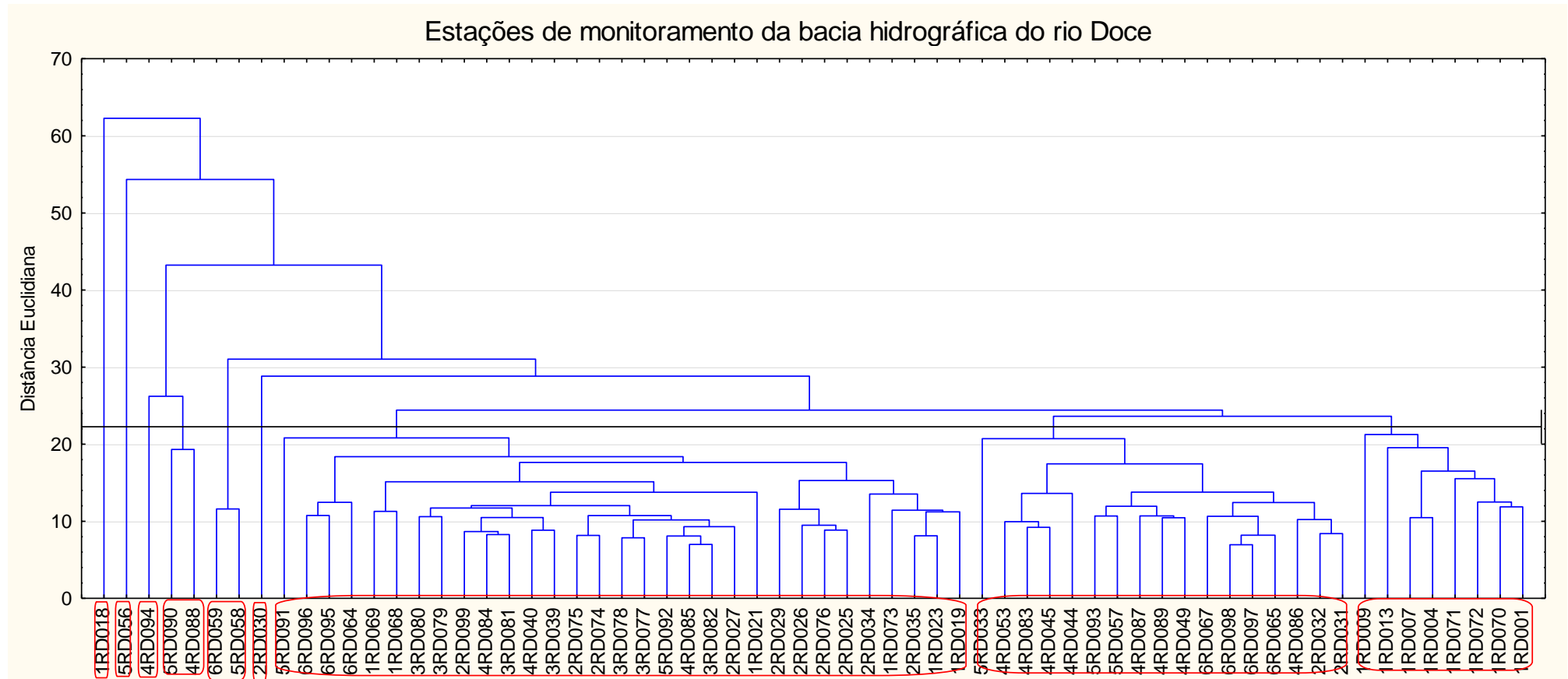
Em etapa posterior, o percentual de violação dos parâmetros junto à Deliberação Normativa Conjunta COPAM 01/2008 também foi utilizado para confirmar a coerência dos agrupamentos formados.

A Análise Fatorial (AF) utilizou a rotação *varimax*, visando reduzir a complexidade do banco de dados de monitoramento, identificando os principais parâmetros responsáveis por explicar a maior variabilidade da qualidade da água e as diferentes fontes de poluição atuantes em cada grupo formados pela AC. Gráficos Box-Whisker foram gerados para melhor visualização dos resultados.

4.4.2 Resultados e Discussão

A Análise de Cluster utilizou a distância euclidiana de 22,43 como linha de corte, conforme metodologia apresentada anteriormente. Pode-se observar no dendrograma da Figura 4.3, os agrupamentos das 64 estações de monitoramento da bacia do rio Doce, formando nove grupos.

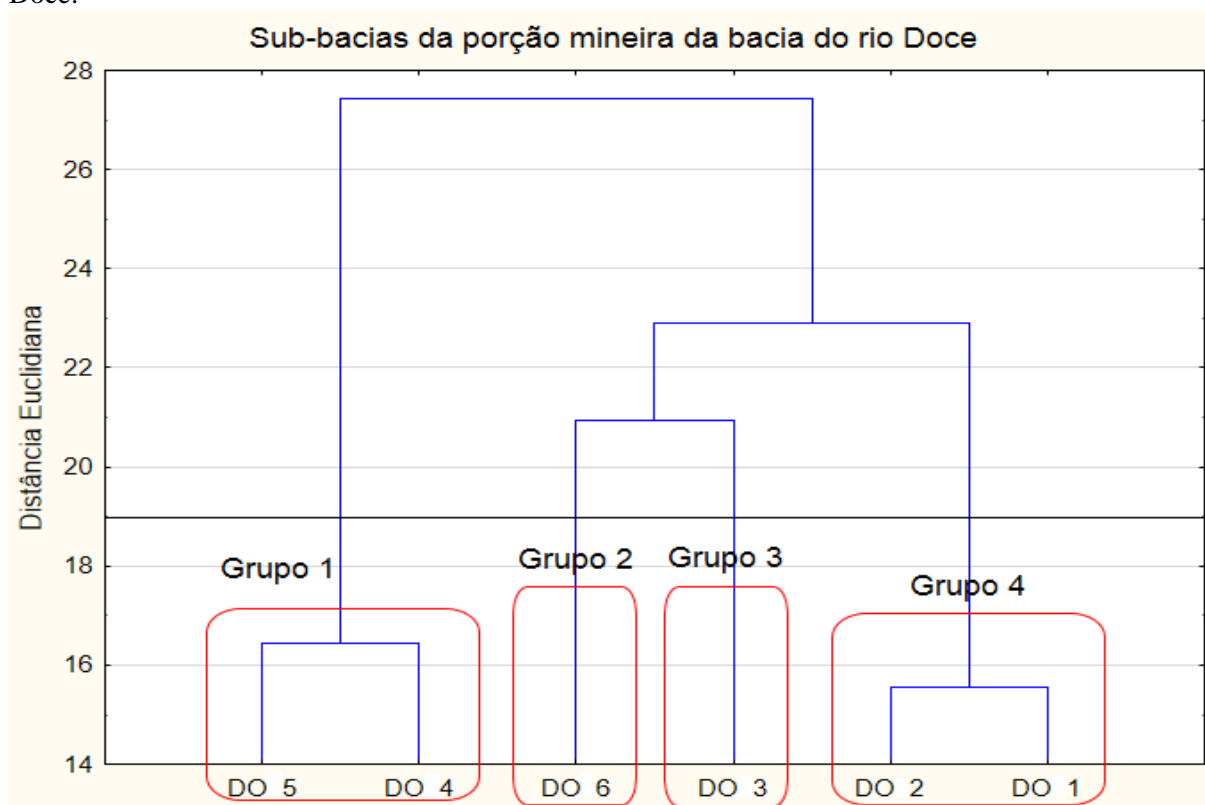
Figura 4. 3. Dendrograma da análise de Cluster para as estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce.



Cada estação apresentada no dendrograma possui na sua identificação um número que varia de um a seis, representando respectivamente cada uma das seis UPGRHs (DO1, DO2, DO3, DO4, DO5, DO6) existentes indicando, portanto, a qual sub-bacia cada estação pertence. Essa nomenclatura foi utilizada buscando auxiliar a interpretação dos grupos formados. Como podem ser observados, alguns dos nove grupos formados apresentaram um grande número de estações, chegando a 31 estações no maior deles, representado pelas seis sub-bacias e 17 estações em outro, representado por cinco sub-bacias. Esta heterogeneidade dentro do grupo dificulta a análise e a interpretação dos resultados encontrados, ainda mais por se tratar de uma área de estudo de dimensões consideráveis.

Diante dessa questão optou-se, em uma segunda fase, por realizar a análise por sub-bacia, agrupando-as por similaridade, sendo posteriormente realizada nova AC por estação de monitoramento dentro da sub-bacia mais impactada. Desta forma foi possível interpretar mais seguramente os resultados obtidos, possibilitando a identificação das áreas mais impactadas, bem como das mais preservadas. A Figura 4.4 mostra o dendrograma da análise de Cluster para as medianas das concentrações dos 16 parâmetros analisados nas sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce.

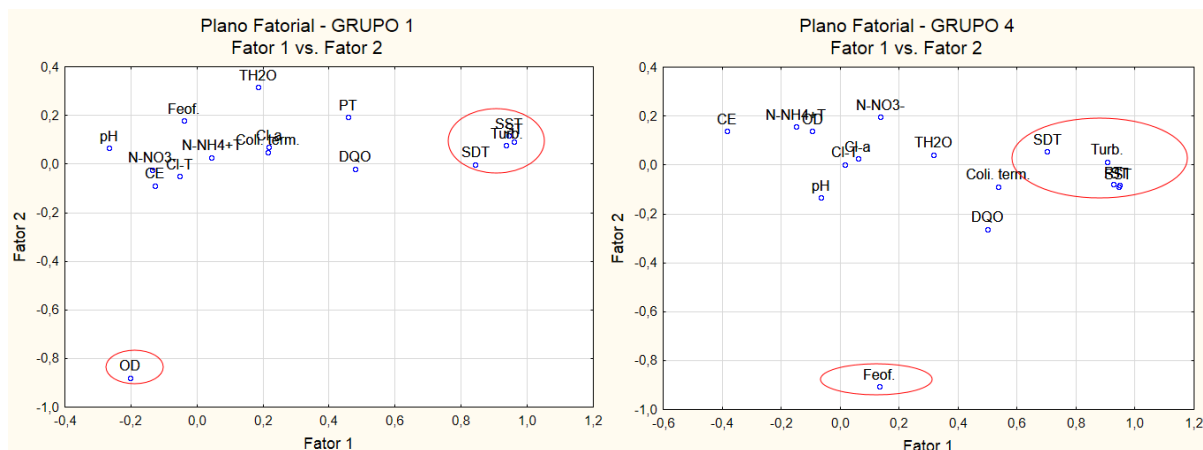
Figura 4. 4. Dendrograma da análise de Cluster para as sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce.



Como pode ser observado, foi adotado 18,69 como valor de corte, conforme metodologia citada anteriormente (VICINI, 2005; CALAZANS, 2015), gerando quatro grupos. O grupo 1 é formado por duas sub-bacias, a do rio Suaçuí – DO4 e a do rio Caratinga – DO5. O grupo 2 e o grupo 3, formado pelas sub-bacias do rio Manhuaçu – DO6 e do rio Santo Antônio – DO3, respectivamente. Estas se destacam por se apresentarem isoladas do restante. E o grupo 4, formado pelas sub-bacias do rio Piranga – DO1 e do rio Piracicaba – DO2. Os agrupamentos 1 e 4 podem ser atribuídos à localização geográfica das sub-bacias, que se encontram uma ao lado da outra.

Os resultados da AF para os grupos formados conseguiram explicar de 31,7 a 80,7% da variabilidade total da qualidade da água das sub-bacias para os grupos 1 e 4. As cargas fatoriais de cada parâmetro, por grupo e para cada fator retido, estão apresentadas na Tabela I.24 do Apêndice I. Os gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* (Figura 4.5), demonstram as diferenças dos principais parâmetros de qualidade da água entre os agrupamentos formados pela AC.

Figura 4. 5. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das componentes principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento dos grupos 1 e 4 formados das sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce.



As elipses maiores de cada gráfico destacam os parâmetros correlacionados ao fator um, e as elipses menores destacam os parâmetros do fator dois. A escolha dos dois primeiros fatores para a representação gráfica se justifica pelo fato de que estes fatores são os que representam maior variabilidade dentro do grupo. Os parâmetros responsáveis por maior variabilidade dos grupos formados se encontram mais afastados da origem (VICINI, 2005). Esta informação pode ser comprovada a partir da análise das cargas fatoriais dos principais fatores de cada grupo na Tabela I.24, Apêndice I. Em todos os gráficos o primeiro fator dos grupos, e que explica a maior variabilidade da qualidade da água, está relacionado à presença de sólidos

(SDT, SST, ST) e da Turbidez, sinalizando a importância destes parâmetros na bacia. Conforme IGAM (2010b), 64% da área da bacia do rio Doce é ocupada pela atividade agropecuária, o que ajuda a explicar um pouco essa carga de sólidos na bacia, além da grande presença de atividades minerárias e siderúrgicas, características da região.

O grupo 1, formado pelas sub-bacias DO4 e DO5 reteve cinco fatores, com 31,77% da variabilidade da qualidade da água explicada pelo fator um, altamente correlacionado com os parâmetros SDT, SST, ST e Turb. O fator dois corresponde a 16,4% de sua variabilidade, é associado negativamente ao oxigênio dissolvido, ou seja, o aumento na carga de sólidos implica na redução do oxigênio dissolvido. Isto pode ser explicado, pois os parâmetros turbidez e sólidos totais estão associados ao período das chuvas, devido ao carreamento de sólidos e matéria orgânica para o corpo d'água por meio do escoamento superficial.

A grande carga de sólidos do grupo pode ser confirmada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguido pelo teste de comparações múltiplas. O teste apontou no grupo 1 valores significativamente superiores quando comparado com os outros grupos, para os parâmetros SST, SDT, ST e turbidez. Os resultados podem ser analisados na Figura I.2. do Apêndice I que mostra o Box-plot das concentrações dos parâmetros e o resultado do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC das sub-bacias da área de estudo. O oxigênio dissolvido, representado pelo segundo fator, se apresentou estatisticamente igual aos outros grupos, embora associado negativamente de acordo com a AF.

Com relação aos percentuais de violação, conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008, em praticamente todas as estações das sub-bacias que compõem o grupo 1 existe um percentual de violação dos parâmetros SST, SDT e turbidez, sendo que em algumas estações (RD049, RD056, RD057 e RD088), o percentual de violação foi considerado crítico, conforme metodologia adotada para análise dos percentuais de violação.

Com relação à estatística descritiva para o grupo 1, as sub-bacias DO4 e DO5 apresentaram as maiores medianas tanto para a série de sólidos (SST, SDT e ST) quanto para a turbidez, quando comparado aos demais grupos. Com relação ao oxigênio dissolvido, a estatística descritiva sugere valores ligeiramente inferiores para a o grupo 1, levando-se em consideração a média e a mediana. Os valores podem ser encontrados na Tabela I.5 e I.6 do Apêndice I. De acordo com IGAM (2010b), estas sub-bacias pertencentes ao grupo 1, tem a grande maioria de sua área destinada à atividade agropecuária, com 75% da área da sub-bacia do rio Suaçuí, e

80% da área da sub-bacia do rio Caratinga, sendo a segunda a mais degradada da bacia do rio Doce em relação à cobertura original. Esses dados ajudam a explicar a situação.

O segundo grupo formado na análise por sub-bacias é o grupo 2, composto pela sub-bacia do rio Manhuaçu – DO6, que apresentou relevância também com relação à série de sólidos (SST, SDT, ST) e turbidez. A estatística descritiva sugere para estes parâmetros, valores intermediários com relação às análises de tendência central, situando-se em uma posição centralizada com relação aos grupos formados. O teste de Kruskal-Wallis apresentou diferença significativa para as medianas dos parâmetros SST e ST, apresentando-se inferior quando comparado ao grupo 1, e sem diferença significativa quando comparado aos demais grupos, conforme consta na Figura I.2 do Apêndice I.

Com relação à violação destes parâmetros, conforme a DN 01/2008, os parâmetros que mais violaram esta sub-bacia foram os coliformes termotolerantes e o ferro dissolvido, embora com valores inferiores aos demais grupos, destacando-se também o alumínio dissolvido, apresentando o maior percentual de violação da bacia do rio Doce. A estatística descritiva mostra que o grupo 2 representado pela sub-bacia do rio Manhuaçu – DO6, os parâmetros cloreto total e condutividade elétrica se apresentam em posição intermediária, com valores de medianas inferiores ao grupo 1, mas superiores aos grupos 3 e 4. Esta situação pode ser confirmada pelo teste de Kruskal-Wallis que apresentou resultados similares. Os resultados destas análises estão apresentados na Figura I.2 do Apêndice I.

Com relação aos parâmetros relacionados ao aporte de sólidos do grupo 3, composto pela sub-bacia do rio Santo Antônio – DO03, estes apresentaram em sua estatística descritiva valores inferiores aos grupos 1, 2 e 4. Esta assertiva pode ser corroborada a partir do teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas, pois os valores de SST e de Turbidez foram significativamente inferiores aos valores obtidos pelo grupo 1, e com relação aos ST, o grupo 3 é significativamente inferior ao grupo 1 e 4. Outro parâmetro relevante para os agrupamentos, o fósforo total, apresentou em sua estatística descritiva valores médios inferiores quando comparados a outros grupos. Essa informação pode ser confirmada pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) que apresentou diferença significativa para o parâmetro entre os grupos, onde o teste de comparações múltiplas apontou que as concentrações para o grupo 3 foram significativamente inferiores aos grupos 1 e 4, e igual ao grupo 2. Os resultados destas análises estão apresentados na Figura I.2 do Apêndice I. Analisando acerca da violação dos parâmetros junto à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº

01/2008, tanto o fósforo total quanto o SST, ST, Turbidez, apresentaram baixo percentual de violação para as estações da sub-bacia do rio Santo Antônio. Na maioria dos casos apresentaram violação nula. Essas informações podem ser analisadas junto ao Quadro 4.3 do sub-item 4.3.2.

Com relação ao nitrato e ao cloreto total, o teste de Kruskal-Wallis para estes parâmetros, apresentaram valores significativamente inferiores com relação aos outros grupos. Os resultados destas análises estão apresentados nas Figura I.2 do Apêndice I. Esses dados mostram que a sub-bacia do Santo Antônio apresenta os melhores valores de qualidade da água. Dados esses confirmados por IGAM (2010b), que destaca esta sub-bacia como sendo a mais preservada em relação às outras UPGRHs, inclusive contendo a maior área relativa de floresta.

O grupo 4, formado pelas sub-bacias do rio Piranga – DO1 e do rio Piracicaba – DO2 reteve 5 fatores na análise fatorial. Fatores estes responsáveis por 80,66% de variabilidade. O fator 1 apresentou forte correlação com os parâmetros SST, ST, Turbidez e fósforo total, o fator 2 apresentou correlação moderada com o nitrato, o fator 3 apresentou forte correlação com o cloreto total e o fator 4 correlação negativa para o oxigênio dissolvido.

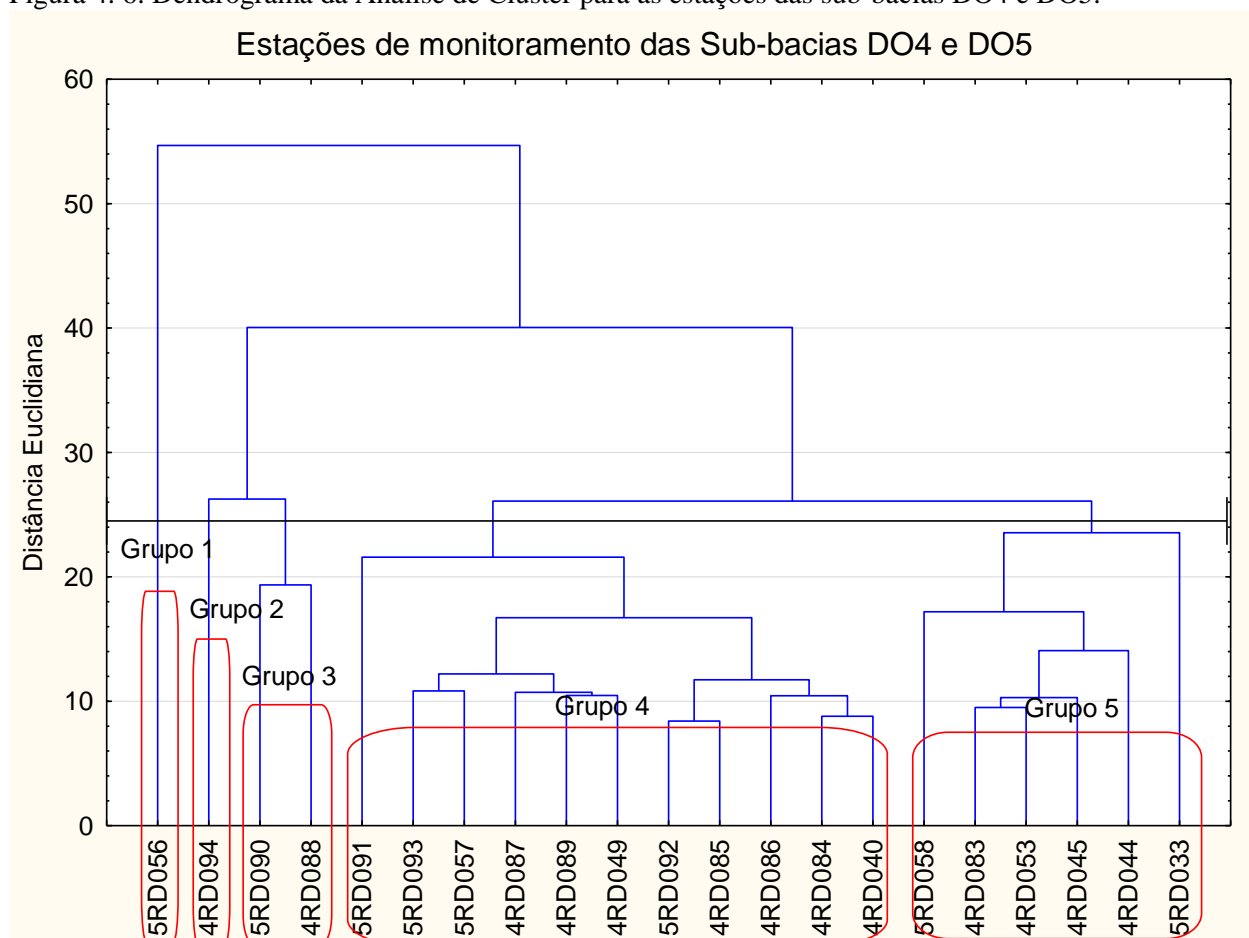
Este cenário com os três primeiros fatores responsáveis por 63,47% de variabilidade pode estar relacionado à poluição difusa na agricultura, atividades minerárias e ao esgoto sanitário (correlação com nitrato e cloreto total, fósforo total, SDT, ST e turbidez). A diminuição da qualidade da água nestas sub-bacias ocorre, dentre outros fatores, devido à falta de cobertura do solo e a exposição do mesmo, associado a áreas de pastagem e de mineração, favorecendo o aporte de sólidos nos cursos d'água, carreando nos períodos chuvosos nutrientes como o nitrogênio e o fósforo provenientes da fertilização do solo, ou de outras fontes. De acordo com CETESB (2009), a concentração de fósforo total pode ser proveniente das descargas de esgotos sanitários (matéria orgânica fecal e detergentes fosfatados), efluentes industriais (indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios) ou por drenagem de áreas agrícolas e urbanas.

A estatística descritiva para o grupo 4 mostrou que os valores de tendência central como média e mediana, apresentaram de uma maneira geral valores inferiores ao grupo 1 e superiores aos grupos 2 e 3. O que se repetiu com relação aos resultados do teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguido do teste de comparações múltiplas, o grupo 4 apresentou valores para os parâmetros citados como mais relevantes (nitrato e cloreto total, fósforo total, SDT,

ST e turbidez) significativamente inferiores ao grupo 1, iguais ao grupo 2 e superiores ao grupo 3. Os resultados destas análises estão apresentados nas Figura I.2 do Apêndice I.

Desta forma, o grupo 1 composto pelas UPGRH DO4 e DO5, foi identificado como o que apresentou as maiores concentrações dos parâmetros observados, podendo ser considerado o que apresentou as áreas mais impactadas para os parâmetros analisados. Desta forma será possível proceder para a análise das estações de monitoramento destas sub-bacias. A Figura 4.6 mostra o dendrograma da análise de Cluster das concentrações dos 16 parâmetros analisados para as estações das pertencentes às sub-bacias DO4 e DO5.

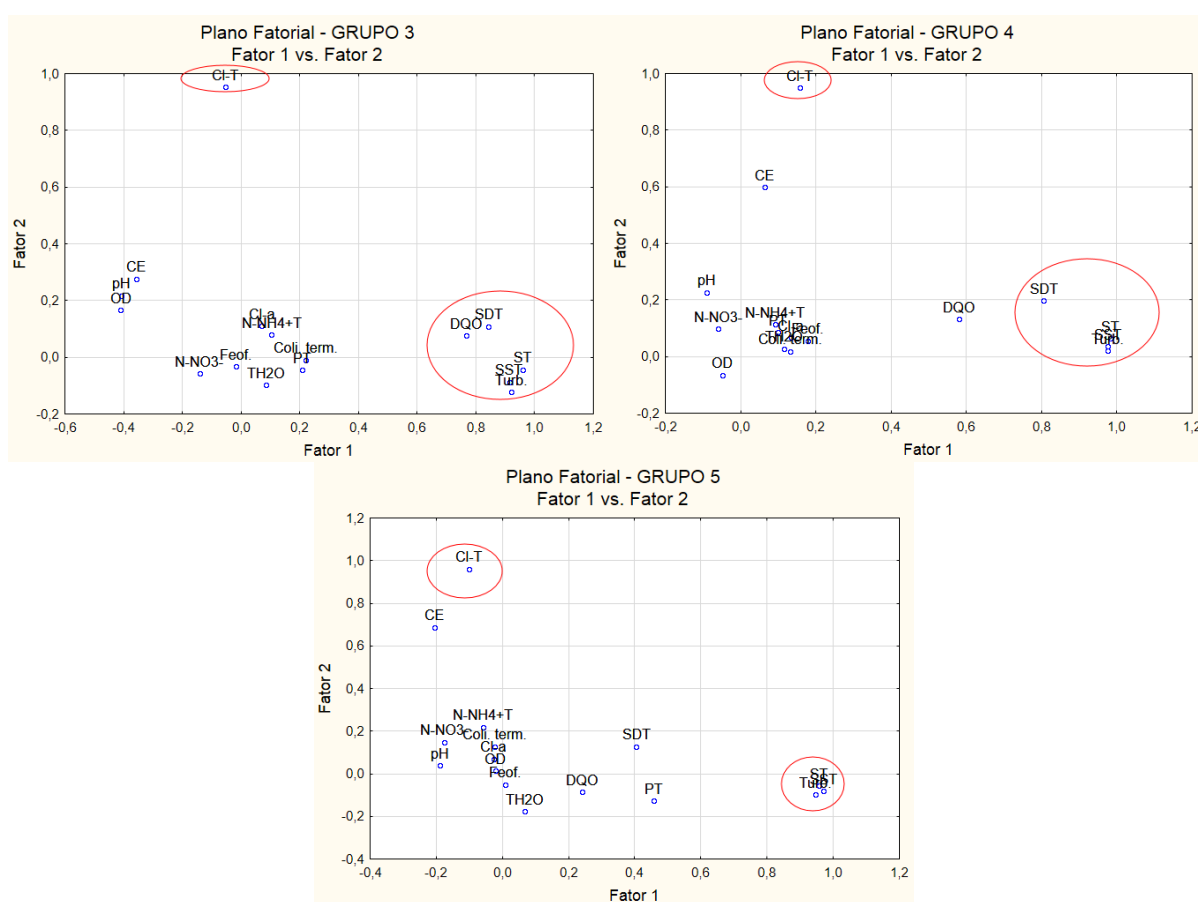
Figura 4. 6. Dendrograma da Análise de Cluster para as estações das sub-bacias DO4 e DO5.



Destaque para os grupos 1 e 2 compostos por estações isoladas (RD056 e RD094), situadas respectivamente nos municípios de Caratinga e Resplendor, e para o grupo 3 composto por duas estações RD090 e RD088, situadas nos municípios de Frei Inocência e Alpercata. O grupo 4 composto por 11 estações (RD091, RD093, RD057, RD087, RD089, RD049, RD092, RD085, RD086, RD084 e RD040) e o grupo 5 composto pelas 6 estações restantes (RD058, RD083, RD053, RD045, RD044 e RD033).

Por se apresentarem isoladas as estações de monitoramento dos grupos 1 e 2 não será necessária a realização da AF para estes grupos. Os resultados da AF para os grupos restantes conseguiram explicar de 27,82 a 75,53% da variabilidade total dos parâmetros de qualidade das sub-bacias. As cargas fatoriais de cada parâmetro por grupo, para cada fator retido estão apresentadas na Tabela I.25 do Apêndice I. Os gráficos das cargas dos dois primeiros fatores, obtidas após a rotação *varimax* (Figura 4.7), demonstram as diferenças dos principais parâmetros de qualidade da água entre os agrupamentos formados pela AC.

Figura 4. 7. Gráficos das cargas dos dois primeiros fatores extraídos após rotação *varimax* das componentes principais, referentes à análise espacial do banco de dados de monitoramento dos grupos formados das sub-bacias DO4 e DO5 da bacia do rio Doce.



Os parâmetros mais distantes da origem são os que conferem maior variabilidade aos grupos. Assim como na análise anterior, os parâmetros relacionados a série de sólidos seguem com grande importância, e relacionados ao fator 1 na maioria dos grupos. Já os parâmetros que mais se aproximam da origem possuem baixa representatividade na variabilidade dos dados (VICINI, 2005).

O grupo 1 formado pela estação RD056, situada no município de Caratinga, destaca-se por se apresentar isolado no grupo, apresentando importância também para SDT, SST, ST e Turbidez. Como dito anteriormente o elevado aporte de sólidos está relacionado a atividades e práticas que tem levado a exposição do solo, causando erosões e o arraste de sólidos para os cursos d'água, como agropecuárias e de mineração. A estatística descritiva reforça esta situação, apresentando medianas relativamente superiores quando comparada com as demais estações da bacia, conforme Apêndice I (Tabelas I.2 a I.23). O teste de Kruskal-Wallis (Figura I.3, Apêndice I) de uma maneira geral não demonstrou significativa diferença entre os grupos. Com relação ao percentual de violação junto a Deliberação Normativa Conjunta COPAM nº01/2008, a estação RD056 se apresentou como a estação com o maior número de parâmetros em estado crítico. Foram 10 parâmetros que esta estação violou o limite normativo em mais de 20% do número de amostras, conforme Quadro 4.3 do sub-item 4.3.2.

Para outros parâmetros relevantes como a condutividade elétrica, o nitrogênio amoniacal e o oxigênio dissolvido, o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), mostrou que o grupo 1 é significativamente superior a todos os outros grupos para o nitrogênio amoniacal e significativamente superior aos grupos 4 e 5 para a condutividade elétrica. Com relação ao oxigênio dissolvido esse grupo se mostrou inferior a todos os outros grupos. Vale destacar ainda outros parâmetros que embora não tenham sido responsáveis por maior variabilidade dentro dos grupos, são extremamente relevantes. Os coliformes termotolerantes e o fósforo total para o grupo 1 se apresentaram significativamente superior a todos os outros grupos, conforme teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas (Figura I.3, Apêndice I). Este quadro evidencia alta poluição por matéria orgânica e por efluentes domésticos, confirmado também pela estatística descritiva, que mostra que para estes parâmetros a estação de monitoramento RD056 apresentou valores de mediana superiores às outras estações.

Essa situação de elevada carga orgânica no curso d'água pode ser devido a influência de algumas atividades de destaque no município de Caratinga, como indústrias de laticínios e indústria de abate de animais de médio e grande porte, conforme levantamento junto ao Portal Nacional do Licenciamento Ambiental – PNLA. Associado a isso, a partir de dados obtidos junto ao Sistema Nacional de Saneamento – SNIS (2012), o município de Caratinga coleta 58,41% de seu esgoto e trata apenas 0,05%, o que ajuda a explicar os elevados índices de matéria orgânica, nutrientes e coliformes termotolerantes.

O relatório trimestral do IGAM, da embasamento à discussão, pois classificou a estação RD056 como a que apresentou maior número de parâmetros que ultrapassaram o limite estabelecido na legislação para a bacia do rio Doce no terceiro trimestre de 2013 (IGAM, 2013). Assim como em IGAM (2010b), que apresentou elevado percentual de violação, principalmente relacionado á sobrecarga no lançamento de esgotos sanitários nas águas superficiais, reproduzida nos resultados não conformes em relação ao limite da classe 2 para coliformes termotolerantes (61%), fósforo total (32%), DBO (13%), oxigênio dissolvido (11%) e clorofila a (10%) na estação RD056.

O grupo 2, representado pela estação RD094, situada no município de Resplendor apresenta destaque para os parâmetros feofitina-*a*, fósforo total, cloreto total, condutividade elétrica, temperatura e pH. O teste de Kruskal-Wallis para estes parâmetros mostrou que o grupo 2 de uma maneira geral apresentou concentrações significativamente superiores aos demais grupos (Figura I.3, Apêndice I). O pH significativamente maior neste grupo, pode ser justificado pela drenagem de produtos aplicados ao solo na agricultura. Conforme PNLA (2015b), para o município de Resplendor, este se destaca na cafeicultura e citricultura, além de outras culturas perenes.

O grupo 3 é formado pelas estações RD088 e RD090, situadas nos municípios de Frei Inocência e Alpercata respectivamente. O grupo tem 75,53% de sua variabilidade explicada por cinco fatores. O fator 1 relacionado a série de sólidos (SST, SDT, ST), turbidez e DQO, retratando processo recorrente na bacia de assoreamento, além da alta concentração de matéria orgânica biodegradável, que deteriora a qualidade dos rios. Os outros fatores estão correlacionados com nitrato, cloreto total e coliformes termotolerantes. O município de Frei Inocência, apresenta como principais atividades licenciadas a extração de areia e a indústria de laticínios, além de apresentar como zero o índice de tratamento de esgotos conforme o SNIS. Já o Município de Alpercata apresenta grande destaque para a extração mineral de cascalho, brita, argilas e gnaiss, além de outras indústrias como alimentícias e de laticínios (PNLA, 2015b). O teste de Kruskal-Wallis apresentou os valores de pH, SDT e de CE significativamente superiores aos demais grupos (Figura I.3, Apêndice I). A análise com relação ao percentual de violações junto à legislação apresentou valores de violação para a turbidez e SST da estação RD088, mostrando também um caráter agrário da região.

Os cinco fatores retidos na AF, que explicam 69,65% da variabilidade da qualidade da água do grupo 4 (estações RD040, RD049, RD057, RD084, RD085, RD086, RD087, RD089,

RD091, RD092, RD093) estão relacionados com parâmetros associados aos sólidos e a turbidez (fator 1). Os demais fatores estão correlacionados positivamente com, Cl_T , PT e negativamente com OD (fator 4), sendo fator 5 correlacionado com Cl-a. O grupo quatro se diferencia dos demais por apresentar as menores concentrações para estes valores. O teste de Kruskal-Wallis (Figura I.3, Apêndice I), seguido pelo teste de comparações múltiplas mostrou que o grupo 4, de uma maneira geral apresenta as menores concentrações de poluentes quando comparados com os demais grupos analisados, apresentando portanto as estações com melhor qualidade da água das sub-bacias do rio Suaçuí e do rio Caratinga.

O grupo 5 é composto por seis estações de monitoramento localizadas no médio Doce, são elas: RD033, RD044, RD045, RD053, RD058 e RD083. Todos os parâmetros deste grupo apresentam forte correlação com os fatores extraídos. Os parâmetros do fator 1 estão relacionados aos sólidos no corpo d'água, o fator 2 ao esgoto doméstico e o fator 3 com ao desenvolvimento de algas. O agrupamento destas estações é coerente, uma vez que todas estão situadas em região intermediária do rio Doce, mostrando uma pequena variação nos parâmetros de monitoramento na região que vai de Belo Oriente a Conselheiro Pena. O teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de comparações múltiplas mostra que, de uma maneira geral, com relação ao aporte de sólidos na região, este grupo se mostrou inferior aos demais. Os resultados do teste se encontram na Figura I.3, Apêndice I. Outro fator que chama a atenção é com relação ao nitrato e aos coliformes termotolerantes, que compõe o fator cinco. O grupo apresenta as maiores concentrações para estes parâmetros quando comparados aos outros grupos evidenciando uma grande poluição por esgoto doméstico.

Estas informações podem ser associadas aos dados obtidos junto ao SNIS (2012), para algumas localidades, pois os municípios onde estão situadas estas estações (Belo Oriente, Governador Valadares, Galiléia, Tumiritinga, Conselheiro Pena, Fernandes Tourinho, Periquito) apresentam baixo percentual de tratamento de esgotos, sendo que em alguns esse índice de tratamento é zero.

4.5 Conclusão

Este capítulo utilizou técnicas estatísticas multivariadas para avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio Doce, buscando identificar as áreas mais impactadas bem como encontrar os principais parâmetros responsáveis pela degradação da bacia. Testes não paramétricos e análise das violações dos

parâmetros aos limites preconizados pela legislação foram empregados para auxiliar a análise dos dados, bem como na interpretação dos resultados das estatísticas multivariadas.

Dentre as técnicas estatísticas multivariadas existentes foram utilizadas as Análises de Cluster e Fatorial. Estas se mostraram eficientes para a identificação das sub-bacias, das estações de monitoramento e dos parâmetros de qualidade da água mais relevantes para a caracterização da qualidade da água. A Análise de Cluster teve papel fundamental no agrupamento das sub-bacias e das estações, permitindo desta forma análise mais precisa dentro dos grupos formados. A associação desta análise com a Análise Fatorial permitiu a determinação dos parâmetros mais relevantes para o grupo, e conseqüentemente mais importantes sob o ponto de vista de degradação da bacia.

A partir do agrupamento das UPGRHs, seguido das demais análises mencionadas, conclui-se que o grupo formado pelas sub-bacias DO4 e DO5, do rio Suaçuí Grande e do rio Caratinga respectivamente, foi o que apresentou os maiores valores de concentração dos parâmetros avaliados, consideradas, portanto as sub-bacias mais impactadas. Desta forma refinando-se a AC para os dados de monitoramento das estações pertencentes a estas sub-bacias concluiu-se que a estação RD056, situada no município de Caratinga (DO5), é a mais impactada, principalmente devido ao esgoto sanitário. A segunda estação mais impactada seria a RD094 (DO4), situada no município de Resplendor, com impactos tipicamente causados pela agricultura, fornecendo um ambiente propício para a eutrofização (alta temperatura e aporte de nutrientes). Seguida das estações RD088 (DO4) e RD090 (DO5), situadas nos municípios de Frei Inocência e Alpercata, marcadas por impactos relacionados à extração mineral, agricultura e esgotos domésticos. Esses resultados referentes às estações de maior impacto na bacia são coerentes com o dendograma (Figura 4.3) gerado pelo agrupamento das estações da porção mineira da bacia do rio Doce, que formou os mesmos grupos.

Deve ser salientado que, embora as UPGRHs DO1 e DO2, representadas respectivamente pelas sub-bacias do rio Piranga e o rio Piracicaba, não se apresentem como as mais impactadas da bacia, conforme análises estatísticas, estas também apresentam elevado grau de poluição. Os principais motivos que fizeram com que estas sub-bacias não fossem classificadas como as mais impactadas giram em torno alguns pontos. Primeiramente o elevado grau de degradação constatado pelas análises estatísticas da estação RD056, contribuiu para que o agrupamento formado pelas sub-bacias DO4 e DO5 fosse escolhido como o mais impactado. O outro ponto de destaque foi que nas análises multivariadas,

diversos parâmetros de monitoramento foram excluídos da análise pelos critérios de exclusão mencionados, como o alumínio dissolvido, o ferro dissolvido e o manganês total, parâmetros estes que possuem elevada violação nas estações das sub-bacias DO1 e DO2. Associado a isso, a grande importância dos parâmetros relacionados à série de sólidos (SDT, SST, ST e Turb.) nos dados analisados, com presença considerável nas sub-bacias DO4 e DO5, principalmente pela forte característica agropecuária e minerária da região.

Avaliando as áreas de melhor qualidade da água, é possível concluir pelo resultado das análises dos parâmetros de monitoramento que a sub-bacia do rio Santo Antônio - DO3 é a menos impactada, seguida sub-bacia do rio Manhuaçu – DO6, situada em posição intermediária em relação às outras sub-bacias.

Com relação aos principais parâmetros responsáveis pela degradação da bacia, o parâmetro que apresentou o maior percentual de violação, foram os coliformes termotolerantes, que em todas as estações da bacia apresentou percentual de violação crítico, ou seja, superior a 20% das amostras, além dos parâmetros: manganês total, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, fósforo total e a cor verdadeira com altos percentuais de violação. Outros parâmetros que se mostraram importantes tanto pelo percentual de violação, quanto pela relevância nas análises multivariadas em toda a bacia foi à série de sólidos (SDT, SST, ST e Turb.).

Uma importante consideração obtida a partir destas análises é com relação à frequência de monitoramento. Os parâmetros manganês total, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, fósforo total, e a cor verdadeira, embora apresentem alto percentual de violação, não fizeram parte das análises multivariadas, seja por sua frequência de monitoramento semestral ou pelo alto percentual de dados faltantes. Desta forma ressalta-se a importância de um monitoramento de forma mais homogênea destes parâmetros em todas as estações da área de estudo com uma frequência no mínimo trimestral, uma vez que estes parâmetros se mostraram importantes para avaliação da qualidade da água da bacia, para que assim se possam realizar também estudos utilizando técnicas multivariadas.

5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO DOCE

5.1 Introdução

O capítulo anterior caracterizou a porção mineira da bacia do rio Doce com relação à análise de uma série histórica de parâmetros de monitoramento de qualidade da água, tratando da identificação dos principais parâmetros responsáveis pela degradação da bacia, bem como da identificação das principais áreas classificadas como prioritárias em ações de recuperação, associadas ainda ao percentual de violação dos dados junto à legislação. Estas análises forneceram um embasamento técnico e estatístico acerca de diversas características da área de estudo.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo é realizar em paralelo a esta análise, um estudo socioambiental da porção mineira da bacia do rio Doce, relacionando e discutindo os diversos processos socioeconômicos e ambientais da Bacia com os parâmetros de monitoramento de qualidade da água. Coelho (2009), em seu trabalho, destaca a importância de uma maior integração das questões sociais e ambientais no processo de análise e, conseqüentemente, na tomada de decisões, a exemplo de planos diretores, construção de barragens, transposições, desvios ou outras obras de engenharia que, de alguma forma, produzam efeitos na quantidade e qualidade das águas do canal principal.

Embora em alguns casos seja difícil relacionar estas informações, essa dissociação faz com que os problemas sejam tratados de uma maneira pontual, impedindo uma análise holística sobre os principais motivos que levaram a determinada degradação, dificultando a interpretação dos dados, bem como a identificação dos problemas que afetam a bacia e a sociedade de um modo geral. Essa análise conjunta permite a identificação das prioridades na gestão da bacia hidrográfica e, desta forma, auxilia na obtenção de melhores resultados em ações de conservação e recuperação da Bacia.

5.2 Metodologia

A metodologia utilizada para escrever o presente capítulo se baseou majoritariamente na consulta aos bancos de dados de diversos órgãos e sistemas, com o intuito de se levantar informações socioeconômicas e ambientais da área de estudo que pudessem ser relacionadas aos principais problemas encontrados na bacia no que tange ao monitoramento da qualidade

da água. Essas informações foram analisadas em conjunto com outros trabalhos e pesquisas, principalmente na bacia do rio Doce, fornecendo assim informações e embasando discussões.

O levantamento de dados, em uma primeira, fase buscou informações junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, relativas aos diversos aspectos socioeconômicos. Em uma segunda etapa, foi feito o levantamento de dados sobre licenciamento ambiental dos 203 municípios pertencentes à porção mineira da bacia do rio Doce, junto aos órgãos que atuam na esfera municipal de licenciamento ambiental, avaliando quais municípios são responsáveis pelo licenciamento e por meio de qual órgão. Este processo se deu por meio de informações obtidas junto aos *sites* destes órgãos, bem como pelo contato realizado através de e-mail com as respectivas prefeituras e órgãos responsáveis.

A segunda fase da avaliação relativa ao licenciamento ambiental se baseou na obtenção de dados junto ao órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental, no caso o Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM das Unidades Regionais Colegiadas (URCs), subordinadas à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. Esta etapa consistiu na análise dos pareceres únicos gerados nas reuniões realizadas pelas Unidades Regionais Colegiadas – URCs, com o levantamento das atividades licenciadas, o município, qual UPGRH, a classe de enquadramento da atividade conforme a Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, os efluentes gerados, o tipo de tratamento realizado e a data de expedição da Licença. A terceira etapa seguiu procedimento similar, no entanto para o levantamento das atividades licenciadas no âmbito federal, pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Estas informações acerca do licenciamento ambiental na esfera estadual e federal foram analisadas em conjunto com o Portal Nacional do Licenciamento Ambiental – PNLA. O PNLA é uma ferramenta disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para divulgar informações relacionadas aos procedimentos do licenciamento ambiental, possibilitar a transparência desses processos de gestão pública e fortalecer o controle social (PNLA, 2015a). O portal tem por objetivo atender à Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003, que dispõe sobre o acesso público aos dados e informações ambientais existentes nos órgãos e entidades do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). Integrado ao Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), o PNLA foi criado para agregar e sistematizar

informações sobre o licenciamento ambiental e facilitar o acesso público gerado em todas as esferas de governo: federal, estadual e distrital (PNLA, 2015a).

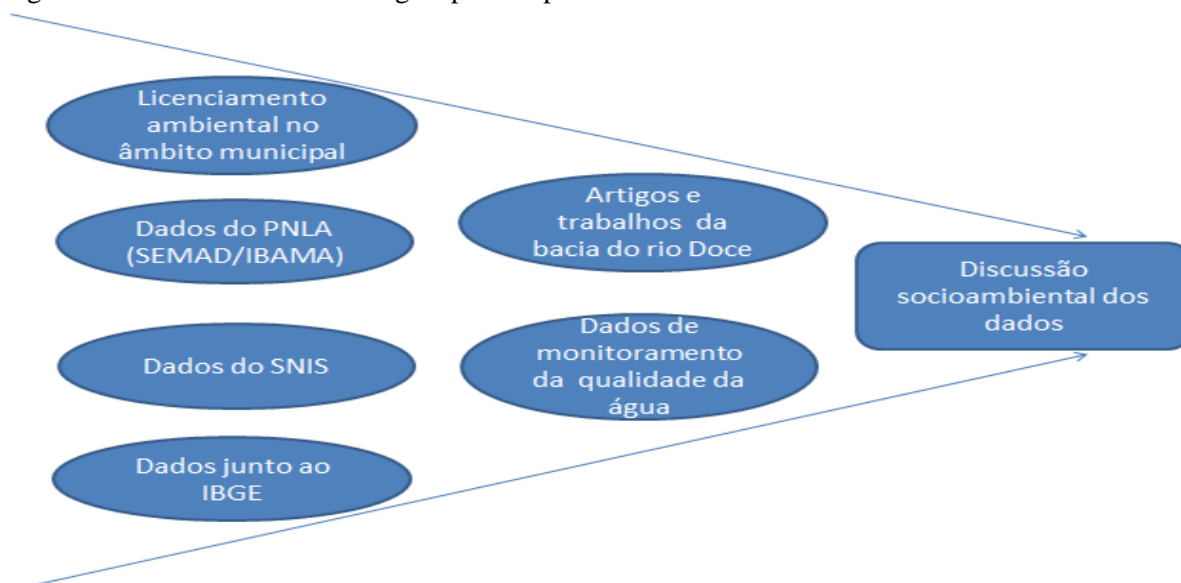
O PNLA permite a realização de buscas de licenciamentos ambientais nos órgãos responsáveis por esta atividade nas esferas federal, distrital e estadual. Estas buscas são realizadas utilizando diversos filtros de pesquisa e de forma *online* (direto no banco de dados de todos os órgãos licenciadores) ou por meio de um cache de dados fornecidos pelo MMA (neste caso, o resultado pode ter defasagem na atualização de algumas horas ou dias) (PNLA, 2015a).

A filtragem consistiu primeiramente na escolha do estado e do órgão licenciador, seguido de uma seleção do tipo da licença, optando-se pela seleção de licenças que sejam relativas à operação dos empreendimentos (AAF, LO, LOC), ou seja, empreendimentos em funcionamento, onde posteriormente foi realizada a filtragem com relação à situação da licença, optando-se pelas licenças vigentes e com processo de obtenção concluído.

A próxima etapa da metodologia do presente capítulo consistiu no levantamento de dados junto ao Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS, com dados do ano de 2010 a 2013, gerando informações dos municípios presentes na área de estudo sobre a prestação de serviços de saneamento, como de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, além de dados referentes à forma de disposição dos resíduos sólidos urbanos (lixão, aterro controlado, aterro sanitário), analisando ainda quanto à impermeabilização do aterro, existência de drenagem pluvial das unidades, dentre outros.

Todas estas informações levantadas foram relacionadas com dados referentes a outros aspectos relevantes e de interesse socioambiental da área de estudo, obtidos a partir de diversos trabalhos acadêmicos e publicações principalmente da bacia do rio Doce. A Figura 5.1 resume a metodologia aplicada para a realização da análise e discussão dos dados de monitoramento de qualidade da água sob a ótica socioambiental.

Figura 5. 1. Resumo da metodologia aplicada para análise socioambiental.



Esta soma de fatores forneceu embasamento necessário para a realização de discussões acerca dos principais fatores responsáveis pela degradação da bacia, seja sob o aspecto socioeconômico, seja sob a ótica ambiental, possibilitando melhores inferências sobre medidas que poderão eventualmente ser tomadas para buscar a recuperação dos cursos d'água, auxiliando a recuperação da bacia.

5.3 Resultados

Os principais aspectos socioambientais relevantes na bacia que foram discutidos são o licenciamento ambiental, o saneamento, os eventos extremos de degradação, a seca, as enchentes, as unidades conservação, os impactos econômicos e sociais que a alteração da qualidade da água tem causado, inclusive no estado do Espírito Santo, além das propostas e programas que buscam o melhoramento e a recuperação da bacia.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras é um importante instrumento da Lei nº 6.938/81 que Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Neste sentido o licenciamento ambiental tem importante papel na regularização das atividades da bacia, controlando o aporte de poluentes.

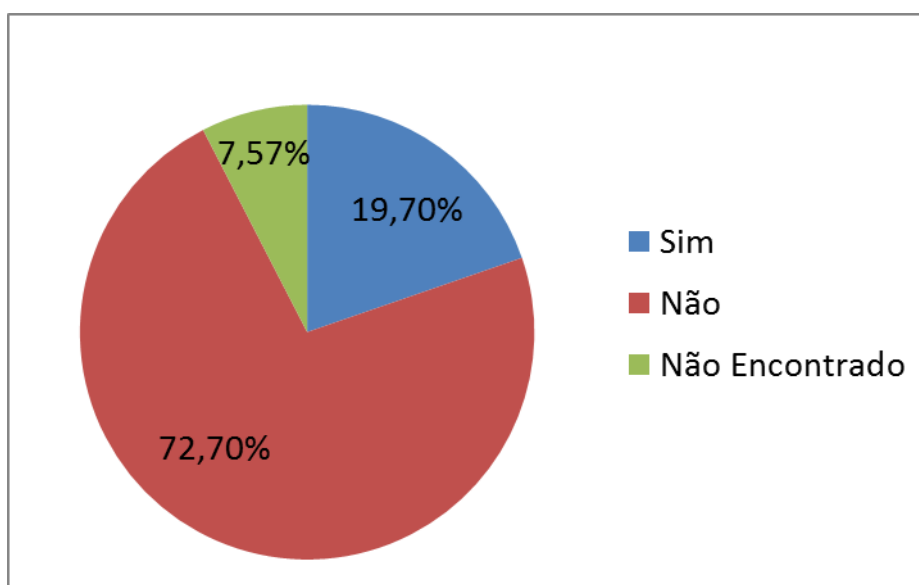
Como mencionado anteriormente, a bacia do rio Doce tem importância elevada também no cenário econômico. Cupolillo *et al.* (2008) destaca que a bacia abrange duzentos e trinta

municípios na região leste de Minas Gerais e parte do Espírito Santo, tem sua economia baseada num mosaico de atividades: grandes projetos de mineração; silvicultura de eucaliptos; siderurgia de grande porte; geração de energia hidrelétrica; exploração de pedras preciosas e semi-preciosas; pecuária de corte e leiteira; suinocultura; cana de açúcar; cafeicultura; além de atividades agrícolas de subsistência.

Neste sentido, diante da grande variedade de atividades na bacia e conseqüentemente dos poluentes gerados, a análise do processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos da bacia e sua relação com a qualidade da água ganha importância. O levantamento das atividades licenciadas, e como tem sido realizado o processo de licenciamento ambiental na área de estudo, se dividiu em três partes, nas três esferas do poder público, municipal, estadual e federal.

Com relação ao processo de licenciamento ambiental em nível municipal, a partir de uma busca nas prefeituras e diversos órgãos ligados à gestão ambiental nos municípios, foi observado um pequeno número de municípios que tem como procedimento licenciar suas atividades. A Figura 5.2 mostra o percentual de municípios dentro da porção mineira da bacia do rio Doce que licenciam suas atividades, municípios que não licenciam, ou casos em que não foi possível a obtenção de dados.

Figura 5. 2. Percentual de municípios da porção mineira da bacia do rio Doce que licenciam suas atividades na esfera municipal.



Fonte: Municípios pertencentes à porção mineira da Bacia do rio Doce.

Como pode ser observado, apenas 19,7% dos municípios licenciam suas atividades. Esses dados refletem uma recorrente situação dos municípios brasileiros, principalmente com população inferior a 20 mil habitantes, como é o caso da grande parte dos municípios da área de estudo onde, por diversas questões, principalmente de ordem econômica e política, as atividades não são licenciadas ambientalmente no âmbito municipal. Embora se trate de empreendimentos que teoricamente tenham um menor porte e potencial poluidor, a realização destas atividades sem um acompanhamento, orientação e fiscalização do poder público faz com que diversos poluentes sejam lançados nos cursos d'água de maneira indiscriminada, contribuindo para variação das características naturais dos corpos d'água.

Ainda que esse número seja baixo, ele ainda se mostra superior aos dados nacionais. De acordo com trabalho de Viana (2007), em um universo nacional de 5560 municípios, no máximo 10% estaria licenciando suas atividades, o que demonstra a frágil participação da esfera municipal no âmbito do SISNAMA.

Com relação aos empreendimentos licenciados em nível estadual, foi realizada análise junto aos pareceres do COPAM e uma filtragem junto ao PNLA. A partir da filtragem inicial dos dados, foi gerada uma planilha com todos os empreendimentos de Minas Gerais que satisfizeram as condições mencionadas na metodologia com relação aos tipos de licenças analisadas, com um total de 53181 empreendimentos. A etapa seguinte foi reduzir esses empreendimentos para os 203 municípios pertencentes à porção mineira da bacia do rio Doce, separando-os posteriormente por sub-bacias, chegando a um total de 6427 empreendimentos na área de estudo. Estes empreendimentos são marcados por uma grande diversidade de atividades e conseqüentemente de geração de resíduos, confirmada pelo número de tipologias presentes, com 231 no total para a porção mineira da bacia do rio Doce. Os resultados do total de empreendimentos de cada tipologia na bacia, bem como o percentual da tipologia presente em cada sub-bacia podem ser encontrados na Tabela 3 do Anexo 1.

De uma maneira geral as sub-bacias do rio Piranga e Piracicaba foram as que apresentaram o maior número de empreendimentos, com mais de 4 mil atividades licenciadas e em operação na bacia, conforme dados do PNLA. As atividades que se destacam são as relacionadas à mineração, tanto em relação à extração quanto ao processamento mineral, muito em virtude do quadrilátero ferrífero estar parcialmente inserido nesta sub-bacia, juntamente com a região metropolitana do Vale do Aço.

A sub-bacia com o menor número de empreendimentos é a do rio Santo Antônio. Dado que condiz com as análises estatísticas, uma vez que esta sub-bacia foi apontada como a menos impactada. As outras sub-bacias, do rio Suaçuí, do rio Caratinga e do rio Manhuaçu podem ser consideradas intermediárias com relação ao número de empreendimentos.

Em relação às tipologias, as cinco de maior destaque em número de empreendimentos são: postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis; serralheria, fabricação de esquadrias, tanques, reservatórios; extração de areia e cascalho para utilização imediata na construção civil; transporte rodoviário de produtos perigosos; preparação do leite e fabricação de produtos de laticínios. Destes, mais de 90% dos empreendimentos são passíveis de Autorização Ambiental de Funcionamento - AAF, ou seja, empreendimentos pertencentes às classes 1 e 2, teoricamente com potencial poluidor menor.

Destaque deve ser dado para o grande número de empreendimentos relacionados à atividade de extração de areia na bacia, com 410 empresas licenciadas, concentradas principalmente nas sub-bacias do rio Piranga e do rio Piracicaba, embora a atividade esteja presente em grande parte da bacia. Os impactos dessa atividade são relacionados principalmente à remoção da cobertura vegetal e da camada fértil do solo, dificultando ainda mais a regeneração natural (FERREIRA, 2006).

Com relação aos empreendimentos licenciados pelo IBAMA, de acordo com análise junto à sua página oficial, em conjunto com o PNLA, foram obtidos alguns resultados. O Quadro 5.1 mostra as tipologias de atividades presentes na Bacia que são licenciadas pelo órgão federal, bem como o número de empreendimentos em operação. Como na maioria dos casos esses empreendimentos se localizam em mais de uma sub-bacia, a ausência ou a presença deles na UPGRH foi denotada pelas letras (A) e (P) respectivamente.

Quadro 5. 1. Empreendimentos licenciados pelo IBAMA na porção mineira da bacia do rio Doce, e a ausência ou presença destes em cada sub-bacia.

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Linhas de transmissão de energia elétrica	3	P	P	P	A	P	P
Minerodutos	2	P	P	P	A	A	A
Usina Hidrelétrica	1	A	A	A	A	A	P
Rodovia	1	P	P	A	A	A	A

Fonte: PNLA (2016), Ausente (A) Presente (P).

Foi observado um pequeno número de empreendimentos licenciados pelo IBAMA, que estejam instalados e em operação na bacia. No total são sete empreendimentos, representados por minerodutos, linhas de transmissão, uma hidrelétrica e uma rodovia. Diversos trabalhos (COELHO, 2007; COELHO, 2009; VIANA, 2007; DUARTE, 2008; OLIVEIRA, 2014), tem avaliado a relação destas atividades com os impactos socioambientais na bacia do rio Doce, destacando-se neste sentido as atividades ligadas à mineração e as usinas hidrelétricas.

Pode-se observar, portanto, um grande número de atividades na porção mineira da bacia do rio Doce, atuando nas diversas áreas. O que chama a atenção é que mesmo com o elevado número de licenças expedidas dentro de Minas, o que se percebe de uma maneira geral é uma correlação entre as atividades desenvolvidas, o tipo de poluente gerado e os pontos de degradação na Bacia. Neste sentido podem ser inferidas duas hipóteses: primeiramente um questionamento sobre como é feito o processo de licenciamento ambiental, principalmente com relação ao não cumprimento das condicionantes ambientais e ao grau de exigência para o controle de poluentes; e uma segunda inferência sobre possíveis atividades clandestinas na Bacia.

Com relação à primeira hipótese, Coelho (2009) destaca a importância de uma revisão imediata nos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) e Relatórios de Impactos ambientais (RIMAs) para construção de barragens, transposições, etc., pois os procedimentos atuais exigidos para realização dos respectivos EIAs/RIMAs não conseguem dar conta da realidade socioambiental das regiões e municípios, possuindo sérias deficiências.

Viana (2007), em seu trabalho avalia o licenciamento ambiental, com enfoque na mineração em Minas Gerais, e concluiu que o sistema de licenciamento no estado é bem institucionalizado até a etapa da emissão da licença de operação, no entanto no pós-licenciamento este processo fica parcialmente comprometido, em razão da falta de acompanhamento do órgão licenciador das atividades impactantes, inclusive a mineração.

Atualmente empreendimentos das classes 1 e 2, conforme Deliberação Normativa COPAM nº 74/2004, são passíveis de Autorização Ambiental de Funcionamento – AAF. Esse procedimento foi criado para atividades não sujeitas a LP/LI/LO e EIA/RIMA, atividades temporárias, de pequeno porte e impacto ambiental reduzido, impulsionado também pelo contínuo aumento da demanda por licenciamento. A AAF tem natureza declaratória, e independe de fiscalização pelo órgão ambiental competente (VIANA, 2007). Portanto o processo de licenciamento para um grande número de atividades de relativo potencial

poluidor, na grande maioria dos casos não contempla nenhum tipo de vistoria aos locais onde estão instalados os empreendimentos, baseando-se apenas na entrega de documentos e na transferência da responsabilidade ao empreendedor e ao responsável técnico. No levantamento junto ao PNLA, 88,7% das licenças ambientais expedidas são AAF. Este cenário, aliado à falta de acompanhamento e fiscalização dos órgãos responsáveis pelo licenciamento, têm sérias consequências ambientais.

Aliado a estes problemas, observa-se que o sistema de licenciamento ambiental ainda é muito burocratizado, priorizando os meios ao invés do fim, o processo ao invés do produto. Seu foco principal situa-se na questão formal, na “regularização ambiental” de cada empreendimento, dando pouca ênfase à adoção de medidas práticas que possam, de fato, minimizar seus impactos negativos, compensar aqueles não mitigáveis e potencializar os efeitos positivos da sua implantação. É consenso que ele deve ser complementado por outros instrumentos, que vão além dos empreendimentos individuais, que permitam uma visão sistêmica da questão ambiental (VIANA, 2007).

O licenciamento ambiental se configura como um importante instrumento de controle da degradação, onde o órgão ambiental estabelece condicionantes, restrições e medidas de controle ambiental. No entanto o que fica evidente é que o fato de determinada atividade possuir licença ambiental não implica que a mesma esteja isenta de causar degradação. A “regularização ambiental” se tornou prioridade em relação à preservação ambiental. A falta de acompanhamento e de fiscalização, na operação destes empreendimentos, pelos órgãos competentes, aliada à falta de interesse na questão ambiental e manutenção dos lucros pelos empreendedores, tem contribuído para a degradação da qualidade da água da Bacia.

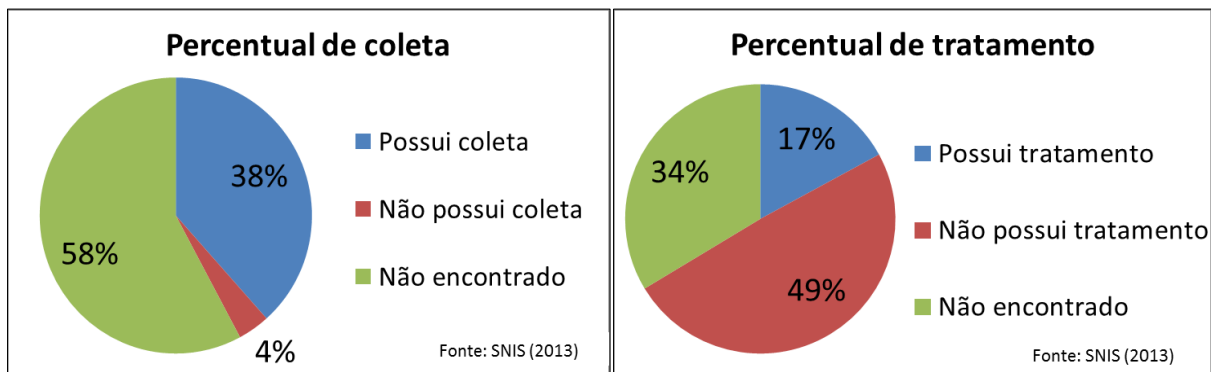
SANEAMENTO

Outra importante vertente analisada no presente trabalho refere-se ao saneamento da área objeto de estudo, no que tange aos resíduos sólidos e ao esgotamento sanitário. Esta análise realizada a partir do levantamento de dados junto ao Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS buscou avaliar o percentual de coleta e tratamento de esgoto, além da coleta e o tipo de disposição final de resíduos sólidos.

O resultado desta análise mostra uma situação comum em diversos municípios da porção mineira da bacia do rio Doce e de Minas Gerais. Tanto o percentual de coleta quanto de tratamento de esgotos apresenta-se em um número extremamente baixo, conforme Tabela 2 do

Anexo 1, que mostra os dados referentes ao percentual de coleta e tratamento de esgotos por município da porção mineira da bacia do rio Doce. A Figura 5.3 mostra o percentual de municípios que realizam a coleta e o tratamento de esgoto.

Figura 5. 3. Percentual de coleta e tratamento de esgotos dos municípios da porção mineira da bacia do rio Doce.



Com relação aos dados obtidos para coleta, 58% dos municípios não tem informações disponíveis no banco de dados do SNIS, 38% dos municípios coletam parcialmente o esgoto, sendo que para estes municípios o percentual médio de coleta é de 71,9% do esgoto gerado, e 4% dos municípios não coletam seus esgotos. Com relação ao tratamento de esgotos, 34% dos municípios não dispunham de dados, 49% dos municípios não possui sistema de tratamento, e 17% tratam parcialmente o esgoto, sendo que para estes municípios o percentual médio de tratamento é 55,8% do esgoto gerado. Desta forma, de uma maneira geral, a grande maioria do esgoto gerado e coletado é lançado nos cursos d'água da Bacia sem nenhum tratamento.

Essa situação se reflete principalmente nas análises realizadas para o percentual de violação junto a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, para o parâmetro coliformes termotolerantes. Conforme apresentado, em todas as estações de monitoramento analisadas o parâmetro é classificado como crítico, com alto percentual de violação. Isso mostra que além das altas concentrações encontradas do parâmetro, elas se distribuem por toda a bacia, evidenciando a dimensão do problema. Esta situação não é exclusiva desta bacia, mas de grande parte das bacias de Minas Gerais. Outros trabalhos realizados no estado (TRINDADE, 2013; ARAÚJO, 2014; CALAZANS 2015), retratam a poluição dos corpos d'água por esgoto doméstico.

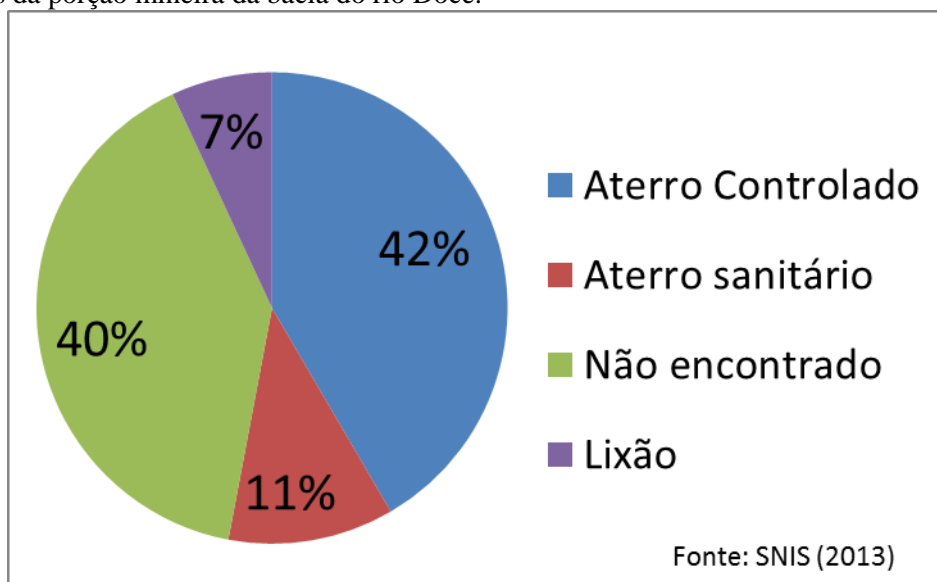
Diversas são as questões que impedem que a gestão do esgoto sanitário seja realizada de forma correta, relacionadas em grande parte devido à falta de recursos financeiros dos

municípios, principalmente os de pequeno porte, associadas ao fato que de uma maneira geral, as ações do poder público não priorizam o saneamento.

Esta situação já se arrasta há anos desde a instituição do Plano Nacional de Saneamento – PLANASA em 1969. Rezende (2002), em seu estudo destaca que o processo de implementação do PLANASA ajuda a explicar a atual situação do saneamento no Brasil, caracterizada por ações voltadas para as regiões mais desenvolvidas, sobretudo as áreas urbanas, por uma completa falta de integração e descontinuidade, seja no conjunto das ações que compõem o setor de saneamento: abastecimento de água, coleta e disposição final de efluentes líquidos e sólidos e controle de vetores e cheias, seja no conjunto das políticas públicas. Cenário este que tem agravado o problema do saneamento em Minas Gerais e no Brasil.

Associado aos problemas mencionados relativos aos efluentes sanitários, a análise realizada junto ao SNIS evidencia também alguns problemas com relação aos resíduos sólidos. A Figura 5.4 mostra o tipo de disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Destaque deve ser dado ao baixo percentual de municípios que dispõem seus resíduos de maneira adequada, em aterros sanitários, e à grande maioria da disposição realizada em aterros controlados.

Figura 5. 4. Percentual relativo ao tipo de disposição final de resíduos sólidos urbanos para os municípios da porção mineira da bacia do rio Doce.



Conforme Sisino (2003), estes aterros não possuem infraestrutura sanitária adequada para evitar os problemas oriundos do despejo de toneladas de resíduos urbanos, contribuindo para que as várias substâncias químicas encontradas nos resíduos possam ser acumuladas ou exportadas a partir desses aterros. Aliado ao fato que em muitos casos, devido a uma falta de

controle operacional, estes aterros controlados acabam funcionando como lixões, contribuindo para problemática socioambiental da Bacia.

A partir destes dados podem-se observar algumas das principais deficiências dos 203 municípios pertencentes à área de estudo relativas ao saneamento, que acabam sendo também um importante fator que contribui sensivelmente para a alteração na qualidade da água. O parâmetro coliforme termotolerante mostrou o maior percentual de violação para toda a bacia, mas outros parâmetros como nitrogênio amoniacal e o fósforo total também tiveram alto percentual de violação, além dos sólidos (SDT, SST e ST) e da turbidez que também estão ligados aos problemas relacionados aos resíduos sólidos. Neste sentido, a falta de ações que visem à melhoria do saneamento básico, se reflete na sua qualidade da água.

Uma possível alternativa para que municípios com população inferior a 50.000 habitantes obtenham verba para saneamento, reduzindo este quadro de degradação, seria junto ao Governo Federal. Atualmente, conforme preconiza a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e o Decreto de Regulamentação nº 7.217, de 21 de junho de 2010, para se obter verba para saneamento junto ao governo federal é preciso que o município cumpra uma série de requisitos, dentre elas, possuir um Plano Municipal de Saneamento, elaborado ou em elaboração, nos moldes da lei supracitada.

No entanto a estimativa da Associação Mineira dos Municípios (AMM) é de que apenas 10% dos municípios do estado dispõem do plano, que deve contemplar quatro eixos: o abastecimento de água potável; o esgotamento sanitário; o manejo de resíduos sólidos urbanos; e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. O principal empecilho apontado pelos gestores dos municípios seria o alto custo da elaboração dos planos (AMM, 2014).

REDUÇÃO DA VAZÃO DOS RIOS

Dentre os principais aspectos a serem discutidos para a porção mineira do rio Doce, que merecem destaque, é a considerável redução na vazão do rio Doce e em outros pontos da área de estudo. Embora o trabalho enfoque sua avaliação na parte qualitativa da água, é imprescindível discutir a diminuição da vazão do principal rio da Bacia nos últimos anos, com a qualidade da água.

Neste cenário de redução da vazão, é interessante avaliar o regime pluviométrico da bacia e as possíveis variações. O trabalho de Cupolillo *et al.* (2006) buscou avaliar o regime

pluviométrico na bacia do rio Doce. Foram calculadas as médias de precipitação para os períodos chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro), sendo utilizados dados diários de pluviosidade (em 52 postos) pertencentes à Agência Nacional das Águas (ANA), abrangendo um período de 30 anos (1973 a 2002). Os resultados indicaram que o regime pluviométrico da bacia do rio Doce apresenta cotas pluviométricas das maiores para as menores, um padrão de comportamento de Oeste – Leste. Os postos pluviométricos localizados no Norte e Leste da bacia do rio Doce apresentaram, predominantemente, menores cotas de pluviometria do que os postos localizados ao Sul e Oeste da bacia.

Ainda com relação à Cupolillo *et al.* (2008), o autor realizou outro trabalho, relacionando a climatologia da bacia do rio Doce e sua relação com a topografia local, destacando que a bacia do rio Doce e o estado de Minas Gerais, sofrem a influência de estiagens relacionadas às secas sazonais, que se prolongam por quatro a seis meses, e de veranicos, caracterizados por pequenos períodos de *déficit* hídrico em plena estação chuvosa. No entanto não apontou nenhuma redução das médias pluviométricas ao longo da série histórica que pudessem estar influenciando na vazão dos principais cursos d'água da Bacia.

Diversos autores tem destacado como os processos socioeconômicos dentro da bacia do rio Doce têm afetado a qualidade e a quantidade da água. Conforme Strauch (1955), uma das fases marcantes na ocupação da bacia foi o ciclo madeireiro marcado por um intenso processo de degradação às margens do rio Doce e de outros mananciais da bacia. Este processo foi decisivo para início do maciço processo de desmatamento na região, onde mais tarde abriu espaço para a agropecuária e a agricultura principalmente baseada na monocultura do eucalipto.

Cupolillo *et al.* (2008), e Coelho (2009), também destacam como este cenário econômico tem afetado a questão ambiental, principalmente para o rio Doce. De acordo com os autores, em função dessas práticas passadas (e recentes) o maior manancial de água doce do estado do Espírito Santo apresenta reduzida vazão, altos índices de poluição atmosférica e hídrica e as perdas de solos levando a altos níveis de assoreamento, efeitos estes que podem levar o rio Doce, num futuro próximo a uma situação ainda mais crítica, podendo com isso provocar efeitos socioambientais irreparáveis.

Coelho (2009) destaca ainda que as transformações da paisagem que a bacia hidrográfica do rio Doce sofreu, com profundas modificações foram impulsionadas pela construção da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), criando condições para o surgimento e expansão de

municípios como: Ipatinga (MG), Coronel Fabriciano (MG), Governador Valadares (MG), Conselheiro Pena (MG), Aimorés (MG) e Colatina (ES), havendo concomitante a esse processo, a extração de madeiras nas proximidades da estrada de ferro, que resultou na supressão de grandes áreas de mata nativa, inclusive, extensões consideráveis de mata ciliar, potencializando os processos erosivos dos solos.

Diante deste contexto degradador, estes processos e práticas adotadas foram fundamentais para que se iniciasse a redução da vazão do rio Doce. A Tabela 5.1 retratam os valores médios de vazão por década na estação de Colatina – ES, no baixo rio Doce. Estes valores mostram a redução da vazão, principalmente no período pós-declínio do ciclo madeireiro na década de 50.

Tabela 5. 1. Média de vazões por década na estação de Colatina – ES (1939-2008).

Década	Período	Vazão (m³/s)	Diferença com a década anterior (m³/s)
40	1941-1950	1313	-
50	1951-1960	927	-386
60	1961-1970	870	-57
70	1971-1977	720	-150
80	1983-1990	716	-4
90	1991-2000	845	129
2000	2001-2008	844	-1

Fonte: Hidroweb/ANA *apud* Coelho (2007).

Os valores mostram uma considerável redução na vazão do rio Doce ao longo das décadas. Um dado marcante foi a redução registrada entre as décadas de 1940 e 1950, posterior às épocas de maior desmatamento na bacia, quando as vazões caíram de 1.313 m³/s para 927 m³/s, uma queda de 386 m³/s. Foi identificada esta redução considerável, seguida de subsequentes reduções até os anos 90, quando obteve uma relativa recuperação. A partir de então, não houve registros, em uma década, de vazões superiores a 1.000 m³/s (COELHO, 2009).

Neste contexto de desmatamento e redução da vegetação nativa, o trabalho de Diniz *et al.* (2014), avaliou em um período mais recente, a relação do avanço da mineração com os impactos na cobertura vegetal na região do quadrilátero ferrífero, área pertencente a duas sub-bacias do rio Doce, a sub-bacia do rio Piranga e a sub-bacia do rio Piracicaba. A autora destaca que em função da grande quantidade de minério de ferro comercializada no Brasil nas últimas décadas sendo o maior aumento da área minerada constatado entre os anos de 2000 a

2011, o avanço na mineração impactou drasticamente a cobertura vegetal, de modo que uma grande área anteriormente coberta por vegetação florestal nativa foi suprimida, mostrando que os problemas persistem.

Outros fatores de ordem socioeconômica contribuem significativamente para a redução do volume de vazão no trecho mencionado, como a operação de dois reservatórios para geração de energia (Usinas Hidrelétricas de Aimorés e Mascarenhas), interferindo nas marés naturais do rio, e elevada população de municípios, como Linhares (124.581 hab.) e Colatina (106.677 hab.), com perspectivas de crescimento de indústrias no município de Linhares e adjacências, como a Aracruz (indústria de celulose que já transpõe parte das águas do rio Doce). Além dessas necessidades, estão sendo propostos projetos polêmicos, como a transposição de parte das águas da bacia do rio Doce para atender parte da Região Metropolitana da Grande Vitória, gerando um novo uso consultivo (COELHO, 2007).

De acordo com Coelho (2007), após a construção e operação da UHE de Mascarenhas, houve uma interferência na vazão do rio à jusante desta, a partir de dois principais aspectos: perdas significativas de água por evaporação do canal principal; maior frequência de vazões médias a baixas interferindo na dinâmica do transporte de sedimentos ao longo do perfil longitudinal.

Todos impactos gerados por estas atividades e práticas descritas para a bacia do rio Doce, são de certa forma coerentes com a análise dos dados de monitoramento de qualidade da água, principalmente relacionada ao considerável aporte de sólidos nos cursos d'água da bacia. Em praticamente todas as estações de monitoramento analisadas foi observado que parâmetros relacionados a sólidos como a turbidez e a série de sólidos (SST, SDT e ST), em diversos pontos foram responsáveis por maior variabilidade nos dados, além da elevada violação destes parâmetros dentro da bacia. Estes valores encontrados em grande parte das estações demonstram dentre outros problemas a falta de proteção destes cursos d'água, principalmente devido à retirada da mata ciliar em grande parte da Bacia, associado a grandes áreas de solo exposto, principalmente relativas a atividades minerárias e agropecuárias, favorecendo processos erosivos, assoreando os diversos cursos d'água.

O trabalho de Coelho (2007) resume esta situação, onde análises das séries históricas de vazões disponibilizadas pela ANA apontam que o rio Doce foi o rio que mais apresentou queda de vazão no Espírito Santo, em função de vários aspectos, entre eles, a ação do homem no processo de ocupação e exploração, desmatamento, ciclo madeireiro, construção e ferrovia, mineração, silviculturas (sobretudo eucalipto), irrigação, café, pecuária, urbanização, entre

outros. Neste contexto, Coelho (2009) destaca a importância do estudo das vazões ao longo dos anos como um dos instrumentos eficientes de gestão da bacia, pois permite estabelecer medidas adequadas, baseadas na realidade hídrica de determinado rio, a exemplo da melhor utilização da água.

ROMPIMENTO DA BARRAGEM DA SAMARCO EM MARIANA

Devido à abundância mineral, o estado de Minas Gerais tem como uma de suas principais atividades econômicas a mineração que, historicamente, movimentou a economia do estado. Embora necessária para suprir as necessidades atuais, a mineração tem afetado os recursos naturais de diversas formas, sendo atualmente a atividade com maior potencial de degradação ambiental no estado. Diversos trabalhos (BORBA, 2000; VIANA, 2007; DUARTE, 2008; CHRISTOFARO E LEÃO, 2009; TRINDADE, 2013; CALAZANS, 2015) tem destacado os impactos que a atividade minerária tem causado em diversas áreas de Minas, sobretudo na região do quadrilátero ferrífero, mostrando desta forma a grande importância no cenário de alteração da qualidade das águas superficiais.

Uma das características marcantes desta atividade é a grande geração de rejeitos, que seria a fração do processo que não tem aproveitamento econômico. A composição deste rejeito vai depender do tipo de processo utilizado para a retirada do mineral do solo, sendo este material normalmente acumulado em barragens. Por diversos fatores, estas barragens estão sujeitas a rompimentos, causando um grande prejuízo econômico, ambiental e social nas áreas afetadas.

As causas destes rompimentos podem estar relacionadas com a perda da precisão dos fatores que controlam a segurança das operações, ou seja, a falta ou falhas de instrumentação e monitoramento. Existem poucos casos de eventos não previsíveis ou causados por condições climáticas inesperadas (tais como terremotos, por exemplo), uma vez que o conhecimento de hoje permite a previsão destes eventos. Os incidentes e acidentes também são resultados de condições inadequadas de investigações de campo, projeto, construção, operação, monitoramento, ou a combinação destes (DUARTE, 2008).

Com a ocorrência de rompimentos de barragens com consequências mais graves, entre outros acidentes com repercussões ambientais, o órgão ambiental mineiro editou a Deliberação Normativa COPAM 62/2002 dispondo critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatórios de água em empreendimentos industriais e de mineração em Minas Gerais. Segundo a norma citada, posteriormente modificada pela

Deliberação Normativa COPAM 87/05, os parâmetros para a classificação de uma barragem são enquadrados como de baixo (classe I), médio (classe II) e alto (Classe III) potencial de dano ambiental. Critérios como a altura do maciço, o volume do reservatório, a ocupação humana a jusante, o interesse ambiental dessa área de jusante e as instalações existentes são mensurados para o enquadramento (VIANA, 2007).

Conforme inventário de barragens para o estado de Minas Gerais do ano de 2014, foram contabilizadas 754 estruturas cadastradas no Banco de Declarações Ambientais, sendo que 450 destas barragens são relacionadas a atividades de mineração. O restante está associado a atividades industriais e destilarias de álcool. Conforme dados de avaliação das barragens mineiras para o ano de 2013-2014, a FEAM detectou que, para 13 estruturas o auditor não conclui sobre a estabilidade por falta de dados e/ou documentos técnicos e para 29 estruturas não possuem estabilidade garantida pelo auditor (FEAM, 2014).

Chama-se atenção para o considerável número de barragens que não estão em plena conformidade, ou seja, não possuem a estabilidade garantida. A condição de estabilidade não garantida significa que o auditor, após os estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, análises visuais, avaliações das condições de construção (“as built”) e/ou condições atuais (“as is”) das estruturas, não garante que as mesmas estejam seguras. Esta falta de segurança pode ocorrer tanto pelo ponto de vista da estabilidade física do maciço quanto pelo ponto de vista da estabilidade hidráulica (passagem de cheias). Desta forma pode culminar futuramente no rompimento da estrutura, caso medidas preventivas e corretivas não sejam tomadas (FEAM, 2014).

O trabalho de Duarte (2008), destaca rompimentos de barragens no estado de Minas Gerais a partir do ano 2000. Em junho de 2001, o rompimento da barragem Mineração Rio Verde LTDA no município de Nova Lima, resultou em cinco mortes, danos à fauna, flora e a unidades de conservação, danos à adutoras de abastecimento de água e o assoreamento de rios. Em março de 2003 a barragem da Indústria Cataguazes de Papel, no município de Cataguases, rompeu, causando a interrupção no fornecimento de água. Em março de 2006, a empresa Rio Pomba Mineração Cataguazes, em Mirai, teve problemas em sua barragem, onde o vazamento de lama causou danos ambientais, prejuízos materiais e suspensão de abastecimento de água em cidades do estado de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. E, em janeiro de 2007, a empresa reincidente Rio Pompa Mineração Cataguazes em Mirai, após o rompimento da barragem, causou danos ambientais, prejuízos materiais, a suspensão do

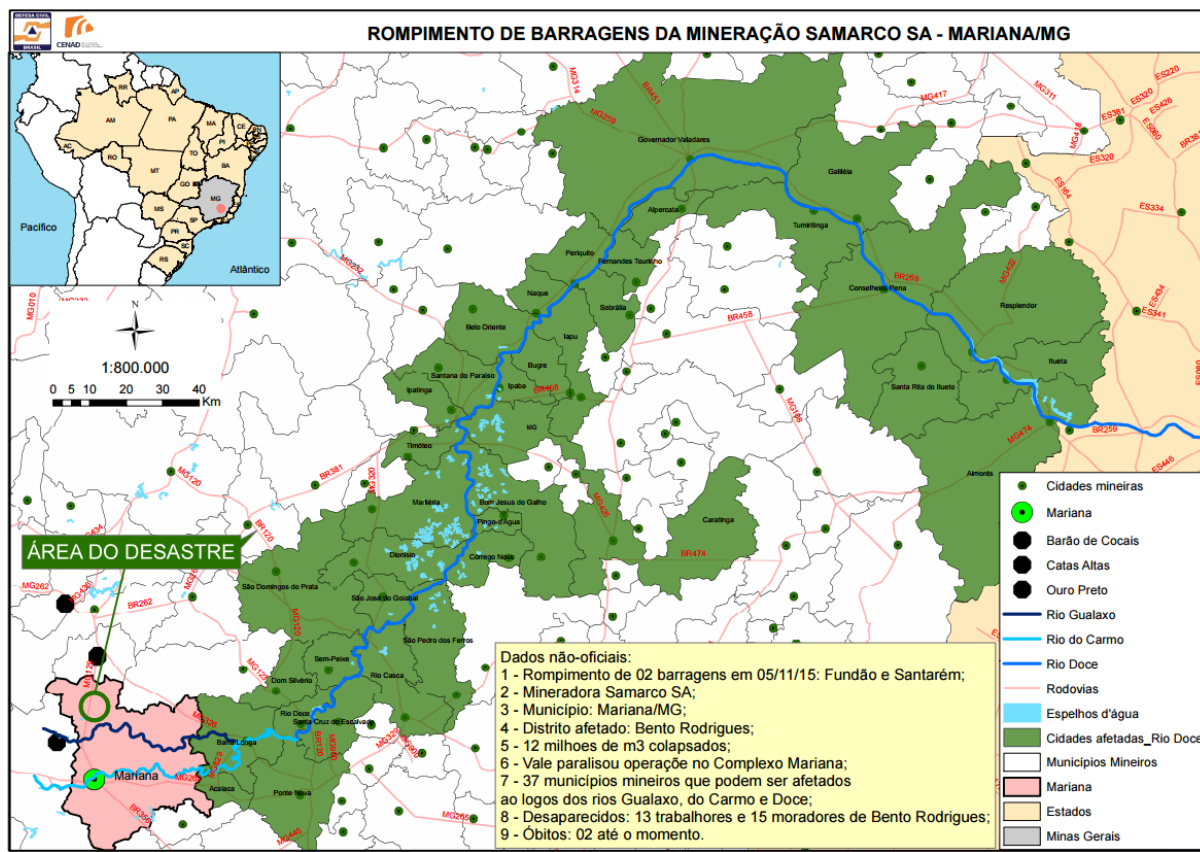
abastecimento de água e mais de 500 pessoas desalojadas. Destaque para a frequência de ocorrência destes eventos só em Minas Gerais, a partir do ano 2000.

No dia 05 de novembro de 2015, uma barragem denominada barragem de Fundão, instalada no distrito de Bento Rodriguez em Mariana – MG, rompeu, lançando uma grande quantidade de rejeitos, afetando diversos cursos d'água de grande parte da bacia do rio Doce. A barragem continha 50 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro, sendo que 34 milhões de m³ desses rejeitos foram lançados no meio ambiente e 16 milhões restantes continuam sendo carregados, aos poucos, para jusante e em direção ao mar, já no estado do Espírito Santo. Portanto, pode-se dizer que o desastre continua em curso (IBAMA, 2015). Essa situação é extremamente preocupante, uma vez que a barragem de Fundão não estava entre as barragens com maior incerteza quanto à instabilidade, conforme FEAM (2014).

De acordo com laudo técnico emitido pelo IBAMA (2015), foram evidenciados impactos agudos de contexto regional, entendidos como a destruição direta de ecossistemas, prejuízos à fauna, flora além de diversos prejuízos socioeconômicos, que afetaram o equilíbrio da bacia hidrográfica do rio Doce, com a desestruturação da resiliência do sistema.

Os rios afetados foram os rios Gualaxo do Norte, o rio do Carmo e o rio Doce. A Figura 5.5 mostra as áreas ao longo dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo, e do rio Doce, afetadas pelo rompimento da barragem de Mariana. Devido a grande quantidade de resíduos os dois primeiros não foram monitorados, pois foram assoreados. Das áreas afetadas, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM monitora, rotineiramente, a qualidade das águas do rio Doce por meio de 12 pontos de monitoramento localizados em sua calha, nos quais são realizadas coletas e análises mensais (IGAM, 2015b). Vale salientar que os dados e informações do mapa da Figura 5.5 são referentes à data de 07 de novembro de 2015, dois dias após o rompimento da barragem, podendo, portanto ter sofrido modificações, principalmente com relação ao número de óbitos e desaparecidos.

Figura 5. 5. Rompimento de barragens e áreas ao longo dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo, e rio Doce.



Fonte: CENAD, (2015).

Inicialmente, esse rejeito atingiu a barragem de Santarém logo a jusante, causando seu galgamento e forçando a passagem de uma onda de lama por 55 km no rio Gualaxo do Norte até desaguar no rio do Carmo. Neste, os rejeitos percorreram outros 22 km até seu encontro com o rio Doce. Através do curso deste, foram carregados até a foz no Oceano Atlântico, chegando ao município de Linhares, no estado do Espírito Santo, em 21/11/2015, totalizando 663,2 km de corpos hídricos diretamente impactados (IBAMA, 2015).

Em decorrência do rompimento desta barragem, que é de propriedade da empresa SAMARCO controlada pelas empresas Vale e BHP Billiton, o IGAM solicitou ao Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente, a realização de coletas e análises emergenciais da qualidade da água no rio Doce, trabalho este que se iniciou no dia seguinte ao evento, com o planejamento do roteiro e deslocamento da equipe para a área. Após as coletas, foram avaliados os parâmetros: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, turbidez e arsênio total, bem como os metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, cobre dissolvido, cromo total, cádmio

total, chumbo total manganês total, mercúrio total e níquel total (IGAM, 2015b). O Quadro 5.2 mostra as estações de monitoramento avaliadas, bem como a localização de cada estação.

Quadro 5. 2. Descrição das estações de monitoramento avaliadas no rio Doce.

Estações	Localização da estação
RD072	No município de Rio Doce
RD019	Entre os municípios de Rio Casca (MG) e São Domingos do Prata(MG)
RD023	Entre os municípios de Marliéria (MG) e Pingo-D'água (MG)
RD035	No município de Ipatinga (MG)
RD033	No município de Belo Oriente (MG)
RD083	A jusante do município de Periquito (MG)
RD044	Na cidade de Governador Valadares (MG)
RD045	A jusante da cidade de Governador Valadares (MG)
RD053	No município de Tumiritinga (MG)
RD058	No município de Conselheiro Pena (MG)
RD059	No município de Resplendor (MG)
RD067	No município de Aimorés (MG)

Fonte: IGAM (2015b) adaptado.

De acordo com IGAM (2015b), após o rompimento da barragem, conforme monitoramento emergencial para os diversos parâmetros, houve picos de concentração e, com a passagem da pluma de poluição, estes valores tem diminuído devido a uma capacidade de autodepuração do curso d'água, mas ainda extremamente superiores às condições normais das áreas afetadas.

Vale salientar que o presente trabalho apresentou uma análise dos dados de monitoramento de qualidade da água da porção mineira do rio Doce, para o período de outubro de 2008 a abril de 2014, anterior ao rompimento da barragem de Mariana, portanto os resultados encontrados no trabalho não serão afetados pelo desastre ambiental. Neste sentido há de se salientar a importância de se ter um panorama das áreas afetadas em momentos anteriores ao evento. Situação esta que poderá servir de base para avaliar a recuperação das áreas afetadas a partir da situação anterior ao rompimento da barragem. Destaca-se ainda o fato que das 64 estações monitoradas pelo IGAM, 12 estações foram afetadas pelo rompimento da barragem, número inferior a 20% das estações, havendo, portanto um grande número de estações e análises que não sofrerão interferência do evento.

Portanto, além de todos os problemas que a porção mineira da bacia do rio Doce tem enfrentado, desde o processo de sua ocupação até os dias atuais, com diversas atividades com alto potencial degradador da qualidade da água, a bacia possui também grande susceptibilidade à degradação ambiental ocasionada por eventos extremos como os associados ao rompimento de barragens. Diante dos dados apresentados fica evidente a necessidade por

maior atenção dos órgãos de licenciamento e fiscalização destas atividades, buscando a prevenção destes eventos que, em muitos casos, são irreversíveis do ponto de vista ambiental.

ENCHENTES

Guerra e Barbosa (1996) *apud* Cupolillo (2008) afirmam que o modelo de desenvolvimento econômico-regional imediatista implantado na bacia do Doce, principalmente a partir dos anos 70, levou a um alto grau de degradação ambiental, influenciando negativamente as complexas interações existentes na dinâmica socioambiental. Neste contexto de avaliação de como se deu a ocupação da bacia do rio Doce, foi abordado em alguns estudos, (GUERRA; BARBOSA, 1996 *apud* CUPOLILLO, 2008; CUPOLILLO, 2008), que uma ocupação realizada de forma predatória pode levar a problemas não só de ordem ambiental, como problemas sociais e econômicos.

A partir da metade do século XX, a região experimentou um acelerado processo de ocupação/transformação com supressão de suas matas, refletindo em alterações significativas na dinâmica das águas precipitadas (COELHO, 2007). Ao mesmo tempo em que todo este processo de ocupação modificou as condições naturais da bacia, levando a uma considerável redução na vazão dos principais rios, os processos erosivos e o consequente assoreamento destes têm reduzido a seção da calha dos rios e, desta forma, a capacidade de absorção de grandes vazões.

Entre as consequências desta degradação estão as enchentes urbanas, que ocorrem em vários municípios. Estas inundações se concentram entre os meses de dezembro a março, período das cheias na região sudeste, e são causadas em grande parte, pela perda crescente da cobertura vegetal nativa, provocando assoreamento dos cursos d'água; falta de regulamentação da ocupação e uso do solo; ocupação das várzeas e impermeabilização das áreas urbanas; bem como frequência elevada dos eventos chuvosos potencialmente causadores de inundação (CPRM, 2014). Tonello *et al.* (2006) também destacam que os principais motivos, além dos mencionados, estão a classe de solo e intensidade das chuvas associada à maior declividade, que conduzem à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo, resultando em enchentes e sujeitando a bacia à degradação socioambiental.

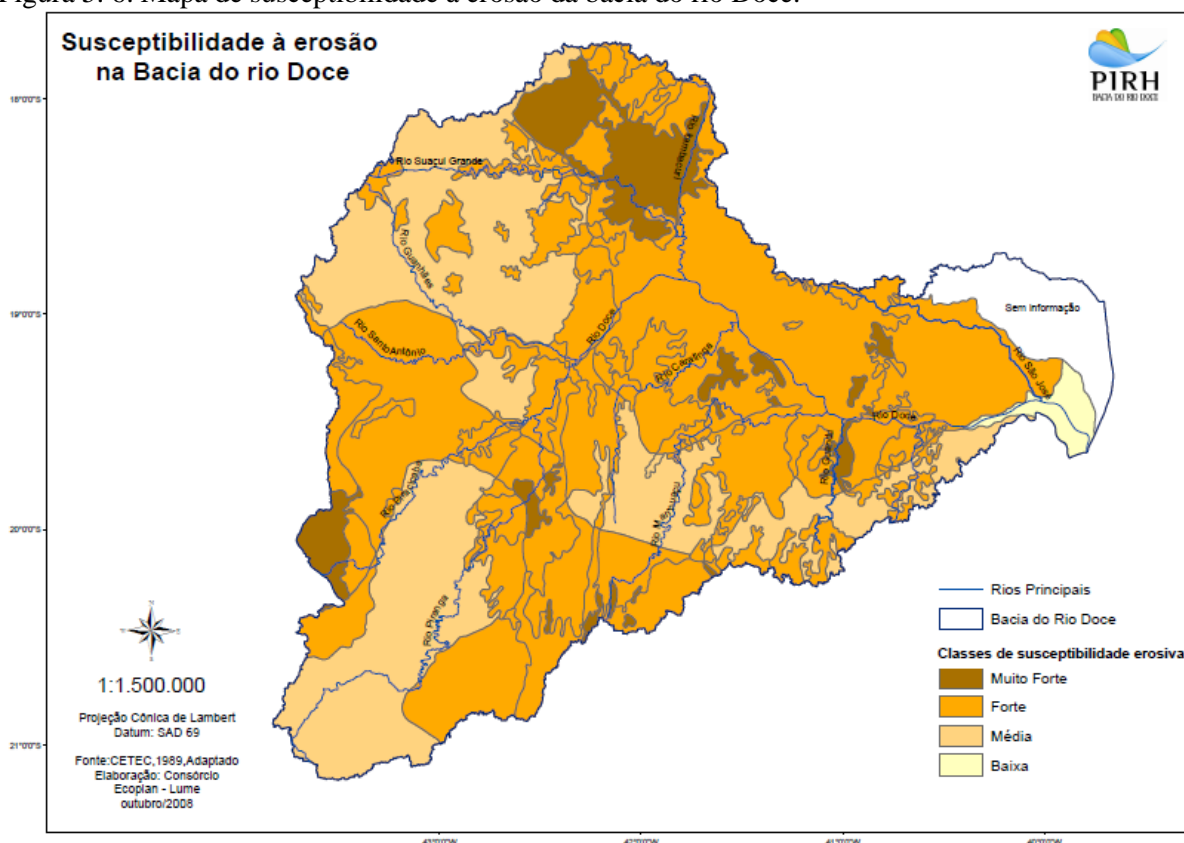
Neste sentido, foi criado o sistema de alerta de enchentes da bacia do rio Doce. O sistema é uma medida não estrutural, cujo objetivo é contribuir para a diminuição dos prejuízos

causados por cheias nas bacias hidrográficas. Inaugurado em 1997, atualmente o sistema é executado em parceria entre a CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte, a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). O sistema beneficia os municípios de Ponte Nova, Nova Era, Antônio Dias, Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Conselheiro Pena, Aimorés, Baixo Guandu, Colatina e Linhares (CPRM, 2014).

Um dos casos mais emblemáticos é o da sub-bacia do rio Piranga que, nos últimos anos, tem apresentado grandes cheias, causando prejuízo ao município de Ponte Nova e outros ribeirinhos, situados na cabeceira da Bacia. Em dezembro de 2008 foi registrada a maior cheia de toda a série histórica disponível para município de Ponte Nova. Neste período o nível do rio Piranga ultrapassou o último lance de réguas da estação fluviométrica que monitora a variação do nível d'água no município (MATOS *et al.*, 2013). O autor destaca ainda o período entre final de novembro de 2011 e a primeira quinzena de janeiro de 2012 quando foi registrada a segunda maior cheia ocorrida em Ponte Nova.

O que ocorre geralmente nessas áreas é a chegada mais rápida das águas das chuvas para os tributários e a calha principal do rio por fluxos concentrados, que provocam processos de erosões, do tipo laminar, ravina e voçoroca, transportando quantidades expressivas de sedimentos que, por sua vez, causam assoreamento e a ocorrência de cheias mais frequentes nos rios. Antes, grande parte da chuva era absorvida pelo solo, em função da vegetação existente, mas atualmente, grande parte dessas águas passa a ser escoada superficialmente em direção à calha do rio levando quantidades consideráveis de sedimentos, o que potencializa os processos de assoreamento e enchentes (COELHO, 2007). Este quadro de erosão massiva na bacia do rio Doce, que contribui para o assoreamento dos cursos d'água e as enchentes, é representado na Figura 5.6, que mostra a susceptibilidade da bacia do rio Doce à erosão. O mapa evidencia o tamanho do problema que enfrenta a bacia, com a grande maioria de sua área representada pelas classes de susceptibilidade erosivas “forte” e “muito forte”.

Figura 5. 6. Mapa de susceptibilidade à erosão da bacia do rio Doce.



Fonte: IGAM (2010b).

No entanto, vale salientar que os problemas de inundações urbanas que ocorrem ao longo da bacia não são advindos somente da degradação ambiental recorrente desde o início do processo de ocupação da bacia, mas causados também por uma falta de ordenação no uso e na ocupação destas áreas. Embora os processos de degradação mencionados favoreçam as enchentes, a ocupação irregular de áreas de risco possuem importante papel no atual quadro, em virtude também de uma má gestão política dos espaços.

Cuppollillo (2008) em estudo realizado para o município de Caratinga destaca que a maior parte dos municípios ocupa de maneira desorganizada o espaço que, por direito e de fato pertence aos rios, ou seja, suas planícies de inundação. Desta forma, as populações destas cidades convivem com a expectativa, durante a estação chuvosa, da ocorrência de novas inundações, que acarretam enormes prejuízos materiais em todos os setores socioeconômicos. Desta forma a ocupação irregular, juntamente com o atual estado da bacia tem contribuído para ocorrência destes eventos.

Outro ponto de destaque seria a variação dos parâmetros de qualidade da água em situações que tenha ocorrido o extravasamento da calha natural dos cursos d'água. Deve se chamar a

atenção para os picos de variação de diversos parâmetros em situações de extravasamento da calha dos rios. De acordo com o trabalho de Hrdinka *et al.* (2012), ao sair da calha principal o rio arrasta grande quantidade de material, o mais variado possível, levando a picos de alteração para os mais diversos parâmetros de qualidade da água. Em seu trabalho para rios da República Tcheca, o autor destaca que durante inundações foi detectado um aumento substancial nas concentrações de diversos parâmetros, principalmente nas concentrações de metais (até 1760%), compostos orgânicos específicos (até 1410%), coliformes fecais (136%) e nitratos (121%). Estas concentrações elevadas são atribuídas principalmente a concentrações extremas de sólidos suspensos predominantemente originários de grandes desmoronamentos aluviais (depósitos de sedimentos minerais e orgânicos). Portanto, além de todos os problemas sociais e econômicos provenientes das enchentes, estas alteram sensivelmente a qualidade da água.

Desta forma, após a análise estatística da série histórica dos parâmetros de monitoramento de qualidade da água, associada à análise dos aspectos socioambientais, como a ocorrência de enchentes, fica evidente a relação dos altos valores encontrados para a série de sólidos (SST, SDT e ST) e da turbidez dos parâmetros monitorados, com a ocorrência das enchentes. A vulnerabilidade da bacia a erosões é altíssima, desta forma é constante o aporte de sólidos aos cursos d'água intensificando o assoreamento e as cheias. Esses fatores associados aos processos ocorridos na ocupação da bacia, juntamente com as principais atividades econômicas desempenhadas e ao baixo percentual de cobertura vegetal na bacia, com aproximadamente 7% desta cobertura (TUNDISI & SAIJO, 1997 *apud* RAMOS, 2008), torna inevitável as enchentes.

IMPACTOS ECONÔMICOS

No trabalho foram observadas algumas regiões notadamente mais impactadas, bem como diversos parâmetros que têm se mostrado mais importantes no quadro de degradação da bacia. Todas estas alterações na qualidade ambiental da porção mineira da bacia do rio Doce têm afetado não só o meio ambiente, mas toda uma população que sobrevive da utilização direta e indireta dos diversos rios da bacia e tem sido afetada por esse mau uso que tem se dado aos recursos naturais.

Alguns trabalhos retratam a situação de comunidades afetadas. Coelho (2007) chama atenção para o processo de redução da vazão do rio Doce, que tem provocado danos irreparáveis como o comprometimento de solos junto à desembocadura (provável avanço da cunha salina),

alterações na morfologia de praias adjacentes, contribuindo para danos sociais para comunidades que dependem do rio, como os pescadores e pequenos agricultores, gerando um conflitos de usos.

Costa *et al.* (2000), em pesquisa na atual Região Metropolitana do Vale do Aço observou que os efeitos da monocultura do eucalipto provoca não só alterações sobre o meio físico (fauna, flora, solos, etc.) como também nas populações que moram nessas áreas e tiram da terra grande parte de seu sustento. A pesquisadora identificou o que ocorre, na maioria dos casos, é o comprometimento dessas terras pela monocultura, que reduz, sensivelmente, a disponibilidade da água de subsuperfície, secando inúmeros corpos d'água, além de causar outros efeitos físicos negativos, forçando as famílias a vender suas terras e migrarem para áreas periféricas dos centros urbanos. Assim, as consequências ambientais do reflorestamento são transferidas para o meio ambiente urbano através da mobilidade dessa população. Neste contexto, o crescimento da atividade florestal gerou externalidades negativas no que se refere à configuração do espaço no meio rural, principalmente na criação de latifúndios motivados pelos incentivos fiscais (SILVA, 1994 *apud* SOUZA *et al.*, 2009).

Coelho (2007), destaca ainda que os impactos nestas áreas são consideravelmente maiores para a parcela da população com condições socioeconômicas mais deterioradas, desenraizadas e precariamente inseridas no mercado de trabalho, ocupando as áreas menos favorecidas e com um custo ambiental muito maior.

Essa situação de deslocamento populacional urbano é corroborada pelo IGAM (2010b), que realizou a análise da taxa de crescimento demográfico para as seis sub-bacias da porção mineira da bacia do rio Doce, no período de 1980 a 2007, apontando um significativo crescimento da população urbana e decréscimo da população rural.

Neste contexto em que os problemas ambientais têm afetado a população que depende do rio, após a instalação das barragens no rio Doce e da nova dinâmica fluvial inserida, no que diz respeito à fauna aquática, praticamente não há formas dos peixes subirem o rio em determinadas épocas do ano em função da forma da barragem (não existem escadas para os peixes). A subida somente é possível nos eventos de cheias excepcionais, com a abertura dos vertedouros (COELHO, 2007), afetando a reprodução de diversas espécies de peixes e consequentemente as comunidades ribeirinhas que vivem do rio.

As interferências na bacia por mais que busquem o desenvolvimento, a geração de empregos e os “ganhos” econômicos, devem ser analisadas em longo prazo e de forma integrada. O que se vê é um uso indiscriminado dos recursos naturais afetando direta ou indiretamente a sobrevivência de parte da população da bacia que depende disso, em um processo relativamente lento, porém em muitos casos, irreversível.

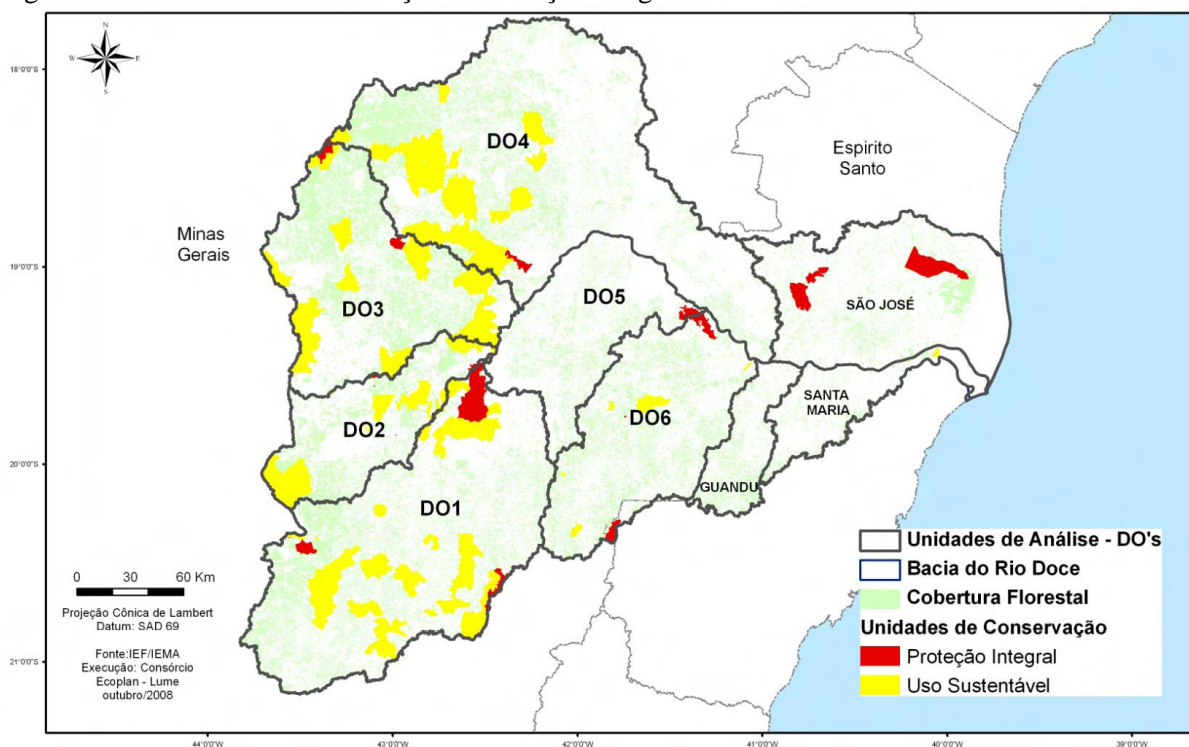
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Ainda com relação à análise dos possíveis impactos que as alterações na qualidade das águas da porção mineira da bacia do rio Doce possam estar causando, é importante destacar a interação da alteração da qualidade da água com as áreas protegidas, gerando uma grande preocupação sob o ponto de vista ambiental. Neste sentido o trabalho buscou também discutir as relações e os possíveis impactos nestas áreas.

A Lei 9.985/2000 define diferentes categorias de unidades que vão compor o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, dividindo-as em dois grupos: as unidades de proteção integral que objetivam preservar a natureza, admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, e as unidades de uso sustentável que objetivam combinar a conservação ambiental com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais (IGAM, 2010b).

De acordo com as fontes oficiais dos Governos Estaduais de Minas Gerais e do Espírito Santo, representados, respectivamente, pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF e Instituto Estadual de Meio Ambiente - IEMA, na bacia do rio Doce existem atualmente regularizadas e implementadas 19 UC's de Proteção Integral. Estas estão divididas nas categorias Parque (dois nacionais, sete estaduais, três municipais), duas Estações Ecológicas (uma estadual e outra municipal), quatro Reservas Biológicas (três federais e uma municipal) e um Monumento Natural federal. Existem ainda na bacia hidrográfica do rio Doce, conforme as informações repassadas pelos órgãos ambientais, 60 Áreas de Proteção Ambiental (uma federal, cinco estaduais e 54 municipais); uma Área de Relevante Interesse Ecológico estadual; uma Floresta Estadual; e 20 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (onze federais e nove estaduais) (IGAM, 2010b). A Figura 5.7 mostra as Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável da bacia do rio Doce.

Figura 5. 7. Unidades de conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável da bacia do rio Doce.

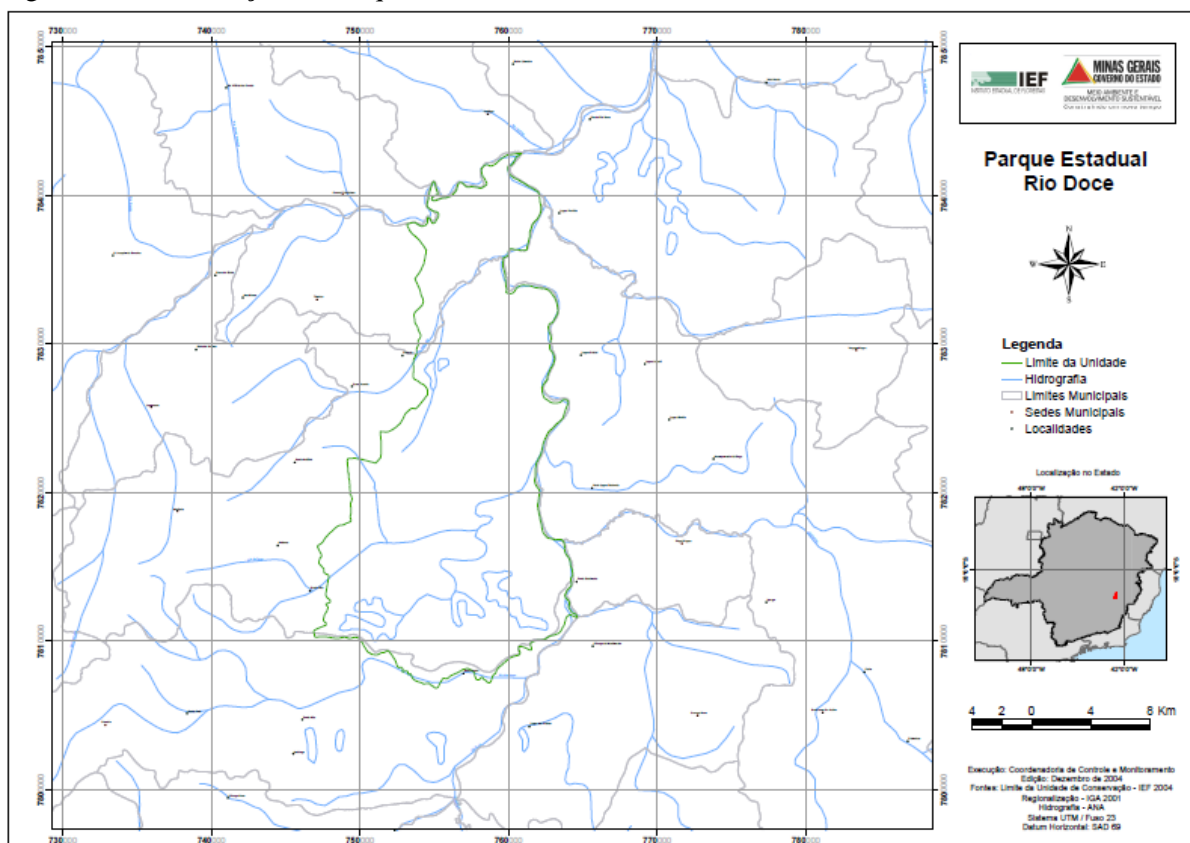


Fonte: IGAM (2010b).

A UPGRH analisada que possui o maior percentual de proteção é a do rio Piranga (DO1), com praticamente 3% total de sua área protegida. Em parte, isso ocorre porque nesta unidade se encontram a maior UC da bacia do rio Doce: o Parque Estadual do rio Doce. As unidades Santo Antônio e Manhuaçu também possuem importantes UCs, mais notavelmente os Parques Nacionais da Serra do Cipó e Serra do Caparaó respectivamente. (IGAM, 2010b).

Conforme mencionado, o Parque Estadual do Rio Doce – PERD se destaca como sendo a maior e uma das mais importantes UC's da bacia do rio Doce e de Minas Gerais. O Parque abriga a maior floresta tropical de Minas, em seus 35.970 hectares, além de ser a primeira unidade de conservação estadual criada em Minas Gerais. Está situada na porção sudoeste do estado, região do Vale do Aço, inserido nos municípios de Marliéria, Dionísio e Timóteo (IEF, 2015). O sistema hídrico do parque é formado por um conjunto de cerca de 50 lagoas (6% de sua área), sendo 21 já totalmente assoreadas por processos naturais (MORETTO, 2001). A Figura 5.8 mostra a localização do Parque Estadual do rio Doce – PERD.

Figura 5. 8. Localização do Parque Estadual do rio Doce.



Fonte: IEF (2016).

Embora à primeira vista os impactos na qualidade dos cursos d'água da bacia do rio Doce venham a influenciar a qualidade ambiental das lagoas e, conseqüentemente, do PERD, foi constatada a inexistência destes impactos, uma vez que as lagoas não possuem conexão com os cursos d'água da bacia. Conforme Moretto (2001), os lagos desse sistema são, predominantemente permanentes e fechados, ou seja, não recebem e nem exportam água de tributários. O ciclo hidrológico é regido pelo aporte de água das chuvas diretamente ou pelo escoamento na bacia de drenagem e do lençol freático, sendo a perda de água ocasionada pelo processo físico de evaporação e pela transpiração das macrófitas. A variação do nível da água dessas ocasiona-se principalmente pelo regime pluviométrico, não havendo influência de rios como ocorre em algumas lagoas do Pantanal por exemplo, as quais são submetidas a um pulso de inundação (ESTEVES, 1988; JUNK & SILVA, 1999 *apud* PIVARI 2008).

Dessa forma, as principais alterações na qualidade destes sistemas ocorrem devido a variações nas características químicas, físicas e biológicas do material alóctone que é carregado do sistema terrestre. Na área onde se encontra o Parque Nacional do Rio Doce as lagoas estão preservadas e a paisagem no entorno praticamente inalteradas (MORETTO, 2001).

A análise dos dados de monitoramento de qualidade da água da porção mineira da bacia do rio Doce agrupou as UPGRHs dos rios Caratinga e Suaçuí Grande como as mais impactadas. Informação esta que é coerente com o relatório do IGAM (2010b), pois estas sub-bacias estão entre as que possuem o menor percentual de áreas protegidas para a área analisada. Ao passo que as UPGRHs do rio Piranga, Santo Antônio e Manhuaçu, com exceção da primeira, são as sub-bacias que apresentaram os melhores níveis de qualidade da água. Esta análise mostra a possível relação entre o percentual de áreas protegidas e o grau de degradação da bacia evidenciada pelos parâmetros de monitoramento de qualidade da água.

REFLEXOS NA PORÇÃO CAPIXABA DA BACIA DO RIO DOCE

É importante salientar que os impactos ambientais descritos e ocorridos na Bacia do rio Doce extrapolam o limite estadual. Sua porção capixaba, à jusante da porção mineira, vem lidando continuamente com os diversos problemas ocorridos a montante. Essa situação em que o estado do Espírito Santo tem sofrido severas consequências de uma má gestão dos recursos hídricos da Bacia é destacada no trabalho de Coelho (2007), onde o autor relata que o trecho do canal principal do rio Doce, desde o município de Aimorés (divisa entre MG e ES) até a desembocadura, é um dos mais complexos da bacia, apresentando um cenário de prováveis conflitos.

Um claro exemplo de como os processos ocorridos na porção mineira da bacia do rio Doce tem afetado a porção capixaba é a redução considerável da vazão do rio Doce. Um reflexo das transformações socioambientais ocorridas no interior da bacia como o ciclo madeireiro que interferiu na dinâmica das águas precipitadas (redução da infiltração no solo), escoando diretamente para os cursos d água (COELHO, 2007).

Dentre os problemas que vêm ocorrendo, do ponto de vista da dinâmica hídrica, a queda dos valores de vazão, em função das novas demandas intensificará, em médio prazo, respostas morfodinâmicas ampliadas ao longo do canal fluvial, a redução no transporte de sedimentos e seu aporte junto à desembocadura com o mar, desencadeando processos erosivos mais frequentes nas praias adjacentes em função da baixa reposição sedimentar (há mais retirada que reposição de sedimentos), o que produz resultados semelhantes aos registrados na foz dos rios Paraíba do Sul e São Francisco (COELHO, 2007).

Outro reflexo negativo para a porção capixaba da Bacia, ainda no contexto de redução da vazão, refere-se à perda de água para irrigação. Em relação às principais demandas de água, o

trabalho de Coelho (2009) constatou através de estudos realizados no interior de toda a Bacia, que a agricultura irrigada é muito mais presente no estado Espírito Santo, afetando desta forma o abastecimento de água para este fim no estado.

Estes valores reduzidos de vazão colocam os municípios e indústrias, inseridos na Bacia a jusante das UHEs (Usinas Hidrelétricas de Aimorés e Mascarenhas), e o próprio estado do Espírito Santo em uma situação bastante delicada, uma vez que a bacia do rio Doce é a maior em área e disponibilidade de água (superficial) para o estado capixaba, podendo, num futuro próximo, gerar conflitos decorrentes dos diversos usos da água e das novas demandas, como o abastecimento dos municípios inseridos na bacia e de parte da região metropolitana de Vitória, sem mensurar, os efeitos geomorfológicos no canal principal e da desembocadura com o mar (COELHO, 2007). Neste contexto pode-se afirmar que a região do Baixo Doce, onde estão localizadas as sub-bacias capixabas, se encontra em uma condição de escassez de outorgas, visto que em todas as sub-bacias foi identificado que as vazões retiradas, lá localizadas, praticamente se igualam ou superam a vazão total outorgável (IGAM, 2010b).

Portanto em virtude desta relação entre as duas porções da bacia do rio Doce é necessário uma melhor conexão entre os estados, principalmente na formulação de políticas públicas de gestão dos recursos hídricos. Coelho (2007) destaca este ponto sobre a necessidade de maior integração dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (inseridos na bacia) em projetos de educação ambiental ou projetos voltados para conservação e recuperação das matas ciliares no canal principal e sub-bacias.

PROGRAMAS DE MELHORAMENTO

Embora o processo de degradação da Bacia ocorra de forma acentuada há cerca de um século, atualmente a bacia do rio Doce tem recebido maior atenção, primeiramente pela escassez hídrica do rio Doce e de outros rios da bacia, comprometendo os diversos usos dos recursos hídricos, inclusive o abastecimento de água. Associado a isto, tem-se ainda a recente catástrofe ambiental de Mariana com o rompimento de uma barragem de rejeitos da mineração.

O histórico de interação entre a sociedade civil, poder público e setor produtivo na bacia do rio Doce apresenta marcos que definem o nível de articulação intersetorial observado atualmente por: criação dos Comitês de Bacias do Doce a partir de 2002; assinatura do Pacto pela Gestão Integrada da Bacia do Rio Doce, entre os estados de Minas Gerais, Espírito

Santo, a União e o Comitê de Bacias, em 2010; elaboração do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH), em 2010; definição de uma única Agência de Bacias para os Comitês do Rio Doce, em 2011; início da cobrança pelo uso da água na Bacia, em 2011; Protocolo de Compromisso para recuperação da disponibilidade de água, entre os Governos do Espírito Santo e Minas Gerais, e o Instituto Bioatlântica - IBIO, em 2013; lançamento do Pacto pelas Águas entre os setores produtivos (FIEMG e FAEMG) e o Governo do Estado de Minas Gerais, em 2015; apoio ao Programa de Disponibilidade de Água da bacia do rio Doce (PDA DOCE), coordenado pelo IBIO, pelas Federações da Indústria e da Agricultura de Minas Gerais, assinado em 1º de Setembro de 2015 (CBH Doce, 2015).

Neste sentido, um programa que busca a recuperação da bacia do rio Doce é o Programa de Disponibilidade da Água da bacia do rio Doce – PDA Doce. Desde 2011, o Instituto Bioatlântica – IBIO atua como Agência de Bacias dos Comitês do rio Doce, gerenciando os recursos públicos da cobrança pelo uso da água. Em conjunto com Comitês de Bacias, associações setoriais, como as Federações da Indústria e da Agricultura, empresas e órgãos gestores, busca consolidar o processo de planejamento integrado por meio do PDA Doce (CBH Doce, 2015).

O PDA Doce tem como objetivo promover ações integradas para aumentar a resiliência ambiental das áreas mais vulneráveis da bacia, por meio de três principais linhas de ação: recuperação da mata nativa, agricultura sustentável e uso racional da água. Os maiores problemas para a recuperação da bacia estão nos custos de implantação dos projetos. Levantamento por sensoriamento remoto apontam estimativas de um custo de 3,5 bilhões de reais para a recuperação de APPs na bacia do rio Doce (CBH Doce, 2015).

A aplicação dos recursos, provenientes da cobrança pelo uso da água na Bacia, será orientada pelo Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos. O plano define prioridades, ações, programas e projetos, tendo como objetivo o planejamento dos usos múltiplos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, contemplando as metas a serem alcançadas e a compatibilização dos usos com a conservação dos recursos hídricos (CBH Doce, 2016).

Para recuperação da bacia os comitês têm priorizado três pontos principais, o saneamento, a recuperação de nascentes e o uso racional de água na agricultura. Conforme CBH Doce (2016), com relação ao saneamento ações tem sido executadas no sentido da universalização

do saneamento como prioridade para a bacia, sendo financiada pelos Comitês a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) de mais de 150 municípios da bacia que não possuíam o documento e nem recurso para sua execução. Planeja-se a partir de 2016 alocar os recursos obtidos em programas de abastecimento de água além de outros programas de saneamento na bacia, e a expansão do saneamento rural.

Para a recuperação de nascentes, um programa foi colocado como prioridade nas ações dos Comitês para os próximos cinco anos. O Programa de Recomposição de APPs e Nascentes, que consiste no levantamento de áreas críticas e prioritárias para recomposição ou adensamento de matas ciliares e de topos de morro, além de caracterização e recuperação de nascentes e áreas degradadas. Para o terceiro ponto, o uso racional no campo, foi criado o Programa de Incentivo ao Uso Racional da Água na Agricultura com o objetivo de combater o desperdício de água no campo através da utilização de recursos oriundos da cobrança pelo uso da água, financiamento e assessoria técnica pelos comitês de bacia (CBH Doce, 2016).

Aliado a isso, o PDA Doce apresenta metodologias e linhas de ações congruentes e alinhadas com programas de diversas fontes governamentais e privadas. Destaca-se nesse contexto o Instituto Terra que, desde 2010, por meio do Programa Olhos D'água, a partir de uma parceria do Instituto com produtores rurais, capacita e fornece insumos para promover a recuperação de nascentes na região do médio Doce.

Desta forma, nos últimos anos, principalmente devido a uma maior organização dos comitês da bacia hidrográfica do rio Doce, é observada uma maior articulação dos envolvidos no que tange a programas de recuperação. No entanto o que se vê na prática, principalmente com relação aos resultados das análises estatísticas dos diversos parâmetros de qualidade da água, é um alto nível de poluição, evidenciando problemas em a toda a bacia, principalmente com relação à mineração e ao saneamento. Vieira (2010) considerou em seu trabalho que as ações para conservação na bacia do rio Doce até o momento tem sido bastante tímidas. Neste sentido é necessário uma intervenção em caráter emergencial do poder público para recuperação da bacia. Embora algumas medidas estejam sendo tomadas visando a sua recuperação, o que se percebe é um grande número de planejamento e programas sem ações efetivas.

5.4 Conclusão

De uma maneira geral os resultados foram satisfatórios, pois mostraram a relação existente entre os parâmetros de qualidade da água e a análise socioambiental da bacia. Esta análise proporcionou uma visão holística do que ocorre na porção mineira da bacia do rio Doce, integrando os diversos fatores mencionados. Ficou evidente que os tópicos discutidos no capítulo têm grande importância no processo de degradação da qualidade da água na bacia e ao mesmo tempo fornecem informações sobre possíveis alternativas que possam ser tomadas para a sua recuperação. Neste sentido, há de se destacar alguns pontos importantes discutidos.

O processo e a forma de ocupação da bacia hidrográfica estão intimamente conectados com os principais problemas socioambientais atuais, e que são refletidos na qualidade da água. Esse enfoque no passado foi de suma importância para entender as principais formas e rotas de degradação, que tiveram como motivação as riquezas naturais da Bacia, seja no ouro, na madeira, no ferro ou nas terras férteis. Ao mesmo tempo em que essa abundância de recursos naturais trouxe o desenvolvimento de atividades para a Bacia, ela trouxe também uma soma de passivos ambientais que até hoje vem sendo paga, devido à manutenção do cenário degradador.

Embora superior aos valores nacionais, o baixo percentual de municípios que tem como prática a realização do licenciamento ambiental de suas atividades é um fator preocupante. Muitos municípios com certo grau de desenvolvimento e, conseqüentemente, capacidade de degradação, desenvolvem suas atividades sem nenhuma regulamentação. Por outro lado empreendimentos licenciados em nível estadual, embora apresentem um elevado número de licenças expedidas, não têm conseguido refletir no meio ambiente a regularização ambiental de suas atividades devido a falhas, principalmente, no pós-licenciamento.

O saneamento se mostrou como um dos pontos mais negativos da Bacia. Situação que retrata o estado de Minas Gerais e de forma geral o Brasil, onde, principalmente a inexistência ou a ineficiência do tratamento de esgoto, tem causado grande contaminação por esgotos domésticos, evidenciado principalmente pela elevada concentração de coliformes termotolerantes na Bacia. Questões de ordem política e econômica tem sido o maior entrave para se reverter este quadro.

Com relação aos eventos extremos, como a redução da vazão e as enchentes em diversos pontos da bacia, não existe uma causa principal, sendo estas associadas a um acúmulo de

situações ao longo do tempo. Seja pelo processo de ocupação da bacia, que levou a um desmatamento que praticamente extinguiu a mata nativa, ou pelas diversas atividades com alto potencial de degradação e erosão desenvolvidas atualmente, e responsáveis por grande parte do aporte de sólidos na bacia. Essa situação associada à ocupação de áreas de risco tem impulsionado este quadro. Há de se destacar ainda a possibilidade de outros eventos extremos, como o rompimento de barragens de rejeitos, causando danos socioambientais irreversíveis. Situação esta com ocorrência alta em todo o estado de Minas Gerais, diretamente relacionada a alguns dos principais problemas apontados no processo de licenciamento ambiental do Estado.

Estes impactos mencionados têm extrapolado a esfera ambiental. Diversos impactos econômicos têm ocorrido na agricultura e na pesca, onde o assoreamento dos rios, associados à construção de barragens e a redução da vazão tem inviabilizado estas atividades. Além do êxodo rural provocado pelas atividades que se inserem neste contexto, viabilizadas principalmente pelo desmatamento da bacia, tirando famílias do campo e obrigando-as a se mudarem para as cidades, sobretudo em virtude da monocultura do eucalipto. Estes impactos não se restringem apenas ao estado de Minas Gerais, extrapolando também estes limites, onde a maioria dos problemas que ocorrem à montante prejudicam áreas à jusante, seja pela diminuição da qualidade da água, seja pela redução da vazão, comprometendo diversos usos no Espírito Santo.

No entanto existem atualmente alguns programas que visam o melhoramento da bacia, como o Programa de Disponibilidade da Água da bacia do rio Doce – PDA Doce, que por meio de verbas obtidas pela cobrança da água na bacia, embora tímidas, vêm desenvolvendo ações de melhoria na bacia, principalmente a partir da associação com outros órgãos parceiros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo integrado dos parâmetros de qualidade da água da porção mineira da bacia do rio Doce, a partir de diversas técnicas estatísticas, juntamente com a análise dos seus principais aspectos socioambientais, foram fundamentais para o entendimento dos principais processos de transformação e degradação da Bacia. A integração destes dados além de auxiliar a interpretação, apontam os problemas que de fato afetam não só o meio ambiente, mas a sociedade de um modo geral.

As técnicas estatísticas multivariadas utilizadas (Análises de Cluster, e Análise Fatorial) se mostraram eficientes para a identificação das áreas mais impactadas, bem como dos parâmetros de qualidade da água mais relevantes para a caracterização da qualidade da água nas sub-bacias. As UPGRHs do rio Suaçuí e do rio Caratinga foram as que apresentaram os maiores valores de concentração, consideradas, as mais impactadas para os parâmetros analisados, embora as UPGRHs do rio Piranga e Piracicaba também tenham apresentado elevado grau de degradação em decorrência do grande número de atividades instaladas na área.

Os principais parâmetros responsáveis pela degradação da qualidade da água foram os coliformes termotolerantes, o ferro dissolvido, o manganês total, a cor verdadeira, os sólidos (SST, SDT, ST), a turbidez, o alumínio dissolvido e o fósforo total. Em geral, as principais fontes de poluição das áreas mais impactadas associadas a estes parâmetros são causados por esgoto doméstico, efluentes industriais, mineração, agricultura e áreas de pastagens.

As principais medidas que devem ser tomadas buscando mitigação de impactos e o controle de poluentes podem ser divididas, *a priori*, em dois tipos. Primeiramente em ações voltadas para impedir ou reduzir o contínuo aporte de poluentes na bacia, seja relacionado ao saneamento, necessitando desta forma uma intervenção massiva do poder público federal e estadual na questão, uma vez que os municípios não têm conseguido reverter esse quadro; seja relacionado às diversas atividades potencialmente poluidoras, melhorando sistematicamente a gestão do licenciamento ambiental, principalmente no que tange à desburocratização do processo e ao acompanhamento do órgão licenciador no pós-licenciamento.

Outras medidas devem ter como foco a recuperação da bacia, pois se referem aos danos causados em seu processo de ocupação. Muitos fatores e problemas mencionados e discutidos no estudo têm o desmatamento como origem. Seja a redução da vazão de seus rios, sejam as enchentes ou ainda os problemas econômicos. Neste sentido o processo de ordenação do uso do solo e a

recomposição das matas ciliares e nascentes, podem ser apontado como o primeiro passo para se iniciar a recuperação da Bacia. Diversas ações e programas têm sido realizados neste sentido, mas infelizmente o que se vê é que a degradação da Bacia supera consideravelmente as ações de recuperação.

Grande atenção tem sido dada ao recente rompimento da barragem de Mariana, causando danos ambientais de grande magnitude, o que é justificado, pois este evento pode ser considerado a maior catástrofe ambiental ocorrida no Brasil. No entanto, diante de tudo que foi discutido, a partir da análise estatística dos parâmetros de qualidade da água, em conjunto com a análise socioambiental da bacia, ficou evidente que o processo de destruição da bacia se iniciou muito antes do rompimento da barragem, por diversas práticas e atividades que sempre colocaram os interesses econômicos à frente dos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portal da qualidade das águas. 2015, Disponível em:<<http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>>. Acesso em 28 de julho de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012*. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012. 264 pag. Disponível em www.ana.gov.br/SalaImprensa/PanoramadaQualidadedasAguas.asp>. Acesso em: 28 jul. 2015.

ALMEIDA, K. C. B. *Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas utilizando o método da entropia*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 98 pg. 2013.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. de F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, A.B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set./dez. 2007.

ARAÚJO, E. N. Estudo do comportamento espacial dos parâmetros de qualidade das águas da bacia do rio Paraopeba. (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2014.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS MUNICÍPIOS – AMM. *Saneamento básico das cidades mineiras esta emperrado*. 2014. Disponível em < <http://portalamm.org.br/saneamento-basico-das-cidades-mineiras-esta-emperrado/>>. Acesso em 09 de jan. de 2015.

AYOKO, G. A.; SINGH, K.; BALEREA, S.; KOKO, T S. Exploratory multivariate modeling and prediction of the physico-chemical properties of surface water and groundwater. *Journal of Hydrology*, n. 336, p. 115– 124, 2007.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; RAWLINS, B.; MATSCHULLAT, J. Arsenic in water and sediment in the Iron Quadrangle, state of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 30, v. 3, p. 558-561, set. 2000.

BRASIL. LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1981.

BU, H; TAN, X.; LI, S.; ZHANG, Q. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n. 73, p. 907-913, 2010.

CALAZANS, G. M. *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba utilizando técnicas estatísticas multivariadas*. 2015. 196 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - Minas Gerais.

CARLOS, D. U.; UIEDA, L.; BARBOSA, V, C, F. Imaging iron ore from the Quadrilátero Ferrífero (Brazil) using geophysical inversion and drill hole data. *Ore Geology Reviews*. n. 61, p. 268–285, 2014.

CARVALHO, M. A. G.. *Métodos Estatísticos para Análise de Dados de Monitoração Ambiental*. São Paulo, IPEN, (Tese de doutorado), 2003.

CHRISTOFARO, Cristiano. *Avaliação probabilística de risco ecológico de metais nas águas superficiais da Bacia do rio das Velhas - MG*. 2009. 274 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CHRISTOFARO, Cristiano; LEÃO, Mônica Maria Diniz. Caracterização temporal do arsênio nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil, ao longo de uma década (1998-2007). *Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Universidade de Taubaté, v.4, n. 3, p 54-66, 2009.

COELHO, André L. N. *Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES 2007*. 227 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói-RJ, 2007.

COELHO, André L. N. Bacia hidrográfica do rio Doce (MG/ES): Uma análise socioambiental integrada. *Geógrafes*, n. 9, p. 131-146, 2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH DOCE. *A Bacia*. 2014. Disponível em <<http://www.cbhdoce.org.br/a-bacia>>. Acesso em 26 de mai. 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH DOCE. *A bacia do Rio Doce – Caracterização da bacia*. 2009. Disponível em <http://www.riodoce.cbh.gov.br/bacia_caracterizacao.asp>. Acesso em 21 de set. 2014.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH DOCE. *Após dois meses, Comitês trabalham forte para reverter situação da Bacia do Rio Doce*. 2016. Disponível em <<http://www.cbhdoce.org.br/geral/apos-dois-meses-comites-trabalham-forte-para-reverter-situacao-da-bacia-do-rio-doce/>>. Acesso em 05 de jan. 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH DOCE. *Informativo Bacia do rio Doce 2014*. Disponível em <<http://www.cbhpiracicabamg.org.br/wp-content/uploads/2014/10/Informativo-Rio-Doce-out-2014.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – CBH DOCE. *Programa de Disponibilidade da Água da Bacia do rio Doce*. 2015. Disponível em <<http://www.ibioagbdoce.org.br/geral/programa-de-disponibilidade-de-agua-da-bacia-do-rio-doce-pda-doce/>>. Acesso em 06 de jan. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/125-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos>>.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS- CPRM. *Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce: Relatório Técnico do período crítico de Dezembro de 2013*. 97p. 2014

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 01, de 05 de maio de 2008*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2008.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Deliberação Normativa Conjunta n. 74, de 09 de setembro de 2004*. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2004.

COSTA, H. S. M. “Indústria, produção do espaço e custos socioambientais: reflexões a partir do exemplo do Vale do Aço, Minas Gerais” in: *População e meio ambiente: debates e desafios*, São Paulo, 2000.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L.; CASTRO, F. V. F. Climatologia do Regime Pluviométrico na Bacia do Rio Doce. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIV, 2006*, Florianópolis. Anais.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L.; VIANELLO, R. L. Climatologia da bacia do rio Doce e sua relação com a topografia local. *Geografias*. n. 04(1), p. 45-60, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. *Sumário Mineral 2009*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 2010. 128 p.

DINIZ, J. M. F. S.; REIS, A. A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; GOMIDE, L. R. Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, n. 3, p.683-700, 2014.

DUARTE, A. P. *Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco*. 2008. 130 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008.

EPA - UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*. Washington, DC: Office of Environmental Information, 2006. 190 p. Quality management guidance documents – EPA QA/G-9S. Disponível em: <<http://www.epa.gov/QUALITY/qs-docs/g9s-final.pdf>>.

FERREIRA, A. P. *Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no pólo produtor de Seropédica/ Itaguaí*. 2006. 55f. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio De Janeiro, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. *Inventário de barragem do estado de Minas Gerais ano 2014*. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2014. 44p.

HARMANCIOGLU, N.B.; OZKUL, S.A.; ALPASLAN, M.N. Water monitoring and network design. In: HARMANCIOGLU, N.B.;SINGH, V.P.; ALPASLAN, M.N. (Ed.) *Environmental data management*. The Hague: Kluwer Academic Publishers,1998. p.61-100. (Water Science Technology Library, 27).

HRDINKA, T.; NOVICKÝ, O.; HANSLÍK E.; RIEDER M. Possible impacts of floods and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research*, n. 6, p. 145-150, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Laudo Técnico Preliminar- Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2015. 38p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Estatísticas do Século XX, 2010*. Disponível em < <http://seculoxx.ibge.gov.br/populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-palavra-chave/populacao/823-populacao-recenseada>> Acesso em: 2 mai. 2015.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. *Parque Estadual do Rio Doce*. Disponível em <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>. Acesso em: 24 set. 2015.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. *Plano de manejo – Parque Estadual do Rio Doce*. Disponível em <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/306>. Acesso em 02 de fev. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Qualidade da Água 2015a*. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/3302-nova-categoria/1523-monitoramento-da-qualidade-das-aguas> >. Acesso em: 18 mai. 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Doce em 2009*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010a. 276p. : mapas. Relatório anual.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2013. 30p. Relatório trimestral – 3º trimestre de 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações Para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Relatório Final. Junho, 2010b*. Volume I. Belo Horizonte, Instituto mineiro de gestão das águas, Consórcio Ecoplan - Lume. 478 págs. Disponível em: < www.pirhdoce.com.br>. Acesso em: 21 set. 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Resumo Executivo - Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. 175p. Relatório anual.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Relatório Técnico - Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2015b. 49p.

LAMPARELLI, Marta Condé. *Grau de Trofia em Corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. 2004. 238 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. *Análise de Dados Multivariados*. São Paulo: Cengage Learning, 455 p., 2011.

LI, YANG; XU, LINYU e LI, SHUN. Water Quality Analysis of the Songhua River Basin Using Multivariate Techniques. *J. Water Resource and Protection*, v. 2, p. 110-121, 2009.

MAHJOURI, Najmeh.; KERACHIAN, Reza. Revising river water quality monitoring networks using discrete entropy theory: the jajrood River experience. *Environ Monit Assess*, n. 175, p. 291–302, 2011.

MORETTO, E. M. *Diversidade zooplanctônica e variáveis limnológicas das regiões limnética e litorânea de cinco lagoas do Vale do rio Doce – MG, e suas relações com o entorno*. 2001. 291f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2001.

MATOS, A. J. S.; DAVIS, E. G.; CANDIDO M. O.; SILVA, A. J. Monitoramento de cheias – CPRM estudo de caso: Ponte Nova – MG. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2013.

MAYER, A.; WINKLER, R.; FRY, L. Classification of watersheds into integrated social and biophysical indicators with clustering analysis. *Ecological Indicators*. n. 45, p. 340–349, 2014.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A.. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NONATO, Eliana A.; VIOLA, Zenilde G. G.; ALMEIDA, Katiane C. B.; SCHOR, Heloiza H. R. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do rio das Velhas. *Química Nova*, v. 30, n. 4, p. 797-804, Mar. 2007.

OLIVEIRA, M. L. R. Mineração e conflito ambiental: o caso do mineroduto da Ferrous na zona da mata do estado de Minas Gerais. *Revista de Geografia*, v. 31, nº. 3, p. 113 – 129, 2014.

OLSEN, R. L.; CHAPPELL, R. W.; LOFTIS, J. C. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis – literature review and Illinois River watershed case study. *Water Research*, v. 46, p. 3110-3122. 2012.

PIVARI, M. O. D.; SALIMENA, F. R. G.; POTT, V. L.; POTT A. Macrófitas Aquáticas da Lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia*, v. 63, n. 2, p. 321-327, 2008.

POMPEU, P. S; ALVES, C. B. M; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. *American Fisheries Society Symposim*, n. 47, p. 11-22, 2005.

PORTAL NACIONAL DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL – PNLA. 2015a. *Sobre o portal*. Disponível em < <http://pnla.mma.gov.br/>>. Acesso em 15 de dez. 2015.

PORTAL NACIONAL DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL – PNLA. 2015b. *Pesquisa de Licenciamento Ambiental*. Disponível em < <http://pnla.mma.gov.br/pesquisa/licenciamento/>>. Acesso em 20 de dez. 2015.

RAFAELI NETO, S. L. L.; BECEGATO, V. A.; CABRAL, J. B. P. Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Caveiras no Planalto Serrano de Santa Catarina com Suporte de Tecnologias de Geomática. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 33, n. 1, p. 17-36, 2013.

RAMOS, R.C. *Estudo da composição taxonômica e da densidade de macroinvertebrados bentônicos no sistema de lagoas naturais do vale médio do rio Doce, com ênfase na espécie de molusco exótica Melanoides tuberculata (Miller, 1774)*. 2008, 165f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008.

REZENDE, S. C. Consequências das Migrações Internas nas Políticas de Saneamento no Brasil: uma avaliação crítica do PLANASA. In: *XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Ouro Preto, Minas Gerais, 2002*.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. *Revista Árvore*. v.31, n.5, p.931-940, 2007.

SIMEONOV, V.; EINAX, J.; STANIMIROVA, I.; KRAF, J. Environmental modeling and interpretation of river water monitoring data. *Anal. Bioanal. Chem.* v.374, p.898–905, 2002.

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, Th. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, n. 37, p. 4119-4124, 2003.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. *Water Research*, n. 38, p. 3980-3992, 2004.

SINGH, K. P.; MALIK A.; SINGH, V. K.; BASANT, N.; SINHA S. Multi-way modeling of hydro-chemical data of an alluvial river system—A case study. *Analytica Chimica Acta*, n. 571, p. 248–259, 2006.

SISINNO, C. L. S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. *Cadernos de Saúde Pública*, n. 19(2): p. 369-374, 2003.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river, Japan. *Environmental Modeling & software*, n. 22, p. 464-475, 2007.

SOJKA, M.; SIEPAK, M.; ZIOLA, A.; FRANKOWSKI, M. Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mala Welná River (Western Poland). *Environ Monit Assess*, n. 147, p. 159-170, 2008.

SOUZA, U. M.; SILVA, F. L.; GRIFFITH, J.J.; LIMA, J. E.; QUINTELA, M. C. A.; COSTA, E. C. V. Determinantes dos novos contratos de fomento florestal na mesorregião do Vale do rio Doce, Minas Gerais. *Revista Árvore*. v.33, n.2, p.377-386, 2009.

STRAUCH, N (ORG); *A Bacia do Rio Doce: Estudo Geográfico*. IBGE. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 1955, 199 p.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, p.181-6, 2002.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, D. A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães – MG. *Revista Árvore*, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TRINDADE, A. L. C. *Aplicação de Técnicas Estatísticas para Avaliação de Dados de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais da Porção mineira da Bacia do Rio São Francisco*. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

UMETSU, R. K.; PEREIRA, N.; CAMPOS, E. M. F. P.; UMETSU, C. A.; MENDONÇA, R. A. M.; BERNASCONI, P.; CAMARGO, M. F. Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica Amazônica, Carlinda, MT. *Revista Árvore*, v.36, n.1, p.83-92, 2012

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBAÂ, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, v.32, p.3581–3592, 1998.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M.-C.; MONTREJAUD-VIGNOLES, M. Monitoring of water quality from roof runoff: interpretation using multivariate analysis. *Water Research*, n.45, p. 3765-3775, 2011.

VIANA, M. B.; *Licenciamento Ambiental de Mineração em Minas Gerais: Novas abordagens de gestão*. 2007. 305 f. Dissertação (Mestrado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília – DF.

VICINI, L. *Análise multivariada da teoria à prática*. 2005. 215 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VIEIRA, F. Distribuição, impactos ambientais e conservação da fauna de peixes da bacia do rio Doce. *MG. BIOTA*. v.2, n.5, p. 5-22, 2010.

WANG, Yi.; WANG, Peng.; BAI, Yujun.; TIAN, Zaixing.; LI, Jingwen.; SHAO, Xue.; MUSTAVICH, Laura F.; LI, Bai-Lian. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China. *Journal of Hydro-environment Research*, n.7, p. 30-40, 2013.

ZHANG, Xuan; WANG, Qishan; LIU, Yanfang; WU, Jing; YU, Miao. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. *Environ Monit Assess*, n. 173, p. 17-27, 2011.

ZHOU, Feng; LIU, Yong; GUO, Huaicheng. Application of Multivariate Statistical Methods to Water Quality Assessment of the Watercourses in Northwestern New Territories, Hong Kong. *Environ Monit Assess*, n. 132, p. 1-13, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Tabelas com resultados relacionados ao Capítulo 4:

COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS MAIS IMPACTADAS

Tabela I. 1. Parâmetros excluídos das análises subsequentes e as justificativas das exclusões.

Parâmetros	Critérios de exclusão		
	Frequência	% Dados Faltantes	% Dados Censurados*
Alcalinidade de bicarbonato	Semestral		
Alcalinidade total	Semestral		
Alumínio total	Semestral		
Bário total	Semestral		
Boro dissolvido	Semestral		
Boro total	Semestral		
Cálcio total	Semestral		
Cianeto Livre	Semestral		
Cianeto total	Semestral		
Cobre total	Semestral		
Condutividade elétrica laboratório	Semestral		
Cor verdadeira	Semestral		
Cromo hexavalente	Semestral		
Cromo total	Semestral		
Cromo trivalente	Semestral		
Dureza de Cálcio	Semestral		
Dureza de magnésio	Semestral		
Dureza total	Semestral		
Estreptococos fecais	Semestral		
Magnésio total	Semestral		
Nitrogênio orgânico	Semestral		
Óleos e graxas pH laboratório	Semestral		
Potássio dissolvido	Semestral		
Selênio total	Semestral		
Substâncias tensoativas	Semestral		
Sulfato total	Semestral		
Alumínio dissolvido		51,39	
Arsênio total		72,23	
Cádmio total		58,38	
Chumbo total		55,10	
Dens. cianobactérias		71,94	
Fenóis totais		73,44	
Ferro dissolvido		18,64	
Manganês total		28,46	
Mercurio total		86,78	
Níquel total		58,24	
Sulfeto		63,73	
Zinco total		59,89	
Cobre Dissolvido			93,17
Demanda Bioquímica de Oxigênio			92,96

*Percentual de resultados abaixo do LD (limite de detecção) do parâmetro, considerando todas as coletas de 2008 a 2014, para cada estação de monitoramento.

Tabela I.2. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO1 (15 estações, 16 parâmetros, 5471 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	2,08	1,09	1,85	1,00	1,31	1,83	2,50	3,45
Clorofila a (µg/L)	3,34	5,47	0,86	0,01	0,59	1,91	3,74	7,34
Col. term. (NMP/100 ml)	12647,35	25134,55	3034,82	170,00	940,00	3000,00	13000,00	30000,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	46,16	20,42	43,20	28,90	35,50	42,30	51,00	60,68
DQO (mg/L O2)	11,51	8,72	9,62	5,00	5,30	9,05	14,00	20,90
feofitina-a (µg/L)	3,76	6,62	1,16	0,08	0,55	2,00	4,47	9,26
Fósforo total (mg/L P)	0,07	0,07	0,05	0,02	0,02	0,04	0,08	0,16
Nitrato (mg/L N)	0,44	0,47	0,24	0,06	0,13	0,28	0,59	1,01
Nitr. amoniacal total (mg/L Ni)	0,17	0,13	0,15	0,10	0,10	0,12	0,19	0,29
Oxigênio dis. (mg/L O2)	7,86	0,65	7,84	7,10	7,40	7,90	8,30	8,70
pH in loco	6,69	0,33	6,68	6,30	6,50	6,70	6,90	7,10
SDT (mg/L)	47,75	27,53	44,47	30,00	37,00	44,00	54,00	62,00
SST (mg/L)	85,49	252,41	26,79	4,00	11,00	24,00	70,00	196,40
ST (mg/L)	133,16	271,21	85,74	40,00	50,00	71,00	125,00	252,40
Temp. água (°C)	24,23	3,12	24,02	19,80	22,00	24,60	26,40	28,26
Turbidez (UNT)	78,80	193,45	28,87	6,19	10,00	25,90	69,80	200,60

Tabela I.3. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO2 (13 estações, 16 parâmetros, 4751 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	1,98	1,40	1,60	0,66	0,98	1,61	2,58	3,71
Clorofila a (µg/L)	2,71	3,23	0,97	0,01	0,80	1,68	3,56	5,66
Col.term. (NMP/100 ml)	9696,76	18470,35	2448,86	110,00	800,00	3000,00	11000,00	24000,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	42,00	16,85	38,82	23,20	30,15	39,60	50,20	64,62
DQO (mg/L O2)	10,04	7,30	8,55	5,00	5,00	7,85	12,00	18,00
feofitina- <i>a</i> (µg/L)	3,21	5,10	0,90	0,01	0,44	1,80	3,83	6,73
Fósforo total (mg/L P)	0,05	0,04	0,04	0,01	0,02	0,04	0,07	0,11
Nitrato (mg/L N)	0,46	0,45	0,30	0,10	0,17	0,32	0,60	0,91
Nitrogênio amoniacal total (mg/L Ni)	0,17	0,15	0,14	0,10	0,10	0,10	0,18	0,35
Oxigênio dis. (mg/L O2)	7,97	0,58	7,94	7,30	7,55	7,90	8,30	8,72
pH in loco	6,62	0,34	6,61	6,20	6,40	6,60	6,90	7,00
SDT (mg/L)	38,61	14,42	36,13	22,00	27,00	37,00	47,00	57,00
SST (mg/L)	45,14	106,06	17,35	2,80	7,00	18,00	41,50	109,60
ST (mg/L)	83,81	113,07	62,33	29,60	39,00	56,00	85,00	149,20
Temp. água (°C)	24,34	3,29	24,12	20,08	22,15	24,40	26,50	28,14
Turbidez (UNT)	50,06	94,76	23,40	5,45	10,35	21,70	46,65	136,20

Tabela I.4. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO3 (sete estações, 16 parâmetros, 2546 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	1,26	0,79	1,09	0,55	0,77	1,07	1,52	2,19
Clorofila a (µg/L)	2,95	7,25	0,93	0,01	0,87	1,78	3,27	5,10
Col.term. (NMP/100 ml)	4171,13	13154,30	1327,97	170,00	500,00	1300,00	3300,00	9200,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	24,46	7,65	23,21	14,40	19,73	23,80	29,00	33,07
DQO (mg/L O ₂)	12,29	7,92	10,30	5,00	5,10	11,00	15,00	22,00
feofitina-a (µg/L)	2,61	3,38	0,92	0,08	0,44	1,68	3,54	5,54
Fósforo total (mg/L P)	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,07
Nitrato (mg/L N)	0,20	0,19	0,15	0,06	0,10	0,14	0,23	0,48
Nitrogênio amoniacal total (mg/L Ni)	0,13	0,06	0,12	0,10	0,10	0,10	0,13	0,21
Oxigênio dis. (mg/L O ₂)	8,11	0,60	8,09	7,40	7,70	8,10	8,43	8,71
pH in loco	6,48	0,45	6,46	5,80	6,20	6,50	6,80	7,00
SDT (mg/L)	33,77	11,85	31,98	23,00	26,00	30,00	39,00	48,10
SST (mg/L)	34,94	80,55	12,19	2,00	6,75	14,00	28,50	58,10
ST (mg/L)	68,65	86,09	51,54	27,00	34,00	46,00	64,25	109,00
Temp. água (°C)	24,44	2,78	24,27	20,49	22,68	24,60	26,20	27,72
Turbidez (UNT)	40,13	100,63	15,64	4,15	6,15	13,60	30,85	70,17

Tabela I.5. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO4 (13 estações, 16 parâmetros, 4685 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	4,89	5,31	3,61	1,59	2,32	3,41	4,84	8,48
Clorofila a (µg/L)	5,99	9,02	2,01	0,27	1,46	3,38	6,41	13,35
Col.term. (NMP/100 ml)	7600,63	18836,24	1912,87	220,00	700,00	2200,00	5000,00	17000,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	66,56	38,91	58,27	31,60	41,60	55,30	75,30	129,00
DQO (mg/L O ₂)	13,41	9,48	11,02	5,00	6,43	11,00	17,00	24,90
feofitina- <i>a</i> (µg/L)	3,58	6,81	1,12	0,01	0,73	2,27	4,34	7,51
Fósforo total (mg/L P)	0,05	0,05	0,04	0,02	0,03	0,04	0,06	0,11
Nitrato (mg/L N)	0,39	0,34	0,27	0,09	0,16	0,29	0,54	0,81
Nitrogênio amoniacal total (mg/L Ni)	0,13	0,06	0,12	0,10	0,10	0,10	0,14	0,20
Oxigênio dis. (mg/L O ₂)	7,85	0,66	7,82	7,10	7,40	7,80	8,20	8,50
pH in loco	6,84	0,45	6,83	6,30	6,50	6,90	7,10	7,40
SDT (mg/L)	65,08	42,82	57,54	36,00	43,00	53,00	68,00	108,00
SST (mg/L)	61,07	150,20	24,16	5,00	11,00	24,00	51,00	104,20
ST (mg/L)	125,91	183,87	91,23	49,00	60,00	80,00	118,50	206,00
Temp. água (°C)	26,47	3,08	26,28	22,58	24,35	26,60	28,50	30,20
Turbidez (UNT)	69,99	179,45	30,76	9,77	14,15	26,30	51,90	123,80

Tabela I.6. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO5 (oito estações, 16 parâmetros, 2908 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	4,59	2,73	4,01	2,22	2,86	3,82	5,58	7,61
Clorofila a (µg/L)	5,80	11,16	1,36	0,01	0,81	2,54	5,62	16,02
Col.term. (NMP/100 ml)	26768,25	48369,10	4356,17	220,00	1300,00	4200,00	20750,00	92000,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	83,45	48,39	73,03	34,58	58,20	69,20	88,40	175,80
DQO (mg/L O ₂)	15,22	10,24	12,56	5,00	7,90	13,00	19,50	28,00
feoftina- <i>a</i> (µg/L)	3,43	4,04	1,08	0,01	0,44	2,19	4,78	9,59
Fósforo total (mg/L P)	0,07	0,07	0,05	0,02	0,02	0,04	0,09	0,19
Nitrato (mg/L N)	0,47	0,36	0,34	0,10	0,20	0,40	0,69	0,91
Nitrogênio amoniacal total (mg/L Ni)	0,36	0,69	0,17	0,10	0,10	0,10	0,20	0,89
Oxigênio dis. (mg/L O ₂)	7,51	1,42	7,34	5,32	7,05	7,90	8,30	8,90
pH in loco	6,88	0,51	6,86	6,30	6,50	6,80	7,20	7,50
SDT (mg/L)	68,89	34,27	62,26	37,00	48,00	59,00	72,25	132,10
SST (mg/L)	72,62	186,63	29,91	8,00	14,00	28,00	61,00	153,80
ST (mg/L)	141,64	200,18	105,06	54,00	69,00	94,00	154,50	220,00
Temp. água (°C)	25,47	3,45	25,23	20,80	23,00	25,40	28,10	29,76
Turbidez (UNT)	66,66	168,79	30,94	10,24	16,05	24,60	51,75	107,80

Tabela I.7. Estatística Descritiva do Banco de Dados Rede Básica 2008-2014 trimestral, UPGRH DO6 (oito estações, 16 parâmetros, 2892 observações).

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Média Geom.	Percentil 10	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 90
Cloreto total (mg/L Cl)	2,95	1,23	2,72	1,60	2,02	2,75	3,66	4,44
Clorofila a (µg/L)	7,78	14,76	2,66	0,53	1,59	3,48	8,01	17,70
Col.term. (NMP/100 ml)	6573,69	19127,63	1223,19	110,00	300,00	1700,00	5000,00	13000,00
Cond. elétrica in loco (µmho/cm)	44,30	11,67	42,84	30,81	34,90	43,25	51,60	58,73
DQO (mg/L O ₂)	12,38	8,24	10,52	5,00	6,45	10,50	16,00	21,00
feofitina-a (µg/L)	4,01	7,60	1,16	0,10	0,53	1,88	3,84	7,59
Fósforo total (mg/L P)	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07
Nitrato (mg/L N)	0,50	0,29	0,41	0,15	0,28	0,47	0,68	0,92
Nitrogênio amoniacal total (mg/L Ni)	0,13	0,05	0,12	0,10	0,10	0,10	0,15	0,21
Oxigênio dis. (mg/L O ₂)	7,97	0,59	7,95	7,30	7,60	7,90	8,30	8,60
pH in loco	6,73	0,37	6,72	6,30	6,50	6,70	7,00	7,20
SDT (mg/L)	43,01	13,47	41,17	28,00	34,00	41,00	50,00	59,00
SST (mg/L)	38,48	81,83	17,48	5,00	9,00	16,00	30,75	66,70
ST (mg/L)	81,81	90,96	65,41	39,10	47,00	59,00	75,75	112,90
Temp. água (°C)	25,78	3,58	25,53	21,30	23,10	25,85	28,48	30,00
Turbidez (UNT)	46,24	109,18	20,71	7,50	10,00	17,35	34,38	60,89

Tabela I.8. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Cloreto total (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,75	3,34	1,02	1,46	1,99	1,62	0,76	1,46
RD004	0,94	4,18	1,14	1,59	2,03	1,76	0,85	1,61
RD007	0,78	3,67	1,09	1,34	1,84	1,59	0,76	1,44
RD009	1,78	7,32	2,35	3,27	3,77	3,22	1,26	3,02
RD013	1,27	8,83	1,49	1,76	2,29	2,32	1,65	2,02
RD018	1,18	6,87	2,06	2,36	2,96	2,66	1,14	2,49
RD019	1,12	3,88	1,58	1,91	2,28	1,97	0,59	1,89
RD021	1,29	3,40	1,75	2,03	2,28	2,07	0,45	2,02
RD023	0,62	3,66	1,71	1,98	2,34	2,08	0,66	1,97
RD025	0,37	3,19	0,70	1,01	1,23	1,09	0,62	0,96
RD026	0,85	5,92	1,63	1,83	2,19	2,15	1,07	1,96
RD027	0,76	3,76	0,97	1,20	1,50	1,34	0,62	1,25
RD029	0,94	3,01	1,24	1,46	2,03	1,70	0,64	1,60
RD030	1,73	8,63	3,60	4,19	4,52	4,31	1,68	4,02
RD031	1,12	3,33	1,73	2,02	2,72	2,15	0,67	2,05
RD032	1,04	5,54	1,73	2,16	2,64	2,31	0,94	2,16
RD033	2,21	7,58	3,12	4,16	5,28	4,38	1,65	4,10
RD034	1,93	7,80	2,53	3,05	4,33	3,53	1,56	3,26
RD035	1,56	4,14	2,22	2,54	2,79	2,62	0,67	2,54
RD039	0,30	3,58	0,98	1,14	1,46	1,33	0,67	1,19
RD040	0,69	3,70	1,50	1,86	2,25	2,00	0,79	1,85
RD044	1,88	14,70	3,14	3,66	5,23	4,54	2,74	4,02
RD045	1,58	6,71	2,88	3,27	3,96	3,57	1,37	3,34
RD049	1,59	5,42	2,52	2,91	3,87	3,24	1,02	3,09
RD053	2,12	7,94	2,97	3,82	4,59	3,98	1,33	3,79
RD056	3,89	9,88	5,12	5,54	7,22	6,06	1,58	5,88
RD057	2,13	7,55	3,55	3,73	4,22	4,05	1,24	3,90
RD058	2,20	7,44	3,19	4,02	4,59	4,09	1,27	3,91
RD059	2,53	7,03	3,02	3,85	4,44	4,02	1,29	3,84
RD064	1,41	5,48	2,02	2,41	2,77	2,58	0,94	2,44
RD065	1,84	4,62	2,75	2,95	3,69	3,08	0,72	3,00
RD067	2,55	6,52	3,07	3,83	4,72	4,01	1,17	3,86
RD068	0,50	1,71	0,78	1,04	1,24	1,02	0,33	0,97
RD069	0,73	2,49	0,98	1,11	1,34	1,26	0,46	1,19
RD070	2,02	6,19	2,86	3,27	3,63	3,38	0,93	3,27
RD071	0,71	3,73	1,25	1,49	2,05	1,69	0,69	1,57
RD072	1,11	4,55	1,41	1,74	2,21	2,02	0,87	1,88
RD073	0,69	5,73	1,99	2,32	2,67	2,58	1,11	2,38
RD074	0,50	1,75	0,62	0,82	1,04	0,86	0,32	0,81
RD075	0,33	1,44	0,55	0,70	0,83	0,75	0,30	0,69
RD076	0,79	9,17	1,25	1,51	2,11	1,99	1,69	1,68
RD077	0,30	6,05	0,69	1,00	1,24	1,27	1,17	1,01
RD078	0,40	2,18	0,64	0,83	1,10	0,92	0,44	0,84
RD079	0,33	3,83	0,62	0,85	1,33	1,13	0,81	0,93
RD080	0,42	2,55	0,87	1,17	1,80	1,34	0,57	1,22
RD081	0,42	3,15	0,71	0,96	1,56	1,20	0,72	1,03
RD082	0,80	3,87	1,01	1,38	1,93	1,65	0,86	1,48
RD083	1,48	6,45	2,42	3,01	3,94	3,38	1,34	3,15
RD084	1,02	3,90	1,56	1,87	2,42	2,05	0,70	1,94
RD085	0,81	4,81	1,25	1,64	2,85	2,16	1,20	1,89
RD086	0,98	5,65	2,09	2,18	3,23	2,67	1,05	2,49
RD087	2,41	7,51	3,75	4,17	4,86	4,42	1,22	4,26
RD088	3,00	15,80	5,95	7,42	9,02	7,65	2,74	7,20
RD089	2,38	5,79	3,34	3,66	4,41	3,91	0,88	3,82
RD090	4,71	19,80	6,03	9,23	10,02	9,20	3,97	8,51
RD091	2,21	6,03	2,66	2,87	3,50	3,30	1,05	3,17
RD092	1,37	4,15	1,66	1,88	2,24	2,08	0,68	1,99
RD093	2,32	7,42	2,63	3,09	3,77	3,43	1,14	3,30
RD094	2,36	40,30	16,20	19,90	22,57	19,92	8,23	17,79
RD095	1,36	7,64	1,72	2,12	2,46	2,52	1,41	2,28
RD096	0,88	5,07	1,48	1,61	1,92	1,91	0,88	1,77
RD097	2,01	4,95	2,78	2,91	3,53	3,12	0,68	3,05
RD098	1,28	3,81	1,91	2,05	2,49	2,28	0,65	2,20
RD099	0,49	1,50	0,66	0,87	1,00	0,88	0,28	0,84

Tabela I.9. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Clorofila a ($\mu\text{g/L}$).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,01	21,36	0,80	2,67	3,59	3,71	5,71	0,92
RD004	0,01	34,63	1,33	2,14	4,02	4,59	7,65	1,22
RD007	0,01	16,02	0,89	2,40	3,51	3,27	4,05	0,92
RD009	0,30	20,29	0,56	2,14	4,27	3,70	4,99	1,85
RD013	0,01	5,34	0,85	2,14	2,74	2,07	1,39	1,12
RD018	0,01	16,02	0,27	1,34	3,01	2,55	3,69	0,59
RD019	0,01	16,02	0,96	2,80	6,14	4,17	4,25	1,31
RD021	0,01	35,51	2,40	3,56	7,18	6,41	8,23	3,08
RD023	0,01	21,63	0,38	1,60	6,14	3,94	5,11	0,67
RD025	0,01	5,61	0,56	1,07	2,09	1,55	1,61	0,44
RD026	0,01	14,15	0,87	1,34	3,44	2,95	3,44	0,86
RD027	0,01	8,37	1,20	2,14	4,36	2,82	2,09	1,70
RD029	0,01	24,70	1,69	2,67	3,66	3,74	5,20	1,08
RD030	0,01	18,69	1,62	4,30	5,40	4,57	4,35	2,14
RD031	0,01	11,98	0,80	1,34	2,14	2,26	2,96	0,81
RD032	0,01	9,92	1,07	2,02	2,80	2,53	2,21	1,56
RD033	0,01	20,05	0,01	3,14	7,37	5,47	6,79	0,62
RD034	0,01	11,78	1,07	2,14	3,38	2,72	2,88	1,46
RD035	0,01	18,16	1,05	2,67	6,49	4,57	4,93	1,43
RD039	0,01	13,73	0,43	1,00	2,36	1,90	2,91	0,46
RD040	0,01	24,03	3,12	4,27	8,20	6,24	5,36	2,95
RD044	0,01	52,34	1,41	2,67	4,30	6,61	12,22	1,76
RD045	0,01	79,21	2,00	3,83	8,34	10,05	18,21	2,56
RD049	0,01	29,90	2,17	5,76	9,95	7,90	8,21	3,70
RD053	0,01	38,80	1,84	4,27	8,75	7,75	10,29	2,48
RD056	0,01	16,02	0,28	1,60	3,22	2,64	3,70	0,50
RD057	0,08	25,10	2,05	3,20	6,13	5,90	6,67	3,21
RD058	0,01	114,60	1,90	7,74	19,76	16,11	24,48	4,99
RD059	0,74	143,65	2,51	9,61	16,72	22,50	34,59	8,88
RD064	0,01	17,62	0,37	1,64	3,80	2,90	3,90	0,71
RD065	0,63	37,91	2,05	4,90	9,35	7,87	9,15	4,46
RD067	0,01	46,46	1,26	5,87	14,15	9,28	11,03	3,00
RD068	0,01	4,81	0,87	1,37	1,92	1,52	1,22	0,70
RD069	0,01	12,02	1,34	1,79	3,23	2,64	2,65	1,30
RD070	0,01	7,19	0,53	1,87	3,65	2,30	1,94	1,11
RD071	0,01	12,68	0,83	1,93	3,91	2,79	3,19	0,79
RD072	0,01	14,54	0,98	1,65	2,94	2,61	3,31	0,76
RD073	0,01	58,74	0,01	0,78	2,55	4,18	12,45	0,18
RD074	0,01	10,68	1,07	1,72	3,55	2,78	2,72	1,25
RD075	0,01	8,22	0,63	1,42	2,86	1,97	1,92	0,82
RD076	0,01	6,68	0,61	1,38	1,88	1,63	1,67	0,57
RD077	0,27	11,75	1,57	3,25	4,47	3,50	2,67	2,49
RD078	0,01	7,12	1,30	2,10	4,01	2,71	2,01	1,64
RD079	0,01	11,39	0,98	1,60	2,67	2,18	2,36	1,08
RD080	0,01	6,01	0,14	1,42	3,20	1,77	1,74	0,41
RD081	0,01	89,00	1,45	2,69	3,72	6,76	18,54	1,65
RD082	0,01	8,01	0,72	1,70	3,15	2,08	1,98	0,68
RD083	0,01	42,01	1,27	2,48	8,81	7,69	10,83	2,15
RD084	0,01	5,34	1,13	1,98	3,43	2,17	1,56	0,95
RD085	0,01	6,14	1,15	2,14	3,45	2,42	1,70	1,50
RD086	0,01	10,15	1,18	2,30	4,15	3,03	2,76	1,34
RD087	0,01	22,76	1,87	3,56	6,68	5,55	5,91	2,72
RD088	0,01	10,68	1,78	3,56	5,21	3,76	2,73	2,19
RD089	0,01	45,92	2,27	4,15	11,95	9,14	11,70	2,01
RD090	0,80	44,06	2,58	3,56	9,08	7,53	9,45	4,50
RD091	0,01	35,24	0,58	1,53	2,85	3,45	7,19	1,11
RD092	0,01	4,01	0,74	1,94	2,87	1,81	1,35	0,75
RD093	0,01	21,61	0,43	1,34	3,20	3,29	5,64	0,61
RD094	0,01	26,17	2,75	5,07	7,36	5,73	5,25	3,42
RD095	0,01	13,56	1,07	2,14	4,36	3,10	3,21	1,41
RD096	0,01	12,06	1,20	2,36	3,22	2,68	2,48	1,34
RD097	0,01	23,50	2,46	4,09	11,84	7,51	7,20	3,82
RD098	0,67	33,42	1,80	5,87	8,33	6,73	7,24	4,24
RD099	0,01	4,86	0,27	0,56	1,24	1,17	1,43	0,42

Tabela I.10. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Coliformes termotolerantes (NMP/100mL).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	130	50000	800	2300	3225	5848	11218	2089
RD004	33	30000	493	1500	5000	4436	6957	1424
RD007	170	35000	950	2200	5000	4828	7833	2100
RD009	30	92000	1800	7900	23500	23317	33495	5512
RD013	2300	90000	13000	22000	32500	26513	20172	19899
RD018	500	160000	2250	5000	13500	20487	44646	5916
RD019	30	90000	70	800	2650	6602	18961	624
RD021	900	160000	5000	13000	40000	27943	36652	13406
RD023	49	160000	315	1100	4050	10225	33285	1175
RD025	23	24000	3000	7000	9500	8340	7368	4844
RD026	23	54000	4950	11000	22000	14897	15054	6079
RD027	23	5000	315	1300	2300	1455	1455	638
RD029	23	90000	1650	5000	13000	13248	20398	3816
RD030	50	160000	1700	7000	14000	25632	47261	5383
RD031	23	11000	1300	2800	5000	3361	2950	1826
RD032	110	35000	625	1700	4950	5878	9316	1940
RD033	50	160000	8200	17000	126000	54415	66727	17685
RD034	23	50000	2800	13000	23000	15580	14036	6761
RD035	23	90000	1400	7900	30000	16377	21694	4831
RD039	130	17000	315	800	2650	2896	4827	1020
RD040	46	50000	225	790	1700	3087	10286	589
RD044	500	160000	3050	7900	20500	23087	44086	8232
RD045	90	50000	3400	7900	23000	14100	13141	7967
RD049	500	50000	790	2300	3500	4818	10267	2076
RD053	23	90000	1300	5000	12500	11679	19578	3523
RD056	23	160000	20500	54000	160000	87318	68090	40453
RD057	23	22000	235	700	3000	2926	5169	767
RD058	23	90000	2300	7000	20500	20480	30063	5178
RD059	23	50000	1950	5000	8500	8558	11856	3284
RD064	23	160000	395	2300	6450	10874	32978	1740
RD065	23	7900	170	350	1700	1229	1842	472
RD067	23	13000	225	500	1950	2053	3464	616
RD068	70	50000	3950	7900	24000	13760	13118	7329
RD069	30	8000	415	790	1700	1285	1665	714
RD070	79	50000	550	1550	15500	8732	13142	1972
RD071	23	17000	1800	4900	6500	5288	4898	2186
RD072	242	90000	2200	4900	8000	13106	24907	4793
RD073	30	160000	1100	7900	11000	16178	33942	3644
RD074	30	28000	280	940	2600	2766	5803	866
RD075	40	30000	2250	5000	17000	9064	8302	4572
RD076	230	54000	1950	4000	12000	9088	12665	4057
RD077	30	9000	265	700	2300	1913	2678	698
RD078	30	11000	255	1100	2000	1543	2252	716
RD079	80	160000	1000	2300	5000	10663	32875	2268
RD080	110	14000	1020	3000	7950	4353	4448	2221
RD081	70	28000	500	795	1300	2574	5932	911
RD082	140	14000	1800	3300	7900	5187	4352	3066
RD083	50	140000	790	1300	4250	8820	28807	1700
RD084	170	50000	1300	3000	4950	5528	10169	2706
RD085	300	50000	2300	5000	7900	7100	10062	3960
RD086	30	5000	170	1100	1700	1199	1232	619
RD087	50	30000	155	615	3200	4062	7641	752
RD088	80	50000	800	2150	3500	6178	11737	1843
RD089	49	90000	490	1100	1950	5229	18553	941
RD090	49	14000	290	790	1950	2463	4138	807
RD091	220	160000	6450	13000	36000	33988	47142	13822
RD092	70	30000	573	1750	3450	4551	7843	1567
RD093	50	35000	1400	2000	7000	6142	8681	2433
RD094	50	24000	380	800	2250	3148	5924	961
RD095	30	90000	1500	2300	5000	9148	20454	2568
RD096	23	160000	2800	7000	15500	16259	32806	4561
RD097	23	30000	280	500	2250	3254	6876	709
RD098	23	2800	110	280	1100	705	817	324
RD099	23	3000	65	130	315	371	641	159

Tabela I.11. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm}$).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	26,00	81,90	36,95	38,80	44,30	41,06	11,60	39,76
RD004	22,70	44,20	28,60	31,10	32,65	31,11	5,08	30,73
RD007	24,40	54,20	31,85	35,00	37,30	35,53	6,68	34,97
RD009	54,60	216,00	86,50	102,00	114,00	103,67	34,17	98,90
RD013	29,60	68,10	35,35	36,80	43,60	40,08	8,71	39,30
RD018	37,00	73,10	46,40	50,60	55,35	51,68	8,31	51,08
RD019	33,50	54,20	38,65	40,80	45,80	42,50	5,64	42,15
RD021	29,40	45,40	33,55	35,60	39,95	36,37	4,43	36,12
RD023	35,80	56,60	40,20	42,50	47,40	44,02	5,65	43,68
RD025	17,20	38,60	22,75	23,90	29,45	26,07	5,36	25,56
RD026	23,60	88,10	32,50	35,10	43,65	39,98	13,63	38,25
RD027	29,30	88,90	39,45	48,00	50,65	48,51	12,77	47,09
RD029	28,60	81,60	36,80	42,90	52,05	45,71	11,80	44,42
RD030	39,40	119,00	68,45	74,70	83,60	74,11	17,45	72,04
RD031	32,40	67,90	39,35	42,80	47,70	43,53	7,48	42,98
RD032	35,90	69,10	39,75	44,90	51,55	45,87	8,28	45,21
RD033	46,20	97,70	57,45	65,80	78,30	68,10	14,48	66,66
RD034	37,20	85,70	49,30	54,70	63,40	56,50	10,89	55,54
RD035	37,50	66,50	46,00	51,30	53,20	49,97	6,52	49,57
RD039	17,90	39,50	24,00	27,60	31,15	27,86	4,95	27,44
RD040	29,90	43,30	31,75	33,80	35,35	34,37	3,78	34,19
RD044	40,10	129,00	48,75	57,00	71,85	61,90	19,74	59,48
RD045	34,60	80,40	47,05	51,80	60,75	54,24	11,25	53,19
RD049	43,40	71,10	51,70	55,00	58,25	55,41	6,74	55,03
RD053	49,40	79,70	55,45	59,70	68,10	61,20	8,58	60,65
RD056	69,20	136,00	87,90	103,00	114,00	101,27	19,12	99,52
RD057	63,20	105,00	73,30	75,40	83,60	78,32	9,01	77,85
RD058	45,10	72,90	54,20	56,10	65,40	59,17	8,01	58,67
RD059	47,50	81,00	54,50	57,70	64,00	59,67	8,76	59,09
RD064	32,70	52,10	36,70	41,00	44,95	41,22	6,07	40,80
RD065	38,80	53,00	41,05	43,20	44,60	43,46	3,37	43,34
RD067	47,50	75,60	52,60	57,10	60,75	58,19	7,59	57,73
RD068	20,30	44,00	23,25	24,50	27,15	25,73	4,68	25,40
RD069	27,50	58,00	39,55	43,20	48,20	43,80	6,53	43,31
RD070	36,60	72,60	48,60	52,10	58,00	53,77	9,79	52,93
RD071	31,70	67,60	39,10	49,40	54,65	48,46	9,94	47,47
RD072	33,90	58,70	38,95	42,10	48,30	43,84	7,15	43,30
RD073	36,00	70,80	46,70	51,80	52,65	50,80	6,73	50,38
RD074	9,70	47,20	23,30	29,10	37,75	29,36	9,91	27,43
RD075	12,90	39,90	18,25	21,70	29,50	24,06	7,44	22,96
RD076	29,00	62,60	31,10	35,00	37,80	35,85	7,19	35,30
RD077	9,81	26,60	13,55	15,70	18,45	16,24	4,18	15,73
RD078	8,50	31,60	14,25	18,80	21,40	18,03	5,97	17,06
RD079	12,90	33,70	21,05	21,90	24,90	23,22	4,31	22,83
RD080	19,50	38,10	25,90	28,10	30,65	28,58	4,48	28,25
RD081	14,20	34,60	20,80	23,15	25,95	23,67	4,84	23,19
RD082	22,70	54,00	28,65	32,30	37,75	33,59	7,18	32,92
RD083	33,70	73,40	43,45	54,80	59,90	52,27	11,91	50,94
RD084	22,70	36,10	27,40	29,50	32,10	29,62	3,14	29,46
RD085	25,30	46,70	30,70	34,20	37,95	34,77	5,80	34,32
RD086	39,70	59,50	41,80	45,90	51,60	46,83	5,78	46,51
RD087	70,40	120,00	76,50	81,65	86,03	84,20	13,04	83,37
RD088	61,60	154,00	107,25	130,50	136,25	121,70	23,83	119,04
RD089	58,00	86,90	62,80	64,80	69,50	67,19	6,99	66,87
RD090	98,20	238,00	177,05	197,00	218,50	194,49	31,91	191,52
RD091	55,40	92,90	60,15	65,10	70,60	67,97	10,51	67,26
RD092	25,90	44,30	29,28	30,30	32,43	31,25	3,96	31,04
RD093	51,00	82,40	60,40	64,30	69,00	64,77	7,39	64,38
RD094	115,00	230,00	139,50	164,00	188,50	162,99	32,30	159,87
RD095	29,40	74,40	31,75	34,40	42,30	38,67	10,54	37,59
RD096	23,50	56,30	26,65	28,60	31,35	30,90	7,32	30,24
RD097	40,20	56,70	42,95	45,00	47,00	45,44	3,77	45,30
RD098	30,60	45,60	34,20	35,40	37,30	36,14	3,94	35,95
RD099	16,70	41,20	23,80	26,70	29,70	26,48	5,34	25,97

Tabela I.12. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Demanda Química de Oxigênio (mg/L O₂).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	5,00	44,00	6,18	11,00	16,50	12,74	8,86	10,66
RD004	5,00	25,00	5,30	9,80	15,75	11,15	5,92	9,71
RD007	5,00	23,00	6,53	11,50	17,50	12,52	5,92	11,06
RD009	5,00	30,00	9,08	11,00	15,75	13,01	6,68	11,53
RD013	5,00	36,00	5,30	7,80	10,75	10,57	7,64	8,87
RD018	5,00	88,00	5,95	12,50	16,25	16,16	17,95	11,73
RD019	5,00	18,00	5,08	8,40	13,00	9,55	4,29	8,66
RD021	5,00	23,00	5,00	5,75	12,25	8,90	5,27	7,74
RD023	5,00	25,00	6,85	11,50	14,00	11,66	5,80	10,31
RD025	5,00	19,00	5,00	5,25	11,00	8,21	4,26	7,34
RD026	5,00	25,00	5,00	8,05	12,75	9,65	5,56	8,44
RD027	5,00	19,00	5,00	6,40	7,65	7,92	4,22	7,13
RD029	5,00	42,00	5,00	8,25	13,00	11,54	9,19	9,18
RD030	5,00	84,00	7,73	12,00	17,00	16,96	17,12	12,87
RD031	5,00	20,00	7,10	10,00	12,75	10,55	4,37	9,69
RD032	5,00	18,00	5,00	6,35	9,33	7,78	3,63	7,15
RD033	5,00	33,00	6,43	9,75	16,25	11,86	7,15	10,21
RD034	5,00	21,00	5,15	8,55	13,50	9,76	4,87	8,70
RD035	5,00	20,00	5,35	8,70	11,75	9,64	4,67	8,67
RD039	5,00	22,00	6,68	9,40	12,75	10,05	4,33	9,21
RD040	5,00	28,00	5,15	8,05	13,75	11,23	6,86	9,52
RD044	5,00	27,00	6,18	8,60	10,75	9,90	5,80	8,74
RD045	5,00	33,00	6,75	9,20	14,75	11,92	7,26	10,22
RD049	5,00	71,00	5,98	10,95	16,75	15,04	14,59	11,37
RD053	5,00	26,00	5,20	7,50	12,50	9,87	5,70	8,63
RD056	11,00	61,00	20,25	28,00	31,00	28,82	11,85	26,76
RD057	5,00	33,00	9,18	14,00	20,75	15,37	8,31	13,20
RD058	5,00	26,00	6,20	9,55	13,75	10,87	5,39	9,71
RD059	5,00	22,00	5,63	10,50	14,75	11,15	5,44	9,88
RD064	5,00	31,00	5,90	8,60	17,75	12,40	7,83	10,36
RD065	5,00	27,00	5,45	11,00	15,50	11,55	6,18	10,08
RD067	5,00	29,00	6,15	8,95	14,75	11,11	6,51	9,63
RD068	5,00	29,00	5,38	7,95	11,50	10,15	6,36	8,80
RD069	5,00	47,00	6,65	8,65	12,00	10,89	8,87	9,19
RD070	5,00	37,00	7,30	11,00	17,50	13,31	7,91	11,39
RD071	5,00	25,00	5,00	5,30	9,60	7,90	4,79	7,01
RD072	5,00	27,00	5,98	7,35	13,00	10,36	6,73	8,84
RD073	5,00	75,00	5,13	9,95	17,75	13,90	14,94	10,32
RD074	5,00	23,00	5,00	7,70	12,00	9,66	5,59	8,37
RD075	5,00	24,00	5,00	7,30	10,50	8,69	4,92	7,72
RD076	5,00	26,00	6,15	8,80	14,50	11,31	6,55	9,77
RD077	5,00	24,00	7,33	11,00	19,50	13,11	6,81	11,37
RD078	5,00	34,00	5,00	10,50	13,75	11,90	8,73	9,65
RD079	5,00	39,00	5,00	11,00	15,25	13,63	10,99	10,46
RD080	5,00	35,00	7,08	10,50	17,00	13,25	8,21	11,14
RD081	5,00	45,00	5,50	11,00	15,00	12,99	9,47	10,65
RD082	5,00	22,00	5,20	11,50	14,75	11,12	5,30	9,84
RD083	5,00	35,00	7,33	9,85	15,75	11,92	7,36	10,27
RD084	5,00	30,00	5,63	12,50	15,00	12,76	7,04	10,94
RD085	5,00	27,00	6,35	12,00	16,50	12,41	6,72	10,74
RD086	5,00	19,00	5,00	9,55	13,00	9,99	4,55	9,00
RD087	5,00	32,00	8,30	13,00	18,00	15,16	9,03	12,59
RD088	5,00	59,00	12,00	17,00	28,00	21,88	14,29	18,15
RD089	5,00	28,00	5,10	11,00	14,75	11,45	6,78	9,72
RD090	5,00	58,00	14,25	19,00	27,00	21,02	12,30	17,94
RD091	5,00	26,00	6,55	9,70	14,00	10,79	5,25	9,68
RD092	5,00	16,00	5,40	8,80	11,00	9,06	3,80	8,35
RD093	5,00	42,00	9,05	11,00	16,75	13,67	8,06	11,97
RD094	5,00	55,00	12,25	18,50	27,75	20,95	12,16	17,78
RD095	5,00	48,00	9,78	12,00	18,00	16,34	11,42	13,50
RD096	5,00	63,00	7,35	9,65	15,50	13,05	12,07	10,64
RD097	5,00	39,00	7,95	11,00	17,00	12,90	7,43	11,44
RD098	5,00	24,00	6,00	7,60	13,00	10,37	5,90	9,04
RD099	5,00	24,00	5,00	5,50	10,25	8,87	5,83	7,59

Tabela I.13. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro feofitina-a ($\mu\text{g/L}$).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,01	18,03	0,33	1,38	3,85	3,23	4,66	0,79
RD004	0,01	12,08	0,11	2,17	3,75	2,67	3,08	0,53
RD007	0,01	23,12	0,63	2,66	6,51	4,63	5,75	1,45
RD009	0,01	5,77	0,36	1,66	3,64	2,04	1,83	0,83
RD013	0,01	7,54	0,54	2,32	5,05	2,92	2,64	1,11
RD018	0,01	93,62	0,42	2,96	6,23	7,48	19,49	1,50
RD019	0,01	19,16	0,60	1,95	4,04	3,71	5,08	1,33
RD021	0,01	7,02	1,25	1,68	3,55	2,41	1,97	1,39
RD023	0,01	17,92	1,25	3,37	6,30	4,95	4,84	1,51
RD025	0,01	29,84	0,84	2,28	4,28	4,65	6,82	1,26
RD026	0,01	42,01	0,53	1,69	3,17	3,97	8,77	0,84
RD027	0,01	5,97	0,43	1,44	3,16	1,96	1,72	1,01
RD029	0,01	22,03	0,25	1,49	4,55	3,13	4,76	0,77
RD030	0,01	38,85	1,14	2,59	5,37	5,24	8,26	1,48
RD031	0,01	8,44	0,67	2,35	3,62	2,44	2,17	0,86
RD032	0,01	6,06	0,31	1,24	2,47	1,64	1,61	0,57
RD033	0,01	18,02	1,23	2,98	7,59	5,03	5,39	1,71
RD034	0,01	11,32	0,09	1,59	3,75	2,36	2,68	0,52
RD035	0,01	16,07	0,48	2,64	7,09	4,26	4,76	1,07
RD039	0,01	19,00	0,50	1,69	4,52	3,49	4,55	0,95
RD040	0,17	8,30	0,73	2,37	3,03	2,56	2,13	1,66
RD044	0,01	10,68	0,92	1,81	3,85	3,01	3,10	1,19
RD045	0,01	16,86	0,76	2,89	3,62	3,50	4,00	1,15
RD049	0,01	15,95	0,53	3,52	5,98	4,28	4,55	1,09
RD053	0,01	11,88	0,50	2,39	5,25	3,13	3,05	0,87
RD056	0,01	769,16	0,28	2,23	7,20	38,52	163,25	1,03
RD057	0,01	20,80	0,25	2,09	5,08	3,66	5,01	0,67
RD058	0,01	11,73	0,60	2,31	3,84	3,02	3,24	0,87
RD059	0,01	36,05	0,86	1,45	3,42	4,74	8,63	1,17
RD064	0,09	42,72	0,71	1,73	5,65	5,47	9,52	2,01
RD065	0,01	25,37	0,53	2,20	3,63	3,27	5,32	1,13
RD067	0,01	43,53	0,74	2,99	4,70	4,90	9,05	1,50
RD068	0,01	8,26	0,41	0,89	2,00	1,76	2,14	0,72
RD069	0,01	24,03	0,09	1,29	2,68	3,03	5,57	0,55
RD070	0,01	18,96	1,49	2,97	4,08	3,73	4,02	1,93
RD071	0,01	11,84	0,88	1,83	4,49	3,55	3,98	1,56
RD072	0,01	16,57	1,15	2,03	5,97	4,11	4,71	1,66
RD073	0,01	26,39	0,61	3,34	8,89	6,12	7,24	1,76
RD074	0,01	26,49	0,85	2,04	3,94	4,34	6,52	1,48
RD075	0,01	22,24	0,39	1,46	3,76	2,98	4,79	0,88
RD076	0,01	15,22	0,55	2,49	4,68	3,22	3,54	0,96
RD077	0,01	4,29	0,40	1,68	3,17	1,82	1,50	0,92
RD078	0,01	6,05	0,60	1,67	2,38	1,80	1,60	0,83
RD079	0,01	6,95	0,61	1,79	3,49	2,23	2,07	0,91
RD080	0,08	13,80	0,65	1,66	3,26	2,79	3,33	1,50
RD081	0,01	16,03	0,37	2,08	4,23	3,34	4,33	0,71
RD082	0,01	21,65	0,42	1,25	3,47	2,86	4,58	0,82
RD083	0,01	15,33	0,73	1,59	3,74	3,14	3,83	0,88
RD084	0,01	4,95	0,79	2,07	2,59	2,10	1,49	1,30
RD085	0,01	5,41	0,37	1,01	2,47	1,67	1,64	0,69
RD086	0,01	16,22	1,02	2,33	4,12	3,17	3,67	1,05
RD087	0,01	68,58	1,37	2,99	7,65	7,46	14,73	1,91
RD088	0,01	7,42	0,90	1,39	3,10	2,15	1,93	0,94
RD089	0,01	78,54	0,92	4,18	7,54	7,61	16,25	1,84
RD090	0,01	9,77	0,82	1,75	3,06	2,53	2,64	1,23
RD091	0,01	7,62	0,24	1,50	2,39	1,87	2,01	0,67
RD092	0,01	13,75	1,10	2,63	5,17	3,72	3,84	1,57
RD093	0,01	17,80	0,52	2,68	5,26	4,02	4,48	1,39
RD094	0,01	16,17	0,37	2,45	3,47	2,80	3,45	0,77
RD095	0,01	8,33	0,65	1,97	4,60	2,83	2,62	0,93
RD096	0,01	27,42	0,16	0,94	1,99	3,39	6,80	0,59
RD097	0,01	55,60	0,56	2,97	4,00	5,32	11,53	1,34
RD098	0,01	6,25	0,88	1,62	2,59	2,00	1,66	1,16
RD099	0,01	6,02	0,34	1,10	1,77	1,51	1,65	0,59

Tabela I.14. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Fósforo total (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,01	0,21	0,02	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03
RD004	0,01	0,25	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04
RD007	0,02	0,53	0,03	0,04	0,07	0,08	0,11	0,05
RD009	0,05	0,22	0,07	0,10	0,11	0,10	0,04	0,09
RD013	0,02	0,63	0,03	0,04	0,08	0,09	0,13	0,05
RD018	0,05	0,64	0,07	0,08	0,14	0,13	0,13	0,10
RD019	0,01	0,35	0,02	0,03	0,06	0,06	0,08	0,04
RD021	0,01	0,10	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
RD023	0,01	0,18	0,04	0,06	0,10	0,07	0,04	0,06
RD025	0,01	0,18	0,02	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04
RD026	0,02	0,13	0,04	0,06	0,08	0,06	0,03	0,06
RD027	0,01	0,14	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
RD029	0,01	0,24	0,03	0,04	0,07	0,06	0,05	0,04
RD030	0,06	0,29	0,09	0,13	0,14	0,13	0,05	0,12
RD031	0,01	0,10	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
RD032	0,01	0,16	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03
RD033	0,04	0,29	0,06	0,07	0,11	0,09	0,06	0,08
RD034	0,02	0,09	0,04	0,05	0,07	0,05	0,02	0,05
RD035	0,02	0,20	0,05	0,07	0,10	0,08	0,05	0,07
RD039	0,02	0,20	0,02	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04
RD040	0,01	0,16	0,02	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04
RD044	0,02	0,15	0,03	0,04	0,09	0,06	0,04	0,05
RD045	0,02	0,18	0,03	0,05	0,09	0,06	0,04	0,05
RD049	0,02	0,12	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
RD053	0,02	0,19	0,03	0,04	0,08	0,06	0,05	0,05
RD056	0,03	0,35	0,17	0,21	0,25	0,21	0,07	0,19
RD057	0,02	0,19	0,02	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04
RD058	0,02	0,16	0,02	0,03	0,09	0,05	0,04	0,04
RD059	0,02	0,19	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05
RD064	0,02	0,32	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04
RD065	0,01	0,27	0,02	0,02	0,04	0,05	0,06	0,03
RD067	0,01	0,13	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03
RD068	0,01	0,17	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
RD069	0,01	0,20	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03
RD070	0,03	0,23	0,06	0,07	0,11	0,09	0,05	0,08
RD071	0,02	0,19	0,02	0,03	0,08	0,05	0,05	0,04
RD072	0,02	0,20	0,03	0,03	0,07	0,06	0,06	0,04
RD073	0,02	0,17	0,04	0,05	0,07	0,06	0,04	0,05
RD074	0,01	0,10	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
RD075	0,01	0,14	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
RD076	0,01	0,19	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04
RD077	0,01	0,06	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02
RD078	0,01	0,09	0,02	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03
RD079	0,01	0,14	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
RD080	0,01	0,29	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,03
RD081	0,01	0,07	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03
RD082	0,01	0,09	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
RD083	0,02	0,18	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04
RD084	0,01	0,15	0,02	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03
RD085	0,01	0,07	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
RD086	0,02	0,27	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,03
RD087	0,02	0,18	0,03	0,04	0,09	0,06	0,05	0,05
RD088	0,01	0,42	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,04
RD089	0,01	0,17	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04
RD090	0,01	0,15	0,03	0,05	0,07	0,06	0,04	0,05
RD091	0,01	0,20	0,02	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03
RD092	0,01	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02
RD093	0,02	0,12	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
RD094	0,02	0,37	0,03	0,05	0,10	0,08	0,08	0,06
RD095	0,01	0,07	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,03
RD096	0,01	0,17	0,02	0,03	0,07	0,05	0,04	0,04
RD097	0,02	0,16	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04
RD098	0,01	0,07	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
RD099	0,01	0,12	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02

Tabela I.15. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Nitrato (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,04	0,91	0,12	0,22	0,39	0,28	0,22	0,21
RD004	0,03	0,80	0,10	0,14	0,23	0,20	0,20	0,15
RD007	0,05	0,92	0,14	0,21	0,32	0,25	0,19	0,20
RD009	0,02	1,70	0,40	0,84	1,21	0,81	0,49	0,58
RD013	0,10	2,92	0,21	0,37	0,59	0,52	0,60	0,37
RD018	0,29	2,67	0,66	0,90	1,37	1,06	0,59	0,91
RD019	0,11	1,74	0,23	0,40	0,73	0,57	0,47	0,43
RD021	0,10	1,79	0,25	0,31	0,44	0,42	0,35	0,34
RD023	0,01	2,04	0,29	0,50	0,69	0,60	0,49	0,43
RD025	0,08	0,69	0,18	0,21	0,40	0,29	0,18	0,24
RD026	0,11	0,87	0,24	0,33	0,59	0,40	0,23	0,34
RD027	0,11	1,00	0,17	0,21	0,44	0,33	0,23	0,27
RD029	0,14	1,00	0,25	0,32	0,59	0,41	0,25	0,35
RD030	0,02	3,37	0,48	1,06	1,58	1,17	0,78	0,86
RD031	0,01	1,94	0,29	0,45	0,64	0,56	0,48	0,38
RD032	0,02	1,38	0,26	0,45	0,65	0,51	0,32	0,40
RD033	0,09	2,72	0,42	0,65	0,81	0,68	0,52	0,54
RD034	0,01	2,20	0,33	0,60	0,86	0,75	0,58	0,50
RD035	0,02	1,91	0,33	0,58	0,74	0,64	0,48	0,46
RD039	0,03	0,73	0,13	0,16	0,25	0,21	0,15	0,17
RD040	0,03	1,22	0,15	0,21	0,30	0,28	0,26	0,22
RD044	0,06	1,74	0,37	0,55	0,70	0,61	0,39	0,48
RD045	0,03	1,73	0,31	0,43	0,60	0,51	0,34	0,41
RD049	0,04	2,06	0,17	0,24	0,59	0,45	0,48	0,29
RD053	0,02	1,26	0,36	0,57	0,77	0,56	0,29	0,45
RD056	0,07	0,81	0,15	0,25	0,50	0,33	0,22	0,26
RD057	0,02	1,49	0,33	0,65	0,93	0,60	0,39	0,43
RD058	0,01	1,13	0,35	0,58	0,82	0,56	0,30	0,43
RD059	0,10	1,22	0,28	0,56	0,82	0,57	0,33	0,47
RD064	0,02	1,23	0,39	0,62	0,90	0,65	0,35	0,51
RD065	0,10	1,04	0,26	0,40	0,61	0,45	0,27	0,37
RD067	0,11	1,25	0,35	0,56	0,79	0,59	0,32	0,51
RD068	0,02	0,37	0,10	0,11	0,18	0,14	0,08	0,12
RD069	0,04	0,37	0,09	0,12	0,25	0,16	0,10	0,14
RD070	0,10	1,44	0,50	0,70	1,04	0,72	0,40	0,58
RD071	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
RD072	0,10	1,49	0,20	0,42	0,57	0,44	0,32	0,35
RD073	0,01	2,62	0,16	0,27	0,43	0,41	0,53	0,25
RD074	0,05	0,79	0,16	0,20	0,37	0,28	0,19	0,22
RD075	0,03	0,66	0,12	0,15	0,28	0,22	0,17	0,17
RD076	0,07	0,91	0,11	0,15	0,28	0,22	0,18	0,18
RD077	0,03	0,94	0,08	0,12	0,22	0,21	0,25	0,13
RD078	0,02	0,83	0,07	0,12	0,20	0,18	0,18	0,13
RD079	0,02	0,50	0,06	0,10	0,17	0,14	0,12	0,10
RD080	0,02	0,95	0,11	0,15	0,28	0,25	0,24	0,17
RD081	0,03	0,61	0,11	0,15	0,25	0,21	0,17	0,16
RD082	0,06	0,88	0,13	0,14	0,23	0,22	0,19	0,17
RD083	0,02	1,55	0,30	0,43	0,53	0,48	0,34	0,36
RD084	0,06	0,80	0,12	0,17	0,24	0,23	0,19	0,18
RD085	0,05	0,85	0,11	0,13	0,26	0,22	0,20	0,17
RD086	0,03	1,43	0,15	0,21	0,46	0,34	0,33	0,23
RD087	0,04	1,55	0,14	0,27	0,44	0,35	0,32	0,24
RD088	0,02	1,97	0,16	0,23	0,45	0,40	0,47	0,23
RD089	0,01	0,84	0,19	0,28	0,43	0,34	0,22	0,26
RD090	0,03	1,80	0,06	0,20	0,44	0,32	0,40	0,17
RD091	0,05	0,92	0,16	0,36	0,54	0,38	0,25	0,30
RD092	0,10	0,69	0,19	0,23	0,39	0,30	0,16	0,27
RD093	0,16	1,35	0,42	0,58	0,74	0,60	0,27	0,54
RD094	0,01	1,02	0,10	0,23	0,58	0,35	0,32	0,20
RD095	0,12	0,89	0,23	0,33	0,66	0,43	0,26	0,36
RD096	0,07	0,75	0,27	0,36	0,63	0,40	0,21	0,34
RD097	0,09	1,01	0,32	0,45	0,60	0,45	0,22	0,39
RD098	0,10	1,03	0,33	0,47	0,59	0,46	0,21	0,41
RD099	0,01	0,81	0,08	0,10	0,24	0,19	0,19	0,12

Tabela I.16. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Nitrogênio amoniacal (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	0,10	0,43	0,10	0,12	0,18	0,15	0,08	0,14
RD004	0,10	0,48	0,10	0,13	0,18	0,16	0,09	0,14
RD007	0,10	0,40	0,10	0,13	0,22	0,17	0,09	0,15
RD009	0,10	0,65	0,17	0,21	0,36	0,28	0,17	0,24
RD013	0,10	0,50	0,10	0,12	0,15	0,15	0,09	0,13
RD018	0,10	0,39	0,12	0,17	0,24	0,19	0,08	0,18
RD019	0,10	0,26	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,11
RD021	0,10	0,33	0,10	0,13	0,19	0,15	0,06	0,14
RD023	0,10	0,43	0,10	0,10	0,13	0,14	0,08	0,13
RD025	0,10	0,94	0,10	0,10	0,17	0,18	0,18	0,14
RD026	0,10	0,60	0,10	0,20	0,40	0,25	0,17	0,20
RD027	0,10	0,44	0,10	0,10	0,17	0,15	0,08	0,13
RD029	0,10	0,54	0,10	0,10	0,17	0,17	0,13	0,14
RD030	0,10	1,25	0,11	0,20	0,48	0,32	0,28	0,24
RD031	0,10	0,42	0,10	0,10	0,15	0,15	0,09	0,13
RD032	0,10	0,35	0,10	0,10	0,17	0,15	0,07	0,13
RD033	0,10	0,26	0,10	0,13	0,19	0,14	0,06	0,14
RD034	0,10	1,09	0,12	0,17	0,30	0,25	0,22	0,20
RD035	0,10	0,29	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,12
RD039	0,10	0,19	0,10	0,10	0,11	0,11	0,03	0,11
RD040	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10	0,13	0,07	0,12
RD044	0,10	0,51	0,10	0,11	0,18	0,16	0,10	0,14
RD045	0,10	0,25	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,12
RD049	0,10	0,23	0,10	0,10	0,14	0,12	0,04	0,12
RD053	0,10	0,23	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,11
RD056	0,37	4,53	1,06	1,79	2,43	1,88	1,07	1,57
RD057	0,10	0,22	0,10	0,10	0,11	0,11	0,03	0,11
RD058	0,10	0,23	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,12
RD059	0,10	0,26	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,13
RD064	0,10	0,29	0,10	0,13	0,21	0,16	0,06	0,15
RD065	0,10	0,28	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,11
RD067	0,10	0,26	0,10	0,10	0,13	0,13	0,04	0,12
RD068	0,10	0,22	0,10	0,10	0,11	0,11	0,03	0,11
RD069	0,10	0,19	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	0,11
RD070	0,10	0,29	0,11	0,18	0,19	0,17	0,06	0,16
RD071	0,10	1,34	0,23	0,33	0,44	0,39	0,29	0,31
RD072	0,10	0,32	0,10	0,13	0,19	0,15	0,06	0,14
RD073	0,10	0,23	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,12
RD074	0,10	0,32	0,10	0,10	0,14	0,13	0,05	0,12
RD075	0,10	0,28	0,10	0,10	0,11	0,12	0,04	0,11
RD076	0,10	0,30	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,13
RD077	0,10	0,26	0,10	0,10	0,15	0,13	0,06	0,12
RD078	0,10	0,40	0,10	0,10	0,19	0,15	0,07	0,13
RD079	0,10	0,24	0,10	0,10	0,17	0,13	0,05	0,13
RD080	0,10	0,29	0,10	0,10	0,13	0,13	0,05	0,12
RD081	0,10	0,37	0,10	0,10	0,15	0,14	0,07	0,13
RD082	0,10	0,29	0,10	0,10	0,10	0,11	0,04	0,11
RD083	0,10	0,28	0,10	0,10	0,14	0,13	0,06	0,12
RD084	0,10	0,25	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,12
RD085	0,10	0,34	0,10	0,10	0,15	0,13	0,06	0,12
RD086	0,10	0,22	0,10	0,10	0,14	0,12	0,04	0,12
RD087	0,10	0,35	0,10	0,10	0,16	0,14	0,06	0,13
RD088	0,10	0,25	0,10	0,10	0,14	0,13	0,05	0,12
RD089	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,12	0,03	0,11
RD090	0,10	0,34	0,10	0,10	0,17	0,14	0,06	0,13
RD091	0,10	0,47	0,10	0,16	0,25	0,19	0,10	0,17
RD092	0,10	0,19	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	0,11
RD093	0,10	0,27	0,10	0,10	0,17	0,13	0,05	0,12
RD094	0,10	0,33	0,10	0,10	0,16	0,14	0,07	0,13
RD095	0,10	0,32	0,10	0,10	0,19	0,14	0,07	0,13
RD096	0,10	0,27	0,10	0,10	0,15	0,13	0,05	0,13
RD097	0,10	0,21	0,10	0,10	0,12	0,12	0,03	0,11
RD098	0,10	0,30	0,10	0,10	0,14	0,13	0,06	0,12
RD099	0,10	0,26	0,10	0,10	0,12	0,12	0,04	0,12

Tabela I.17. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro Oxigênio dissolvido (mg/L O₂).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	7,10	9,50	7,55	8,10	8,40	8,04	0,59	8,02
RD004	7,10	9,30	7,70	8,00	8,40	8,05	0,53	8,04
RD007	6,80	9,10	7,30	7,50	8,05	7,65	0,55	7,63
RD009	6,30	9,00	6,65	6,90	7,45	7,15	0,62	7,12
RD013	7,40	9,80	7,85	8,10	8,70	8,25	0,60	8,23
RD018	6,80	8,90	7,30	7,70	7,95	7,70	0,52	7,69
RD019	6,70	8,90	7,25	7,50	7,95	7,62	0,50	7,61
RD021	7,40	9,60	7,80	8,10	8,55	8,20	0,51	8,18
RD023	7,30	9,70	7,80	8,10	8,45	8,15	0,55	8,13
RD025	7,10	9,30	7,60	8,00	8,25	7,97	0,55	7,95
RD026	6,70	8,90	7,55	7,80	8,10	7,81	0,51	7,80
RD027	6,90	9,10	7,55	8,00	8,30	8,02	0,58	8,00
RD029	7,00	9,40	7,40	7,80	8,30	7,92	0,62	7,89
RD030	7,20	9,30	7,65	8,10	8,20	8,03	0,52	8,01
RD031	7,10	9,30	7,65	7,80	8,25	7,92	0,51	7,90
RD032	7,60	9,70	8,05	8,50	8,85	8,46	0,51	8,45
RD033	8,00	10,30	8,35	8,80	8,90	8,71	0,55	8,70
RD034	6,90	9,30	7,40	7,60	8,00	7,71	0,54	7,70
RD035	7,10	9,10	7,60	8,10	8,35	8,00	0,57	7,98
RD039	7,10	9,60	7,60	7,90	8,20	7,95	0,53	7,94
RD040	6,60	9,30	7,15	7,60	8,00	7,58	0,65	7,55
RD044	5,90	9,80	7,25	7,80	8,10	7,74	0,78	7,71
RD045	7,10	9,80	7,55	7,90	8,15	7,96	0,64	7,94
RD049	7,00	9,70	7,70	8,10	8,35	8,07	0,54	8,05
RD053	7,00	9,50	7,30	7,50	7,95	7,70	0,63	7,68
RD056	2,40	7,20	4,25	4,60	5,45	4,77	1,11	4,64
RD057	7,20	9,60	7,65	8,00	8,30	8,02	0,53	8,01
RD058	6,90	10,00	7,50	8,00	8,25	7,98	0,71	7,95
RD059	7,00	10,70	7,55	7,90	8,20	8,09	0,92	8,05
RD064	6,90	9,10	7,30	7,70	8,00	7,70	0,53	7,68
RD065	7,50	9,60	7,80	8,20	8,45	8,19	0,48	8,17
RD067	6,70	8,90	7,30	7,50	7,85	7,63	0,52	7,61
RD068	6,20	8,10	6,75	7,30	7,45	7,13	0,54	7,11
RD069	7,00	9,30	7,30	8,10	8,60	8,06	0,70	8,03
RD070	6,60	9,10	7,50	7,80	8,15	7,77	0,56	7,75
RD071	7,50	9,50	7,80	8,10	8,50	8,18	0,51	8,16
RD072	7,30	9,50	7,80	8,00	8,55	8,15	0,53	8,14
RD073	7,10	9,30	7,50	7,90	8,10	7,87	0,53	7,85
RD074	7,10	9,40	7,50	7,90	8,15	7,91	0,54	7,89
RD075	7,10	9,40	7,50	7,80	8,35	8,00	0,58	7,98
RD076	7,50	9,60	7,85	8,20	8,50	8,23	0,52	8,22
RD077	6,20	9,80	7,85	8,10	8,50	8,13	0,68	8,10
RD078	7,50	9,90	7,90	8,30	8,70	8,33	0,55	8,31
RD079	6,50	9,70	7,65	7,90	8,20	7,93	0,63	7,91
RD080	6,70	10,00	7,85	8,30	8,60	8,31	0,66	8,28
RD081	6,90	9,40	7,70	7,85	8,15	7,91	0,51	7,89
RD082	7,30	9,90	7,80	8,20	8,50	8,18	0,56	8,16
RD083	6,90	10,20	7,40	7,70	7,95	7,80	0,71	7,78
RD084	7,00	9,30	7,60	7,80	8,10	7,84	0,49	7,83
RD085	7,10	10,00	7,75	8,00	8,40	8,09	0,64	8,06
RD086	7,00	10,00	7,70	7,90	8,30	8,02	0,63	8,00
RD087	6,10	9,80	7,43	7,90	8,20	7,84	0,76	7,80
RD088	5,70	9,50	7,53	7,90	8,30	7,84	0,74	7,80
RD089	7,00	9,40	7,60	7,90	8,25	7,90	0,54	7,89
RD090	6,80	9,60	7,45	7,90	8,15	7,87	0,69	7,84
RD091	4,30	7,80	5,95	6,40	6,80	6,36	0,83	6,31
RD092	7,40	10,30	8,10	8,40	8,90	8,54	0,66	8,51
RD093	7,10	9,50	7,50	7,90	8,20	7,88	0,53	7,86
RD094	6,60	9,20	7,15	7,40	8,10	7,65	0,77	7,62
RD095	7,10	9,00	7,55	7,80	8,20	7,87	0,47	7,86
RD096	7,50	9,70	7,85	8,30	8,50	8,27	0,51	8,26
RD097	7,20	9,20	7,70	8,10	8,25	7,99	0,45	7,98
RD098	7,30	9,30	7,80	8,00	8,30	8,05	0,46	8,04
RD099	6,40	9,40	7,20	7,50	7,90	7,58	0,64	7,56

Tabela I.18. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativa ao parâmetro pH.

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	5,90	7,50	6,65	6,80	6,90	6,82	0,36	6,81
RD004	6,30	7,50	6,50	6,70	6,90	6,73	0,28	6,72
RD007	6,20	7,40	6,40	6,60	6,80	6,65	0,30	6,64
RD009	6,30	7,60	6,80	6,90	7,00	6,88	0,27	6,88
RD013	6,10	7,30	6,35	6,70	6,90	6,66	0,33	6,65
RD018	6,30	7,30	6,60	6,70	6,80	6,73	0,25	6,72
RD019	6,40	7,30	6,60	6,80	6,85	6,77	0,21	6,76
RD021	6,20	7,30	6,55	6,70	6,85	6,73	0,25	6,73
RD023	6,00	7,20	6,50	6,70	6,90	6,68	0,35	6,67
RD025	5,60	7,10	6,20	6,40	6,75	6,47	0,37	6,46
RD026	6,00	7,20	6,35	6,60	6,85	6,60	0,34	6,59
RD027	5,90	7,10	6,20	6,50	6,80	6,49	0,37	6,48
RD029	6,20	7,20	6,60	6,80	6,90	6,75	0,24	6,75
RD030	6,40	7,30	6,80	7,00	7,00	6,90	0,22	6,89
RD031	6,20	7,40	6,60	6,70	6,95	6,75	0,30	6,75
RD032	6,00	7,30	6,55	6,70	6,90	6,72	0,34	6,71
RD033	6,00	7,20	6,40	6,60	6,90	6,62	0,35	6,61
RD034	6,10	7,20	6,60	6,80	6,90	6,73	0,27	6,73
RD035	6,00	7,30	6,50	6,70	6,95	6,69	0,37	6,68
RD039	5,50	7,10	6,10	6,40	6,80	6,38	0,46	6,37
RD040	5,70	7,30	6,20	6,50	6,70	6,47	0,37	6,46
RD044	6,10	7,20	6,55	6,70	6,85	6,73	0,27	6,72
RD045	6,20	8,20	6,70	6,90	7,05	6,90	0,43	6,88
RD049	6,30	7,60	6,90	7,10	7,30	7,06	0,32	7,05
RD053	5,80	7,90	6,60	6,80	7,00	6,82	0,41	6,81
RD056	6,30	7,20	6,45	6,60	6,80	6,62	0,23	6,62
RD057	6,60	7,60	6,80	7,10	7,35	7,10	0,32	7,10
RD058	6,30	8,90	6,80	7,00	7,25	7,06	0,51	7,04
RD059	6,30	8,60	6,80	7,10	7,30	7,13	0,53	7,11
RD064	6,00	6,80	6,40	6,50	6,60	6,48	0,19	6,48
RD065	6,40	7,40	6,60	6,90	7,05	6,87	0,27	6,87
RD067	6,10	7,20	6,50	6,70	7,00	6,75	0,31	6,75
RD068	5,70	6,90	6,00	6,20	6,50	6,26	0,32	6,25
RD069	6,30	7,30	6,55	6,80	7,05	6,80	0,30	6,79
RD070	6,10	7,20	6,55	6,70	6,80	6,66	0,30	6,65
RD071	6,10	7,50	6,50	6,70	6,90	6,70	0,33	6,69
RD072	5,90	7,20	6,35	6,70	6,90	6,61	0,36	6,60
RD073	6,10	7,20	6,50	6,70	6,90	6,70	0,30	6,69
RD074	5,70	7,20	6,20	6,50	6,70	6,46	0,37	6,45
RD075	6,10	7,30	6,20	6,40	6,50	6,42	0,30	6,41
RD076	6,00	7,20	6,60	6,70	6,80	6,71	0,23	6,71
RD077	5,30	6,80	5,80	6,20	6,45	6,14	0,42	6,13
RD078	5,00	7,10	6,00	6,30	6,65	6,30	0,51	6,28
RD079	5,80	7,10	6,25	6,50	6,85	6,51	0,38	6,50
RD080	5,80	7,50	6,70	6,80	6,90	6,77	0,35	6,76
RD081	5,60	7,30	6,40	6,50	6,70	6,54	0,35	6,53
RD082	5,80	7,20	6,55	6,80	6,90	6,69	0,34	6,68
RD083	6,00	8,30	6,50	6,50	6,90	6,68	0,46	6,67
RD084	5,60	7,10	6,30	6,40	6,65	6,46	0,37	6,45
RD085	5,70	7,20	6,35	6,50	6,80	6,50	0,40	6,49
RD086	6,40	7,30	6,70	6,80	7,10	6,84	0,26	6,84
RD087	6,60	7,40	6,80	7,00	7,20	6,99	0,24	6,98
RD088	6,20	7,90	7,10	7,35	7,50	7,26	0,41	7,25
RD089	6,20	7,50	6,80	7,00	7,15	6,94	0,34	6,94
RD090	6,90	8,80	7,45	7,60	7,90	7,69	0,40	7,68
RD091	6,10	6,90	6,30	6,50	6,60	6,48	0,22	6,48
RD092	6,00	7,30	6,30	6,55	6,80	6,55	0,36	6,54
RD093	5,90	7,30	6,85	7,00	7,10	6,90	0,33	6,90
RD094	6,60	8,40	7,15	7,40	7,50	7,36	0,39	7,35
RD095	6,10	6,80	6,30	6,50	6,70	6,50	0,23	6,50
RD096	5,80	7,00	6,35	6,50	6,65	6,46	0,27	6,45
RD097	6,50	7,30	6,70	6,90	7,10	6,89	0,24	6,88
RD098	6,40	7,30	6,50	6,70	7,00	6,75	0,29	6,75
RD099	5,90	7,30	6,20	6,40	6,50	6,41	0,31	6,40

Tabela I.19. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativo ao parâmetro sólidos dissolvidos totais (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	24,00	100,00	39,00	45,50	48,50	46,05	13,97	44,49
RD004	25,00	64,00	35,00	37,00	41,00	39,64	10,01	38,54
RD007	11,00	56,00	36,25	39,50	43,75	40,18	9,60	38,61
RD009	41,00	138,00	54,25	62,00	72,75	66,09	21,29	63,43
RD013	33,00	80,00	38,00	46,00	54,00	47,59	11,76	46,36
RD018	38,00	222,00	47,00	53,00	61,50	62,00	38,04	56,57
RD019	29,00	80,00	37,50	43,00	48,00	45,77	12,92	44,23
RD021	26,00	59,00	32,50	41,50	50,50	41,09	10,74	39,74
RD023	27,00	63,00	37,00	46,00	55,00	45,48	11,67	43,96
RD025	18,00	68,00	25,50	29,00	40,25	35,18	14,04	32,93
RD026	19,00	58,00	28,50	34,00	41,00	35,50	10,40	34,12
RD027	21,00	55,00	31,00	36,00	41,50	36,36	8,13	35,48
RD029	25,00	72,00	36,00	39,00	44,75	40,45	10,72	39,22
RD030	41,00	82,00	48,00	58,00	64,50	58,86	11,76	57,77
RD031	29,00	62,00	39,25	45,50	48,00	43,95	7,82	43,27
RD032	28,00	56,00	34,25	41,00	46,00	40,91	7,98	40,15
RD033	30,00	108,00	55,00	59,50	67,25	60,14	14,88	58,43
RD034	36,00	58,00	46,00	48,50	54,75	48,77	6,07	48,40
RD035	33,00	91,00	42,00	44,00	58,50	50,26	14,83	48,46
RD039	16,00	70,00	31,50	36,00	42,00	38,26	10,47	36,92
RD040	25,00	59,00	37,00	43,00	49,50	42,50	8,97	41,54
RD044	44,00	163,00	48,25	55,50	59,75	61,27	25,96	58,14
RD045	36,00	70,00	42,75	50,50	59,00	51,18	10,09	50,24
RD049	32,00	470,00	47,75	52,50	61,00	73,00	89,38	58,45
RD053	37,00	94,00	45,00	53,50	59,25	55,05	14,08	53,53
RD056	48,00	160,00	60,25	69,50	83,00	74,73	22,75	72,26
RD057	52,00	148,00	61,00	64,00	71,75	69,00	18,82	67,39
RD058	40,00	90,00	49,00	56,00	59,00	56,26	11,07	55,32
RD059	36,00	86,00	47,75	54,00	57,00	52,68	10,64	51,71
RD064	19,00	57,00	35,00	37,00	44,25	38,55	9,07	37,42
RD065	33,00	94,00	35,00	40,00	45,50	43,39	12,88	42,10
RD067	36,00	97,00	47,00	56,00	61,00	56,26	13,72	54,85
RD068	18,00	38,00	27,00	29,00	32,00	29,30	4,40	28,96
RD069	30,00	94,00	39,00	46,00	51,00	47,91	13,94	46,30
RD070	26,00	94,00	39,00	46,00	55,50	47,65	14,42	45,76
RD071	28,00	96,00	36,00	39,00	46,50	42,74	13,92	41,17
RD072	28,00	74,00	37,00	46,00	49,00	45,30	9,92	44,31
RD073	34,00	430,00	41,50	51,00	58,50	69,78	80,78	55,84
RD074	13,00	52,00	21,50	24,00	28,00	25,30	7,85	24,31
RD075	17,00	35,00	21,50	23,00	26,00	24,17	4,34	23,82
RD076	25,00	110,00	30,50	37,00	41,50	39,83	17,73	37,42
RD077	18,00	39,00	23,00	25,00	28,50	26,26	5,14	25,82
RD078	12,00	56,00	21,00	25,00	26,00	24,78	8,01	23,82
RD079	21,00	69,00	26,00	33,00	41,00	35,26	12,65	33,41
RD080	25,00	83,00	30,00	33,00	42,00	38,26	14,47	36,20
RD081	23,00	68,00	28,25	32,00	36,75	34,05	9,71	33,01
RD082	14,00	65,00	31,00	39,00	45,00	39,52	11,52	37,77
RD083	39,00	68,00	44,50	52,00	58,50	52,09	8,16	51,48
RD084	27,00	208,00	33,00	36,00	40,50	44,26	36,24	39,20
RD085	26,00	58,00	34,50	43,00	47,50	40,43	9,19	39,37
RD086	29,00	66,00	40,00	44,00	48,00	44,86	8,78	44,06
RD087	47,00	198,00	59,25	71,00	99,50	81,91	35,22	76,45
RD088	64,00	219,00	89,00	100,00	112,00	111,77	41,88	106,09
RD089	26,00	186,00	52,50	58,00	64,00	65,17	31,17	60,52
RD090	125,00	195,00	132,00	136,00	148,00	141,96	15,42	141,24
RD091	39,00	102,00	46,00	50,00	54,50	53,17	13,64	51,89
RD092	23,00	46,00	28,50	33,50	37,00	33,23	5,90	32,72
RD093	41,00	149,00	51,00	57,00	61,50	61,00	21,83	58,56
RD094	68,00	242,00	94,00	119,00	144,00	121,70	41,66	115,39
RD095	26,00	63,00	30,00	34,00	41,50	36,96	9,88	35,85
RD096	21,00	101,00	28,00	31,00	35,50	35,26	16,37	33,07
RD097	35,00	66,00	43,00	44,00	47,50	46,04	7,30	45,54
RD098	24,00	45,00	30,00	35,00	39,00	34,43	6,44	33,86
RD099	18,00	35,00	21,50	23,00	25,50	23,70	4,38	23,33

Tabela I.20. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativo ao parâmetro sólidos em suspensão totais (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	1,00	720,00	12,00	28,00	50,50	67,91	148,53	23,60
RD004	2,00	349,00	10,00	34,00	62,50	63,96	84,50	27,43
RD007	2,00	569,00	21,50	55,00	99,50	90,00	126,54	43,07
RD009	2,00	338,00	13,00	18,00	58,00	65,30	95,89	26,03
RD013	3,00	434,00	10,50	21,00	75,00	70,35	108,23	27,36
RD018	2,00	3768,00	13,00	60,00	118,00	263,48	784,51	44,21
RD019	6,00	223,00	11,00	20,00	61,00	54,70	67,64	27,98
RD021	2,00	60,00	6,50	12,00	23,50	17,30	16,26	11,07
RD023	9,00	204,00	23,00	35,00	126,00	68,61	64,39	44,74
RD025	1,00	235,00	9,00	24,00	51,50	44,26	62,68	20,65
RD026	2,00	126,00	14,50	22,00	65,00	39,83	36,07	25,15
RD027	1,00	47,00	6,00	12,00	17,00	12,65	10,18	8,74
RD029	2,00	864,00	9,00	23,00	49,00	73,78	177,40	23,10
RD030	1,00	1218,00	21,00	33,00	81,50	131,30	289,43	40,82
RD031	2,00	129,00	10,00	17,00	39,50	32,65	36,42	18,73
RD032	1,00	152,00	5,50	17,00	25,50	24,30	32,86	12,57
RD033	12,00	678,00	22,50	47,00	69,00	85,30	141,22	48,55
RD034	1,00	153,00	12,00	19,00	33,50	36,91	41,04	21,75
RD035	2,00	230,00	23,00	54,00	142,50	78,35	69,25	49,06
RD039	2,00	365,00	17,00	22,00	42,50	55,78	86,02	29,09
RD040	3,00	111,00	8,00	13,00	22,50	20,87	24,62	13,22
RD044	2,00	169,00	5,50	14,00	26,50	28,48	38,75	14,85
RD045	2,00	284,00	11,00	27,00	41,00	45,35	62,72	25,04
RD049	10,00	1428,00	17,50	33,00	77,00	116,83	291,63	44,28
RD053	5,00	345,00	11,00	27,00	47,00	45,83	70,75	25,77
RD056	7,00	325,00	26,50	41,00	78,00	81,70	95,17	46,61
RD057	14,00	1188,00	34,00	80,00	153,50	138,87	239,53	74,58
RD058	2,00	476,00	14,00	20,00	37,50	48,30	96,89	21,69
RD059	3,00	488,00	8,50	18,00	29,50	46,04	99,79	19,28
RD064	2,00	512,00	13,00	18,00	34,00	52,52	107,93	21,42
RD065	4,00	598,00	9,50	13,00	38,50	48,65	121,74	19,10
RD067	4,00	289,00	11,00	15,00	21,00	30,35	58,28	16,85
RD068	2,00	72,00	5,00	9,00	14,00	13,83	15,67	9,24
RD069	1,00	429,00	2,00	7,00	15,50	30,87	88,95	7,40
RD070	3,00	642,00	32,00	46,00	144,50	105,52	138,70	55,95
RD071	2,00	1088,00	12,50	28,00	108,00	107,78	225,86	35,28
RD072	2,00	894,00	13,00	22,00	134,00	127,91	219,68	37,47
RD073	2,00	1730,00	16,00	40,00	98,50	134,78	352,70	42,86
RD074	1,00	204,00	3,00	5,00	17,50	24,39	49,77	7,38
RD075	1,00	249,00	3,50	7,00	14,50	27,17	56,52	8,81
RD076	3,00	262,00	14,00	22,00	59,50	47,83	57,91	28,19
RD077	0,00	28,00	3,50	9,00	14,00	9,83	7,79	-
RD078	1,00	91,00	2,50	8,00	15,50	15,52	23,60	7,26
RD079	1,00	497,00	6,00	9,00	18,00	35,78	102,06	10,32
RD080	1,00	454,00	6,50	10,00	33,50	49,43	107,03	14,19
RD081	2,00	578,00	7,25	20,50	42,00	49,45	119,71	17,65
RD082	1,00	173,00	8,00	19,00	39,00	29,43	36,76	16,37
RD083	2,00	451,00	10,00	22,00	31,00	45,52	91,99	20,41
RD084	6,00	1148,00	13,50	20,00	38,00	75,57	234,84	24,37
RD085	2,00	87,00	5,50	10,00	41,00	24,35	25,27	13,19
RD086	6,00	124,00	14,00	26,00	37,00	33,76	29,85	24,64
RD087	2,00	488,00	11,00	33,50	62,75	73,14	115,92	28,97
RD088	1,00	474,00	15,25	37,50	96,50	96,50	142,65	37,48
RD089	13,00	762,00	19,00	33,00	55,00	76,91	155,30	38,91
RD090	3,00	299,00	10,50	28,00	42,50	39,39	60,39	21,40
RD091	2,00	196,00	9,00	14,00	24,00	29,74	52,22	13,71
RD092	4,00	174,00	8,00	14,00	22,50	23,73	35,79	14,45
RD093	13,00	2011,00	17,50	34,00	50,50	131,78	412,55	39,95
RD094	2,00	1149,00	7,00	39,00	60,00	110,57	265,67	25,67
RD095	2,00	49,00	8,50	13,00	16,50	14,74	11,04	11,22
RD096	1,00	397,00	6,50	12,00	33,50	37,30	81,55	13,92
RD097	2,00	308,00	23,00	32,00	62,50	61,96	78,93	34,66
RD098	5,00	41,00	8,00	9,00	18,00	14,19	9,78	11,68
RD099	1,00	97,00	3,50	5,00	13,50	13,35	21,03	6,57

Tabela I.21. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativo ao parâmetro sólidos totais (mg/L).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	38,00	820,00	52,00	73,00	97,00	114,09	160,38	81,24
RD004	25,00	410,00	42,50	75,00	105,50	103,52	92,05	78,49
RD007	28,00	622,00	52,00	91,00	146,00	129,61	132,07	95,24
RD009	59,00	382,00	76,00	91,00	152,50	131,43	89,16	111,74
RD013	41,00	489,00	50,50	64,00	137,00	117,61	112,49	87,22
RD018	46,00	3990,00	65,00	110,00	183,50	325,09	820,07	128,80
RD019	35,00	283,00	53,00	74,00	107,00	100,48	76,92	81,44
RD021	29,00	112,00	40,00	49,00	71,50	58,22	24,05	53,77
RD023	46,00	265,00	59,50	86,00	183,50	114,09	72,62	95,68
RD025	24,00	300,00	35,00	55,00	89,00	79,35	72,20	61,49
RD026	35,00	166,00	45,50	58,00	112,50	75,35	39,92	66,59
RD027	30,00	93,00	40,50	47,00	52,50	48,61	13,75	47,03
RD029	34,00	936,00	43,50	65,00	91,00	114,26	185,10	74,58
RD030	48,00	1300,00	79,50	87,00	140,50	191,17	296,13	120,26
RD031	40,00	175,00	48,50	62,00	85,50	76,35	39,14	68,98
RD032	33,00	190,00	42,00	54,00	72,50	64,87	35,26	58,58
RD033	59,00	786,00	85,50	112,00	128,00	145,65	151,86	116,89
RD034	43,00	208,00	57,50	73,00	85,00	85,52	43,67	77,62
RD035	46,00	307,00	66,50	96,00	203,00	128,61	80,46	108,04
RD039	36,00	435,00	52,50	59,00	80,00	94,00	93,59	73,25
RD040	28,00	167,00	48,50	55,00	65,00	62,70	29,06	58,19
RD044	52,00	226,00	64,00	68,00	97,50	89,78	46,98	81,78
RD045	45,00	354,00	63,00	77,00	91,00	96,61	68,84	83,75
RD049	51,00	1898,00	71,00	90,00	135,50	189,26	378,26	111,51
RD053	48,00	439,00	62,50	75,00	103,50	100,87	81,26	86,02
RD056	75,00	485,00	96,00	110,00	155,50	157,43	110,57	134,17
RD057	71,00	1336,00	100,50	143,00	219,00	207,87	257,14	155,63
RD058	49,00	566,00	64,00	76,00	92,00	104,52	105,31	85,97
RD059	44,00	574,00	61,50	71,00	82,50	99,39	106,85	81,01
RD064	37,00	594,00	52,00	58,00	74,00	92,91	117,31	69,87
RD065	39,00	692,00	47,00	57,00	80,50	92,04	133,01	67,84
RD067	48,00	386,00	59,50	68,00	81,50	86,61	69,15	75,68
RD068	28,00	104,00	33,50	38,00	46,50	43,13	16,73	40,99
RD069	37,00	496,00	43,50	53,00	67,00	78,65	93,66	61,95
RD070	39,00	736,00	68,00	102,00	191,00	153,17	150,91	114,00
RD071	37,00	1184,00	55,50	72,00	145,50	150,48	236,59	94,64
RD072	35,00	968,00	51,00	70,00	186,00	173,22	227,57	103,05
RD073	43,00	2160,00	55,00	96,00	166,00	204,57	432,69	110,38
RD074	21,00	232,00	28,00	32,00	44,00	49,61	49,81	39,32
RD075	18,00	272,00	28,00	33,00	41,00	51,22	56,09	39,28
RD076	34,00	372,00	47,50	64,00	100,00	87,65	72,87	71,64
RD077	23,00	54,00	31,50	35,00	41,00	35,96	8,05	35,10
RD078	21,00	116,00	27,00	33,00	40,00	40,26	25,28	35,72
RD079	25,00	544,00	33,50	48,00	54,00	71,00	105,98	50,43
RD080	27,00	508,00	37,50	49,00	79,50	87,65	114,01	60,28
RD081	23,00	626,00	36,25	55,00	79,50	83,36	123,96	58,23
RD082	24,00	234,00	41,00	59,00	84,50	68,96	44,46	59,75
RD083	46,00	517,00	63,00	75,00	89,00	97,52	95,20	81,46
RD084	40,00	1356,00	46,00	57,00	73,00	119,83	270,78	68,45
RD085	29,00	138,00	39,00	55,00	92,00	64,70	31,04	58,22
RD086	35,00	177,00	58,00	72,00	81,00	78,62	32,27	73,49
RD087	52,00	686,00	75,25	99,00	159,75	155,05	149,29	118,19
RD088	91,00	686,00	111,00	131,00	200,25	208,27	181,67	165,68
RD089	39,00	948,00	70,50	88,00	122,50	142,09	184,97	104,43
RD090	135,00	494,00	151,50	167,00	184,50	181,35	71,82	173,68
RD091	48,00	292,00	57,50	64,00	74,50	82,87	64,21	71,79
RD092	28,00	216,00	39,25	47,00	60,75	56,95	38,19	50,86
RD093	60,00	2160,00	73,50	81,00	109,50	192,78	432,26	108,10
RD094	81,00	1317,00	107,00	129,00	216,50	232,22	291,73	165,65
RD095	26,00	112,00	42,50	48,00	57,00	51,61	16,54	49,58
RD096	28,00	498,00	37,00	41,00	62,50	72,48	96,51	53,37
RD097	44,00	374,00	68,50	77,00	108,50	107,96	85,47	89,53
RD098	33,00	75,00	40,00	44,00	53,00	48,62	12,18	47,31
RD099	23,00	130,00	25,00	28,00	38,50	36,91	23,25	33,11

Tabela I.22. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativo ao parâmetro temperatura (°C).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	17,60	30,90	21,80	23,80	26,00	23,97	3,23	23,77
RD004	18,90	30,60	21,85	24,20	26,30	24,26	3,17	24,06
RD007	19,20	32,10	22,80	25,00	26,85	24,85	3,07	24,67
RD009	18,70	31,00	22,70	24,90	27,55	24,97	3,39	24,74
RD013	17,60	27,70	22,25	23,70	25,30	23,27	2,83	23,09
RD018	21,30	30,00	24,05	25,80	28,10	25,98	2,77	25,84
RD019	21,60	31,20	24,35	26,20	28,05	26,17	2,86	26,02
RD021	19,80	29,70	23,80	24,80	26,10	24,73	2,47	24,61
RD023	20,60	29,50	24,30	25,30	26,70	25,26	2,44	25,15
RD025	17,80	27,10	20,75	23,00	24,70	22,78	2,57	22,64
RD026	18,30	30,20	21,60	23,80	24,75	23,40	2,92	23,23
RD027	14,40	25,10	21,10	21,80	23,55	21,63	2,76	21,45
RD029	19,40	30,40	22,20	24,50	26,60	24,36	3,04	24,18
RD030	19,80	31,40	22,70	24,20	25,65	24,54	3,06	24,36
RD031	21,60	34,20	24,75	26,50	27,85	26,51	2,80	26,38
RD032	21,20	33,90	23,70	24,90	27,55	25,63	3,18	25,45
RD033	19,50	28,90	22,30	25,50	26,70	24,77	2,82	24,61
RD034	21,40	34,60	25,25	26,70	27,65	26,67	3,09	26,51
RD035	20,10	33,10	23,30	25,60	26,60	25,15	3,22	24,96
RD039	19,40	28,60	22,55	25,60	26,60	24,81	2,56	24,68
RD040	20,60	30,70	24,50	26,40	27,35	26,22	2,56	26,09
RD044	21,50	31,80	26,20	27,60	28,20	27,28	2,40	27,17
RD045	22,30	30,50	25,45	27,70	28,65	27,13	2,19	27,05
RD049	22,20	31,50	25,25	26,60	28,65	26,64	2,70	26,51
RD053	22,10	30,00	26,00	27,30	28,55	26,95	2,14	26,86
RD056	19,20	27,80	22,10	23,80	25,40	23,65	2,34	23,54
RD057	21,50	31,50	26,00	28,10	29,35	27,35	2,55	27,23
RD058	23,20	31,70	26,20	28,00	29,15	27,75	2,27	27,66
RD059	25,00	32,60	26,90	28,60	30,85	28,80	2,51	28,69
RD064	17,70	28,20	22,05	23,30	24,80	23,13	2,62	22,98
RD065	22,50	31,50	25,95	27,60	29,05	27,34	2,39	27,24
RD067	22,40	39,80	25,95	26,70	29,15	27,74	3,47	27,55
RD068	17,90	28,80	18,75	22,50	24,05	21,86	3,18	21,64
RD069	17,70	28,80	19,70	23,60	24,95	22,56	3,30	22,33
RD070	20,10	31,30	21,70	23,50	25,60	23,95	3,07	23,77
RD071	17,70	27,50	21,80	23,90	25,65	23,30	2,92	23,12
RD072	18,10	27,80	22,85	24,40	25,75	23,62	2,81	23,45
RD073	20,00	29,00	22,90	24,80	26,70	24,67	2,62	24,53
RD074	18,20	27,70	21,30	23,40	25,25	23,42	2,74	23,26
RD075	17,60	29,30	21,60	23,50	24,90	23,18	3,24	22,96
RD076	18,00	31,70	21,15	23,50	25,40	23,76	3,41	23,53
RD077	17,30	25,60	22,05	23,40	24,10	22,71	2,09	22,61
RD078	18,40	30,60	21,85	24,10	25,50	23,73	3,17	23,52
RD079	18,50	28,80	22,80	25,10	25,75	24,42	2,29	24,31
RD080	19,70	30,50	23,15	25,80	27,05	25,28	3,03	25,10
RD081	20,50	29,20	24,33	26,10	27,23	25,64	2,40	25,52
RD082	17,90	32,50	23,40	24,80	25,70	24,52	2,99	24,34
RD083	21,50	31,40	24,25	26,60	27,85	26,29	2,62	26,16
RD084	22,00	30,80	25,30	26,60	28,55	26,75	2,22	26,66
RD085	16,00	25,20	20,65	23,00	23,65	22,20	2,34	22,07
RD086	17,50	30,20	23,80	25,00	26,50	25,06	2,95	24,89
RD087	19,20	31,70	24,20	26,85	27,88	26,18	3,01	26,01
RD088	21,90	31,30	25,28	26,25	29,13	26,86	2,83	26,71
RD089	21,20	29,20	24,55	26,20	27,35	25,93	2,22	25,84
RD090	23,00	33,70	27,85	28,40	30,90	28,85	2,68	28,73
RD091	18,80	26,40	21,15	22,70	24,20	22,54	2,12	22,44
RD092	16,50	27,10	21,28	23,55	24,35	22,72	2,94	22,52
RD093	19,80	33,00	24,00	25,90	28,70	26,00	3,37	25,79
RD094	21,50	37,40	28,50	30,80	32,35	30,47	3,34	30,29
RD095	17,80	25,60	21,05	22,50	23,95	22,28	2,30	22,16
RD096	17,40	27,00	21,15	23,10	24,00	22,55	2,29	22,43
RD097	22,90	31,70	26,05	28,10	29,25	27,63	2,39	27,53
RD098	22,60	32,40	25,50	27,30	28,60	26,89	2,58	26,77
RD099	19,00	32,50	23,70	25,30	27,10	25,36	3,14	25,17

Tabela I.23. Estatística descritiva do banco de dados de monitoramento das águas superficiais da bacia do rio Doce no período de 2008 a 2014 relativo ao parâmetro turbidez (UNT).

Estações	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Média	Desv. Pad.	Méd. Geom.
RD001	5,69	989,00	11,28	22,00	44,10	76,01	203,43	25,47
RD004	7,40	354,00	11,35	28,80	66,70	64,75	85,70	33,62
RD007	7,85	463,00	15,30	35,60	80,00	82,48	112,61	42,63
RD009	3,83	257,00	7,43	15,10	42,30	46,58	69,80	20,80
RD013	5,00	513,00	17,25	29,80	77,35	87,39	134,01	37,04
RD018	5,91	2564,00	14,85	56,90	120,50	214,07	545,23	53,70
RD019	4,48	318,00	11,45	23,40	82,30	66,09	89,97	31,51
RD021	3,29	120,00	5,54	19,00	49,15	32,99	34,01	17,63
RD023	5,52	280,00	16,95	31,00	69,80	67,14	80,69	36,35
RD025	4,01	197,00	14,75	31,40	78,60	51,82	51,94	31,98
RD026	6,86	314,00	15,10	27,10	79,80	63,42	75,43	35,57
RD027	1,71	86,90	4,87	12,10	26,90	17,98	19,73	10,69
RD029	4,16	455,00	9,31	24,10	56,70	60,51	98,15	26,24
RD030	6,44	1168,00	15,60	24,50	61,45	107,63	251,11	34,69
RD031	4,07	149,00	12,45	18,50	35,80	36,02	40,92	22,41
RD032	3,19	195,00	9,68	20,70	35,20	33,94	43,47	19,36
RD033	12,80	955,00	21,35	45,90	74,15	97,03	197,39	46,56
RD034	5,82	173,00	11,55	20,80	40,50	39,59	47,09	24,02
RD035	7,14	382,00	24,65	52,00	74,20	77,70	91,63	45,49
RD039	9,50	452,00	16,45	35,10	54,40	67,98	104,79	36,53
RD040	11,90	177,00	17,25	24,30	38,70	37,93	38,71	28,19
RD044	7,12	217,00	11,60	28,40	51,35	47,83	58,25	27,84
RD045	6,27	319,00	12,65	28,60	53,25	54,40	76,90	29,07
RD049	11,00	2164,00	22,40	36,30	61,85	149,47	443,27	46,66
RD053	6,19	398,00	16,20	23,90	45,85	48,93	81,95	27,58
RD056	14,40	515,00	22,25	32,80	55,70	73,08	110,92	42,58
RD057	9,13	972,00	33,40	60,90	86,30	104,92	193,97	58,72
RD058	8,16	379,00	16,25	24,60	42,55	47,71	76,87	28,88
RD059	5,73	505,00	9,86	22,50	44,85	49,55	102,51	23,55
RD064	5,17	593,00	11,10	18,60	27,15	54,12	123,73	22,33
RD065	5,27	914,00	9,07	18,90	35,30	63,99	186,69	21,77
RD067	5,77	397,00	9,26	24,10	43,35	46,81	82,06	23,30
RD068	3,14	84,40	4,57	6,41	9,09	10,71	16,52	7,32
RD069	5,43	503,00	8,27	10,00	18,55	36,08	102,47	14,00
RD070	11,20	707,00	21,35	58,50	120,50	103,88	150,57	52,97
RD071	3,28	744,00	9,30	32,20	71,60	78,99	154,99	29,54
RD072	4,12	604,00	9,85	28,70	77,05	99,06	162,13	34,93
RD073	10,00	1312,00	25,00	38,90	88,55	115,71	267,97	47,15
RD074	4,52	248,00	8,72	15,80	35,50	43,21	63,19	20,69
RD075	3,73	380,00	7,70	15,30	32,90	52,31	94,59	20,11
RD076	7,12	337,00	12,50	24,90	44,80	49,66	71,91	29,07
RD077	3,35	30,80	5,05	6,73	10,60	8,78	6,32	7,34
RD078	2,48	94,80	4,70	7,93	16,95	15,60	21,47	8,90
RD079	4,01	647,00	5,96	12,90	23,85	47,21	133,04	15,08
RD080	3,24	427,00	4,80	13,30	30,55	46,84	96,92	16,50
RD081	3,52	841,00	6,83	17,75	28,78	58,93	175,84	17,94
RD082	3,89	216,00	9,05	20,10	42,00	36,41	46,47	21,55
RD083	6,42	537,00	16,95	31,20	52,55	62,58	110,23	33,21
RD084	7,23	1226,00	13,05	22,30	29,35	78,51	251,68	23,94
RD085	5,03	125,00	11,40	14,60	28,85	24,61	26,11	17,55
RD086	6,60	147,00	17,30	21,40	32,40	32,25	31,91	23,89
RD087	8,31	703,00	13,00	36,85	67,88	91,15	164,23	38,47
RD088	9,93	529,00	14,18	32,45	72,40	96,38	153,74	40,67
RD089	8,90	935,00	24,95	46,40	58,10	90,25	190,86	44,30
RD090	3,88	348,00	10,65	20,60	45,05	42,54	70,83	22,81
RD091	5,55	343,00	11,70	15,00	20,10	34,09	70,61	18,01
RD092	7,25	115,00	12,95	18,30	23,25	22,67	22,45	17,90
RD093	9,18	1702,00	17,30	27,40	40,25	109,34	349,19	33,16
RD094	7,32	826,00	10,80	22,10	64,60	94,31	199,36	32,50
RD095	7,73	49,60	10,30	13,00	21,40	18,49	12,42	15,55
RD096	5,98	664,00	7,52	12,60	24,90	53,96	138,70	17,59
RD097	6,81	317,00	18,75	33,30	52,05	65,85	92,59	36,40
RD098	3,22	34,00	8,14	11,60	18,60	14,41	8,57	12,17
RD099	2,96	85,80	3,95	7,92	21,10	17,04	20,82	9,94

Tabela I.24. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos grupos 1 e 4 formados pela AC para as sub-bacias, resultados da análise espacial dos dados da área de estudo.

Autovalores - Grupo 1 DO4 e DO5					
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	-0,052	-0,050	0,978	0,014	0,058
Cl-a	0,217	0,070	0,058	0,200	-0,036
Coli. term.	0,214	0,049	0,114	0,007	0,953
CE	-0,127	-0,089	0,667	-0,117	0,196
DQO	0,478	-0,019	0,073	-0,039	-0,057
Feof.	-0,040	0,179	-0,015	0,229	0,094
PT	0,456	0,192	-0,232	0,004	0,083
N-NO3-	-0,135	-0,023	0,022	-0,920	-0,006
N-NH4+T	0,044	0,028	0,116	-0,119	-0,088
OD	-0,204	-0,878	0,088	-0,023	-0,064
pH	-0,265	0,066	0,138	0,086	-0,049
SDT	0,842	-0,002	0,180	0,126	0,055
SST	0,945	0,116	-0,115	0,024	0,092
ST	0,960	0,092	-0,050	0,024	0,120
TH2O	0,185	0,316	-0,132	0,118	-0,083
Turb.	0,937	0,076	-0,117	0,079	0,067
% variância explicada	31,78	16,39	11,64	9,53	7,84
% cumulativo de variância	31,78	48,17	59,81	69,33	77,17

Autovalores - Grupo 4 DO01_DO02					
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	0,015	0,001	0,970	0,026	-0,004
Cl-a	0,060	0,027	0,192	-0,142	-0,023
Coli. term.	0,536	-0,088	0,041	0,001	0,020
CE	-0,383	0,139	0,759	0,008	0,263
DQO	0,501	-0,262	0,062	0,139	0,200
Feof.	0,134	-0,906	-0,072	0,139	0,160
PT	0,927	-0,080	0,001	0,043	-0,034
N-NO3-	0,137	0,196	0,062	-0,133	-0,032
N-NH4+T	-0,150	0,156	0,128	-0,077	0,128
OD	-0,094	0,137	-0,065	-0,975	0,000
pH	-0,066	-0,134	0,094	0,007	0,971
SDT	0,702	0,054	0,262	0,183	-0,007
SST	0,943	-0,088	-0,127	0,075	0,028
ST	0,948	-0,083	-0,091	0,107	0,008
TH2O	0,315	0,042	-0,117	0,654	0,030
Turb.	0,904	0,013	-0,138	0,071	-0,176
% variância explicada	36,6	14,4	12,5	8,9	8,3
% cumulativo de variância	36,6	51,0	63,5	72,3	80,7

Figura I.1. – Box-plot das concentrações dos parâmetros de monitoramento de frequência trimestral (2008-2014) para as seis UPGRH.

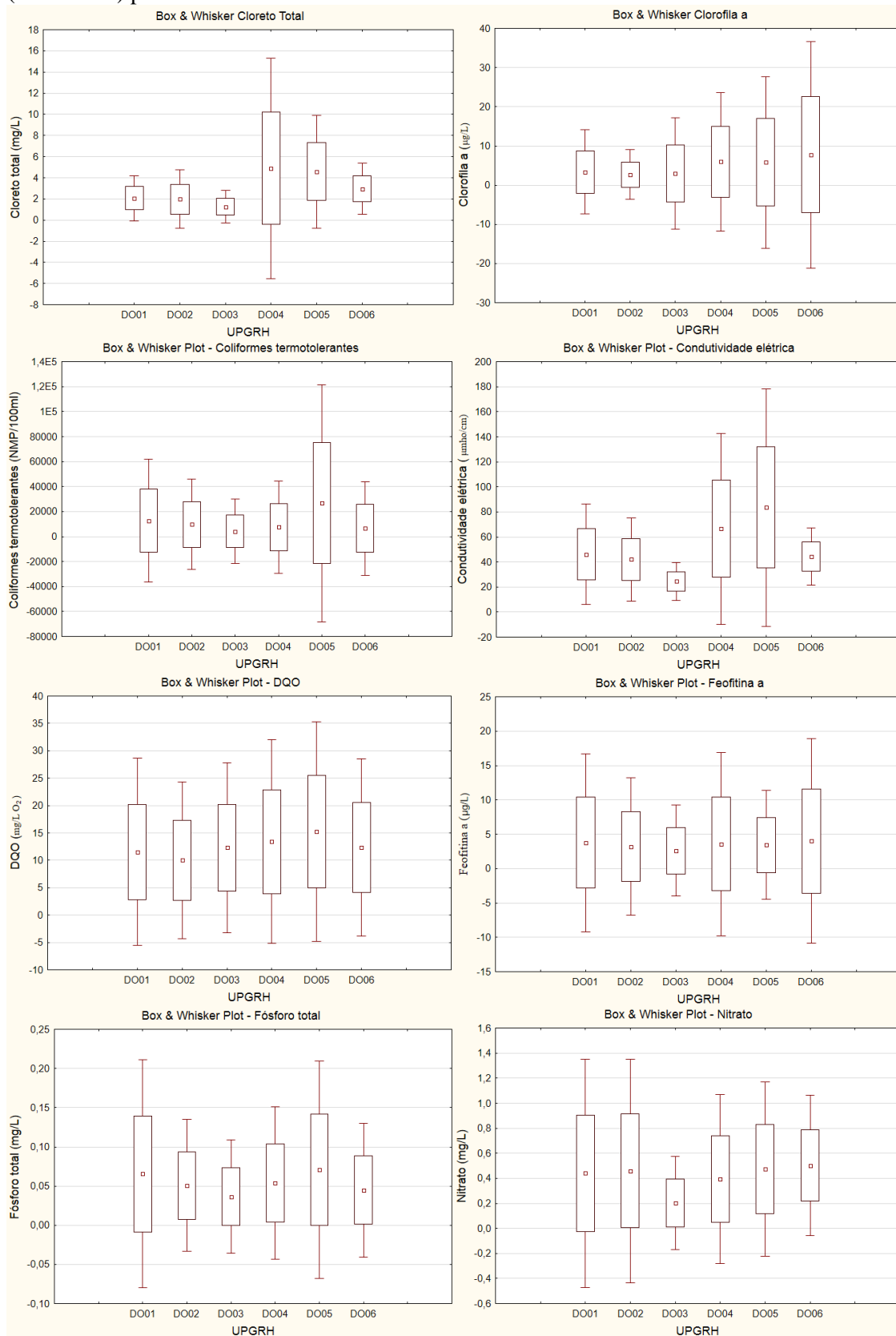


Figura I.1 – Box-plot das concentrações dos parâmetros de monitoramento de frequência trimestral (2008-2014) para as seis UPGRH (continuação).

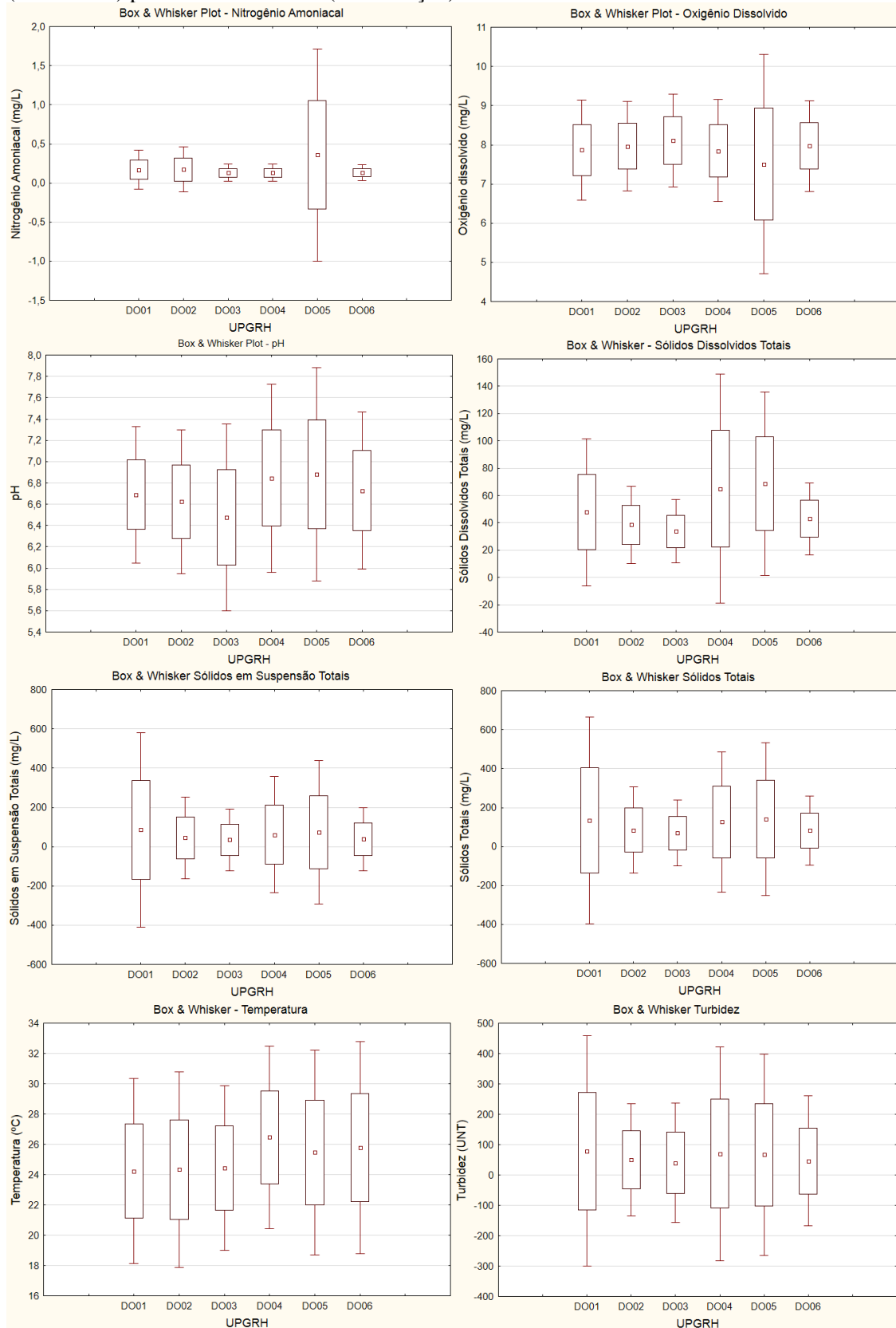
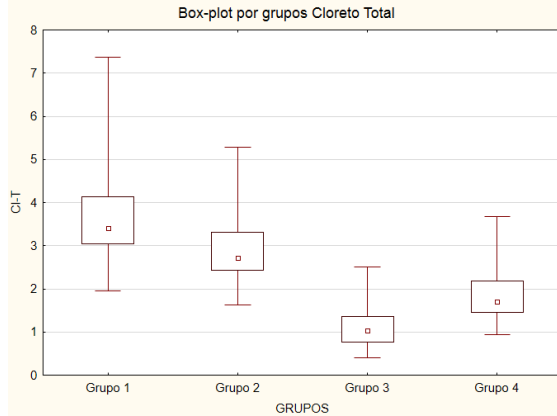
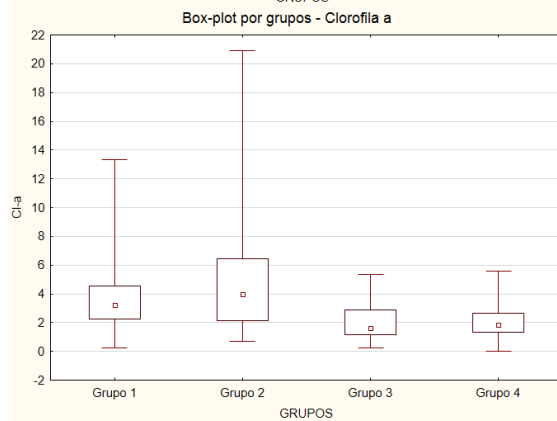


Figura I.2 – *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC.



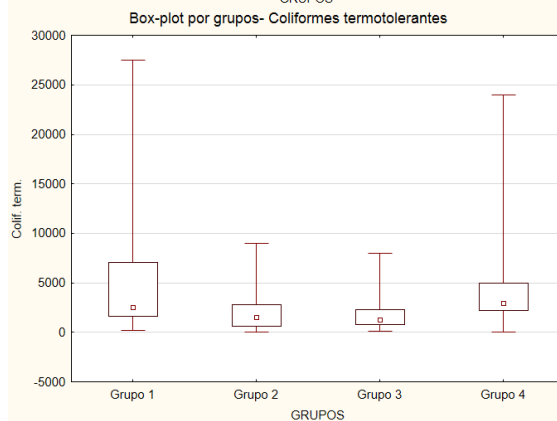
Cloreto total

1	2	3	4	Grupos
	=	↓	↓	1
=		↓	↓	2
↑	↑		=	3
↑	↑	=		4



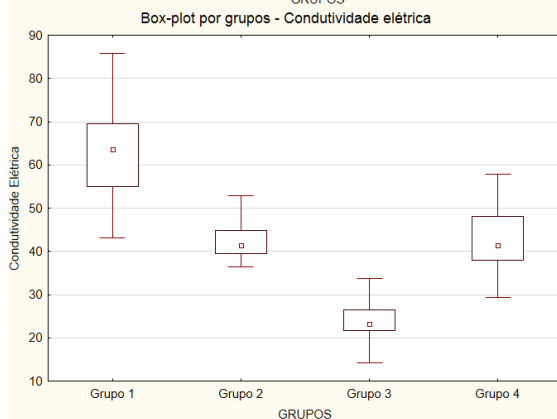
Clorofila a

1	2	3	4	Grupos
	=	=	↓	1
=		↓	↓	2
=	↑		=	3
↑	↑	=		4



Coliformes termotolerantes

1	2	3	4	Grupos
	↓	↓	=	1
↑		=	↑	2
↑	=		↑	3
=	↓	↓		4

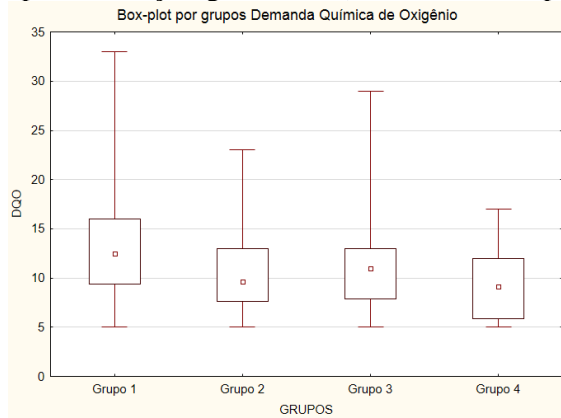


Condutividade elétrica

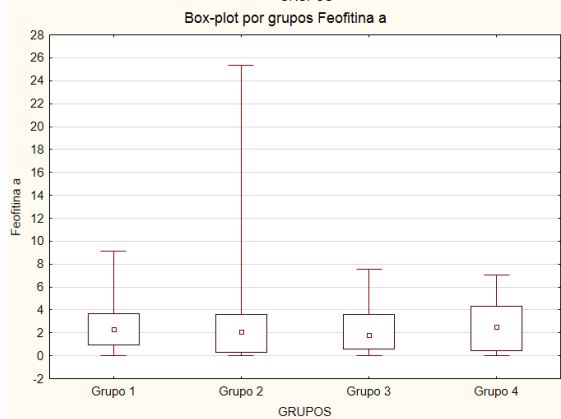
1	2	3	4	Grupos
	↓	↓	↓	1
↑		↓	=	2
↑	↑		↑	3
↑	=	↓		4

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

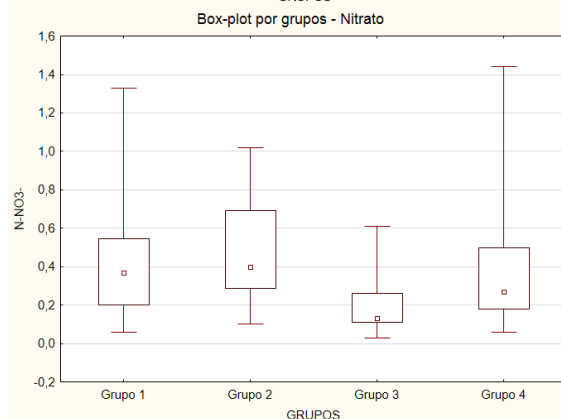
Figura I.2 *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



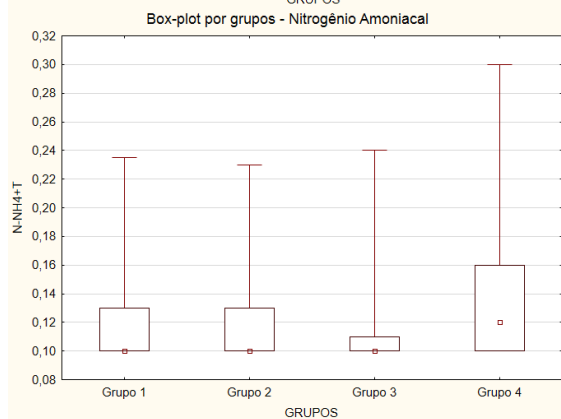
Demanda química de oxigênio				
1	2	3	4	Grupos
	=	=	↓	1
=		=	=	2
=	=		=	3
↑	=	=		4



feofitina-a				
1	2	3	4	Grupos
	=	=	=	1
=		=	=	2
=	=		=	3
=	=	=		4



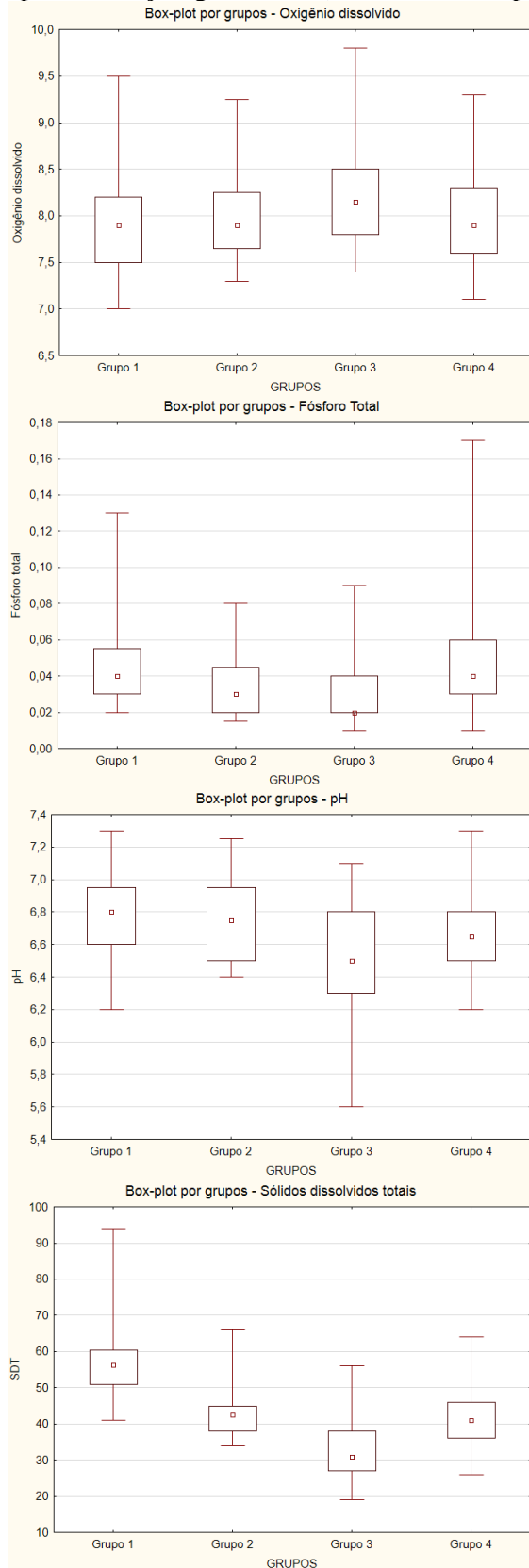
Nitrato				
1	2	3	4	Grupos
	=	↓	=	1
=		↓	=	2
↑	↑		↑	3
=	=	↓		4



Nitrogênio Amoniacal				
1	2	3	4	Grupos
	=	=	=	1
=		=	=	2
=	=		=	3
=	=	=		4

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Figura I.2 *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



Oxigênio dissolvido

1	2	3	4	Grupos
■	=	=	=	<i>1</i>
=	■	=	=	<i>2</i>
=	=	■	=	<i>3</i>
=	=	=	■	<i>4</i>

Fósforo total

1	2	3	4	Grupos
■	=	↓	=	<i>1</i>
=	■	=	=	<i>2</i>
↑	=	■	↑	<i>3</i>
=	=	↓	■	<i>4</i>

pH

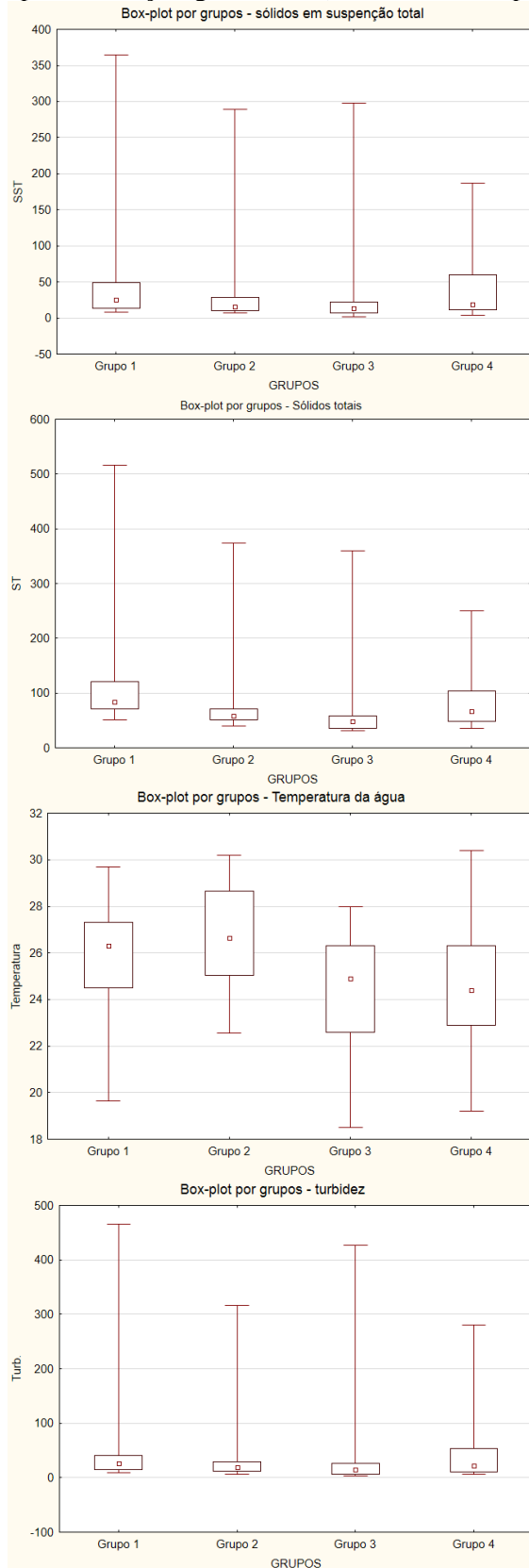
1	2	3	4	Grupos
■	=	↓	=	<i>1</i>
=	■	=	=	<i>2</i>
↑	=	■	=	<i>3</i>
=	=	=	■	<i>4</i>

Sólidos dissolvidos totais

1	2	3	4	Grupos
■	↓	↓	↓	<i>1</i>
↑	■	=	=	<i>2</i>
↑	=	■	=	<i>3</i>
↑	=	=	■	<i>4</i>

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Figura I.2 *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



Sólidos em suspensão total

1	2	3	4	Grupos
	=	↓	=	1
=		=	=	2
↑	=		=	3
=	=	=		4

Sólidos totais

1	2	3	4	Grupos
	↓	↓	↓	1
↑		=	=	2
↑	=		↑	3
↑	=	↓		4

Temperatura da água

1	2	3	4	Grupos
	=	=	↓	1
=		↓	↓	2
=	↑		=	3
↑	↑	=		4

Turbidez

1	2	3	4	Grupos
	=	↓	=	1
=		=	=	2
↑	=		=	3
=	=	=		4

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Tabela I.25. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos cinco grupos formados pela AC para as estações das sub-bacias mais impactadas (DO4 e DO5).

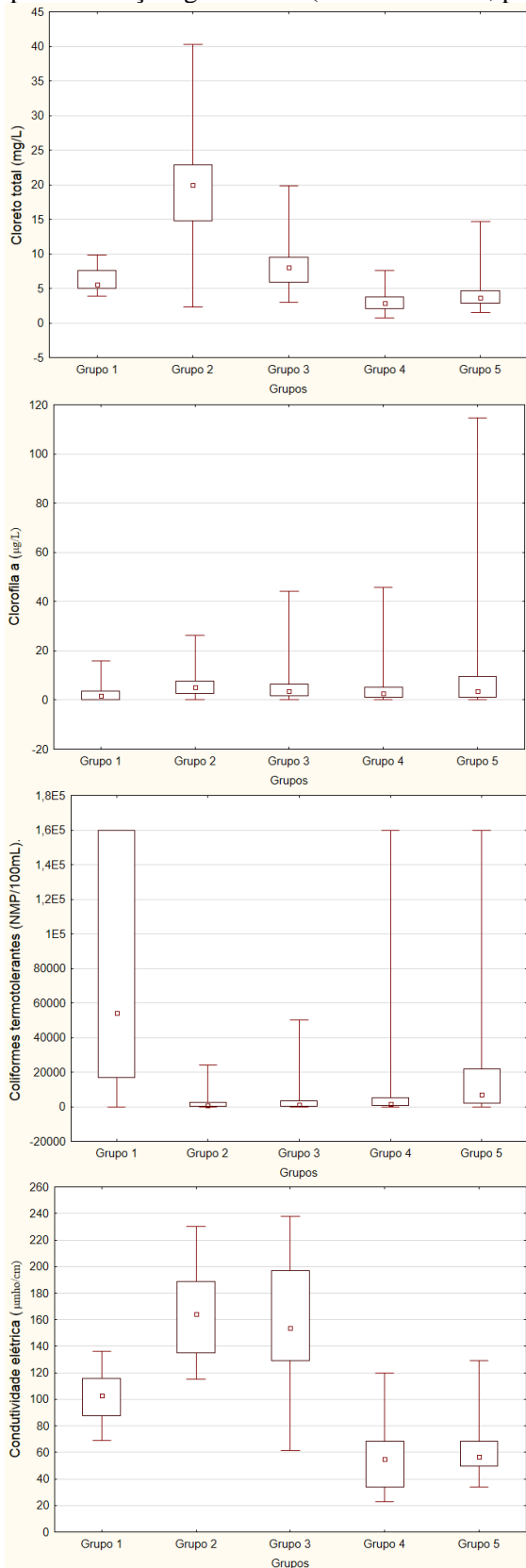
Autovalores - Grupo 3 (Estações_DO4_DO5)					
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	-0,052	0,953	-0,101	0,084	0,008
Cl-a	0,072	0,110	0,077	-0,020	0,032
Coli. term.	0,220	-0,009	-0,056	-0,054	-0,960
CE	-0,357	0,276	0,119	0,064	0,129
DQO	0,768	0,076	-0,097	0,048	0,077
Feof.	-0,016	-0,032	0,108	0,166	-0,091
PT	0,209	-0,046	0,062	0,004	-0,069
N-NO3-	-0,141	-0,058	-0,114	0,045	0,036
N-NH4+T	0,105	0,079	-0,048	0,971	0,052
OD	-0,410	0,167	-0,290	-0,113	-0,028
pH	-0,406	0,218	0,199	-0,116	0,061
SDT	0,843	0,109	0,196	0,105	0,053
SST	0,914	-0,088	0,004	0,028	-0,174
ST	0,959	-0,044	0,053	0,049	-0,128
TH2O	0,084	-0,097	0,947	-0,054	0,057
Turb.	0,921	-0,122	0,015	0,016	-0,184
% variância explicada	34,58	14,56	10,41	8,30	7,69
% cumulativo de variância	34,58	49,14	59,55	67,85	75,53

Autovalores - Grupo 4 (Estações_DO4_DO5)					
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	0,157	0,949	0,078	0,042	0,047
Cl-a	0,134	0,067	-0,003	0,052	0,974
Coli. term.	0,132	0,019	0,029	0,107	-0,020
CE	0,065	0,599	0,088	0,131	0,126
DQO	0,581	0,133	0,077	0,000	-0,030
Feof.	0,179	0,056	0,073	0,084	0,002
PT	0,099	0,086	0,977	0,083	-0,003
N-NO3-	-0,059	0,098	-0,026	-0,001	-0,076
N-NH4+T	0,092	0,113	-0,034	0,126	-0,018
OD	-0,048	-0,066	-0,088	-0,954	-0,055
pH	-0,089	0,228	0,030	-0,044	0,053
SDT	0,806	0,198	0,090	0,059	0,052
SST	0,977	0,036	0,034	0,011	0,065
ST	0,983	0,063	0,044	0,019	0,065
TH2O	0,115	0,028	0,120	0,193	0,139
Turb.	0,975	0,020	0,026	0,033	0,049
% variância explicada	29,75	14,84	9,81	8,68	6,57
% cumulativo de variância	29,75	44,59	54,40	63,08	69,65

Tabela I.25. Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, referentes aos cinco grupos formados pela AC para as estações das sub-bacias mais impactadas (DO4 e DO5) (Continuação).

Autovalores - Grupo 5 (Estações_DO4_DO5)					
Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Cl-T	-0,100	0,960	0,048	-0,022	-0,091
Cl-a	-0,027	0,069	0,008	0,108	-0,005
Coli. term.	-0,023	0,127	-0,095	0,045	-0,977
CE	-0,206	0,688	0,020	0,125	-0,152
DQO	0,241	-0,085	0,084	0,013	0,031
Feof.	0,008	-0,051	-0,954	0,020	-0,102
PT	0,457	-0,127	-0,167	0,047	-0,030
N-NO3-	-0,174	0,149	0,146	0,093	0,016
N-NH4+T	-0,059	0,219	0,129	0,014	0,046
OD	-0,022	0,014	-0,024	0,944	-0,048
pH	-0,190	0,040	-0,124	0,138	0,099
SDT	0,405	0,128	0,048	-0,076	0,027
SST	0,971	-0,082	-0,007	-0,017	0,004
ST	0,956	-0,055	0,001	-0,027	0,008
TH2O	0,068	-0,178	-0,105	-0,296	0,100
Turb.	0,946	-0,098	-0,003	-0,002	0,027
% variância explicada	27,82	15,33	10,77	8,90	7,43
% cumulativo de variância	27,82	43,15	53,92	62,82	70,25

Figura I.3. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC.



Cloro total

1	2	3	4	5	Grupos
↓	=	=	↓	↓	1
=	↓	=	↓	↓	2
=	=	↓	↓	↓	3
↑	↑	↑	↓	↑	4
↑	↑	↑	↓	↓	5

Clorofila a

1	2	3	4	5	Grupos
↓	↑	↑	=	↑	1
↓	↓	=	=	=	2
↓	=	↓	=	=	3
=	=	=	↓	=	4
↓	=	=	=	↓	5

Coliformes termotolerantes

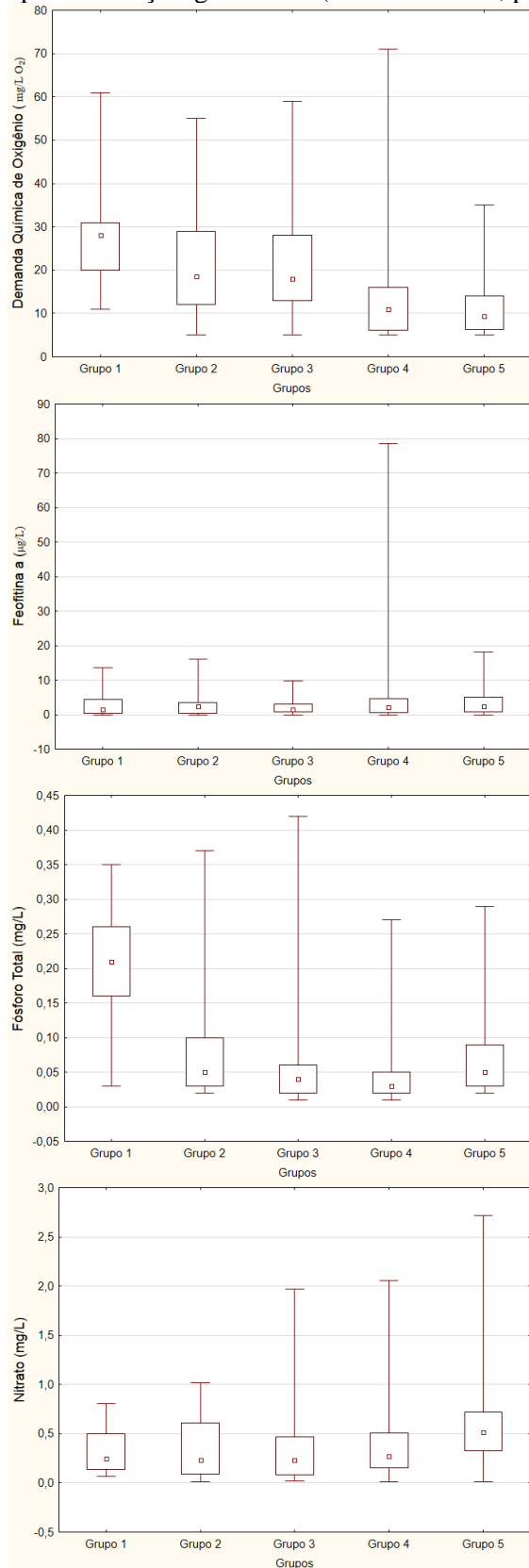
1	2	3	4	5	Grupos
↓	↓	↓	↓	↓	1
↑	↓	=	=	↑	2
↑	=	↓	=	↑	3
↑	=	=	↓	↑	4
↑	↓	↓	↓	↓	5

Condutividade elétrica

1	2	3	4	5	Grupos
↓	=	=	↓	↓	1
=	↓	=	↓	↓	2
=	=	↓	↓	↓	3
↑	↑	↑	↓	=	4
↑	↑	↑	=	↓	5

- = O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
- ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
- ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Figura I.3. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



Demanda química de oxigênio

1	2	3	4	5	Grupos
█	=	=	↓	↓	1
=	█	=	↓	↓	2
=	=	█	↓	↓	3
↑	↑	↑	█	=	4
↑	↑	↑	=	█	5

feofitina-a

1	2	3	4	5	Grupos
█	=	=	=	=	1
=	█	=	=	=	2
=	=	█	=	=	3
=	=	=	█	=	4
=	=	=	=	█	5

Fósforo Total

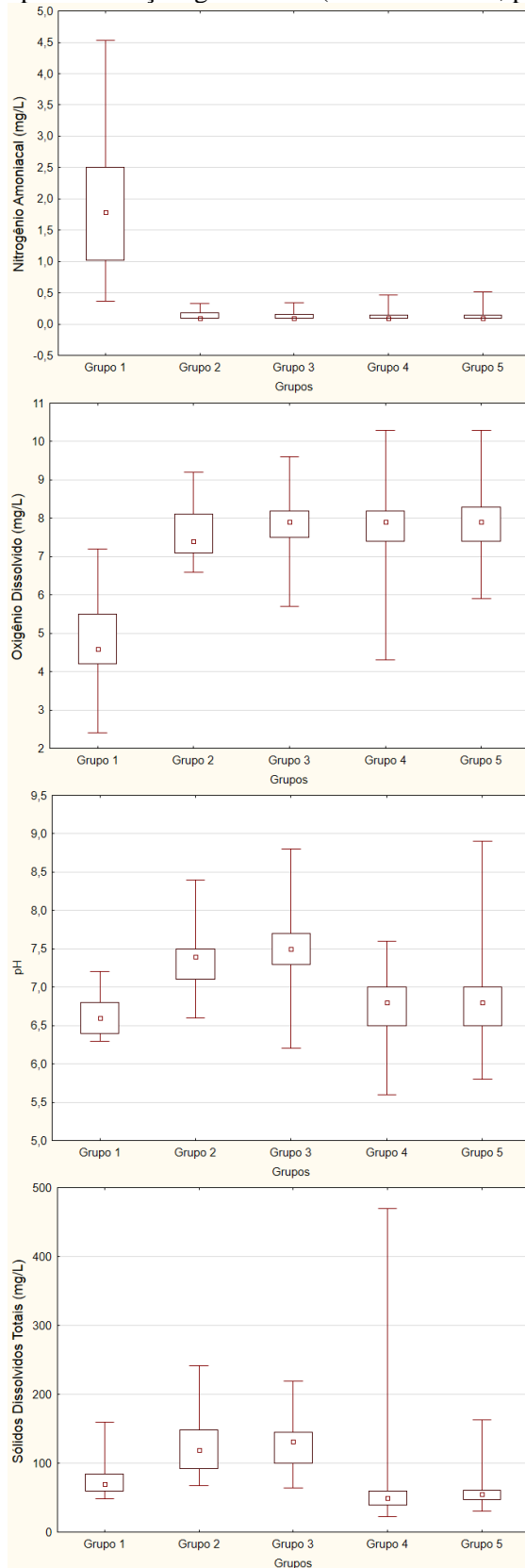
1	2	3	4	5	Grupos
█	↓	↓	↓	↓	1
↑	█	=	↓	=	2
↑	=	█	=	=	3
↑	↑	=	█	↑	4
↑	=	=	↓	█	5

Nitrato

1	2	3	4	5	Grupos
█	=	=	=	↑	1
=	█	=	=	↑	2
=	=	█	=	↑	3
=	=	=	█	↑	4
↓	↓	↓	↓	█	5

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Figura I.3. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



Nitrogênio Amoniacoal

1	2	3	4	5	Grupos
	↓	↓	↓	↓	1
↑		=	=	=	2
↑	=		=	=	3
↑	=	=		=	4
↑	=	=	=		5

Oxigênio dissolvido

1	2	3	4	5	Grupos
	↑	↑	↑	↑	1
↓		=	=	=	2
↓	=		=	=	3
↓	=	=		=	4
↓	=	=	=		5

pH

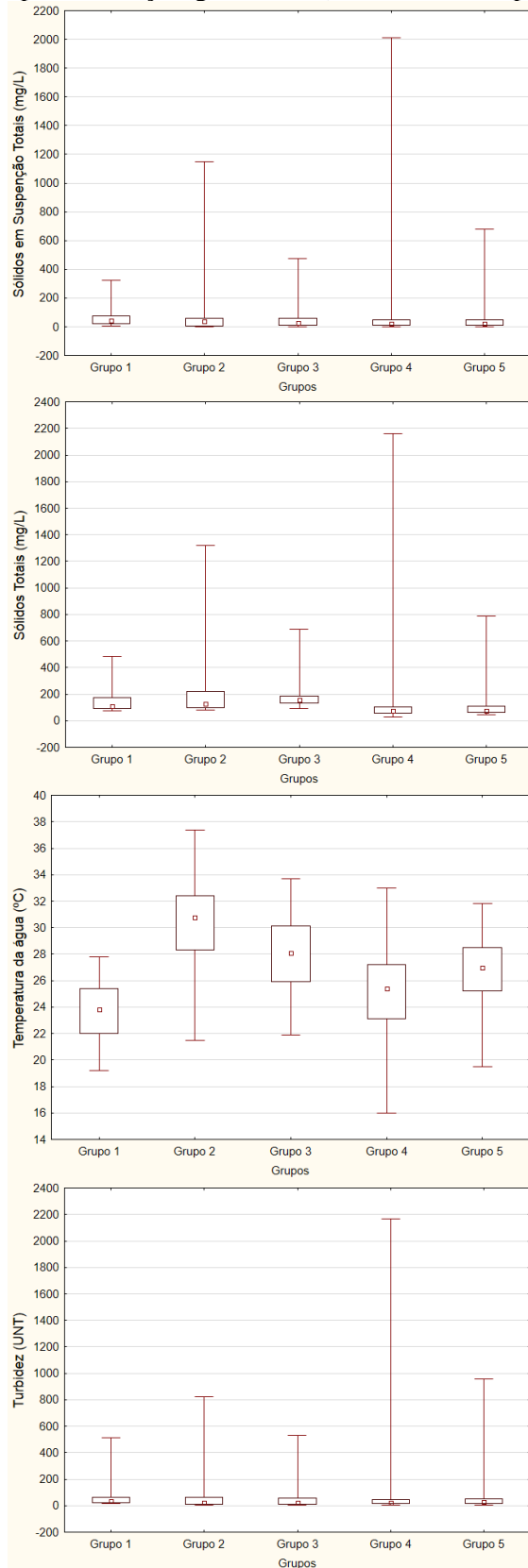
1	2	3	4	5	Grupos
	↑	↑	=	=	1
↓		=	↓	↓	2
↓	=		↓	↓	3
=	↑	↑		=	4
=	↑	↑	=		5

Sólidos dissolvidos totais

1	2	3	4	5	Grupos
	=	=	↓	↓	1
=		=	↓	↓	2
=	=		↓	↓	3
↑	↑	↑		=	4
↑	↑	↑	=		5

= O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
 ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
 ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Figura I.3. *Box-plot* das concentrações dos parâmetros e resultados do teste de comparações múltiplas, após diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p < 0,05$), para os agrupamentos da AC (Continuação).



Sólidos em suspensão totais

1	2	3	4	5	Grupos
	=	=	=	=	1
=		=	=	=	2
=	=		=	=	3
=	=	=		=	4
=	=	=	=		5

Sólidos totais

1	2	3	4	5	Grupos
	=	=	↓	↓	1
=		=	↓	↓	2
=	=		↓	↓	3
↑	↑	↑		=	4
↑	↑	↑	=		5

Temperatura

1	2	3	4	5	Grupos
	↑	↑	=	↑	1
↓		=	↓	↓	2
↓	=		↓	=	3
=	↑	↑		↑	4
↓	↑	=	↓		5

Turbidez

1	2	3	4	5	Grupos
	=	=	=	=	1
=		=	=	=	2
=	=		=	=	3
=	=	=		=	4
=	=	=	=		5

- = O grupo em **negrito** não se difere significativamente do grupo em *itálico*
- ↓ O grupo em **negrito** é significativamente menor em relação ao grupo em *itálico*
- ↑ O grupo em **negrito** é significativamente maior em relação ao grupo em *itálico*

Tabela I.26. Percentual de violação à Deliberação normativa conjunta COPAM nº01/08 dos dados de monitoramento das estações da porção mineira da bacia do rio Doce.

Parâmetros	RD001	RD004	RD007	RD009	RD013	RD018	RD019	RD021	RD023	RD025	RD026	RD027	RD029	RD030	RD031	RD032	RD033	RD034	RD035	RD039	RD040	RD044
Alumínio dissolvido	9,1	0,0	9,1	0,0	13,0	18,2	18,2	18,2	18,2	9,1	9,1	0,0	9,1	18,2	9,1	18,2	9,1	18,2	18,2	18,2	9,1	18,2
Arsênio total	0,0	0,0	0,0	91,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bário total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chumbo total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	9,1	0,0	0,0	18,2	0,0	17,6	0,0	0,0	9,1
Cloreto total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorofila a	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
Cobre dissolvido	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0
Coliformes termotolerantes	81,3	68,8	81,3	76,5	100,0	94,1	58,8	94,1	58,8	88,2	82,4	58,8	76,5	70,6	70,6	76,5	94,1	88,2	76,5	52,9	41,2	94,1
Cor verdadeira	27,3	27,3	27,3	9,1	27,3	27,3	18,2	9,1	11,8	18,2	18,2	9,1	18,2	27,3	9,1	9,1	27,3	9,1	11,8	17,6	27,3	18,2
Cromo total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Densidade de cianobactérias	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fenóis totais	4,3	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3	0,0	0,0	4,3	4,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	5,9	0,0	9,1	9,1
Ferro dissolvido	52,2	17,4	26,1	0,0	36,4	26,1	8,7	0,0	0,0	4,3	27,3	17,4	8,7	18,2	8,7	18,2	18,2	9,1	17,6	11,8	9,1	18,2
Fósforo total	4,3	13,0	17,4	26,1	17,2	26,1	0,0	0,0	15,6	8,7	8,7	4,3	8,7	69,6	0,0	4,3	21,9	0,0	15,6	8,7	8,7	12,5
Magnésio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganês total	34,8	27,3	43,5	100,0	27,3	47,8	43,5	9,1	60,9	78,3	82,6	65,2	60,9	63,6	26,1	26,1	60,9	36,4	63,6	8,7	9,1	27,3
Níquel total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio amoniacal total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH in loco	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	4,3	0,0
Selênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos dissolvidos totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos em suspensão totais	13,0	17,4	26,1	21,7	20,7	26,1	0,0	0,0	21,9	8,7	8,7	0,0	17,4	21,7	8,7	4,3	12,5	8,7	25,0	13,0	4,3	3,1
Substâncias tensoativas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	8,7	17,4	17,4	17,4	17,2	34,8	12,5	4,3	12,5	17,4	21,7	0,0	17,4	17,4	13,0	8,7	12,5	13,0	18,8	13,0	8,7	9,4
Zinco total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela I.26. Percentual de violação à Deliberação normativa conjunta COPAM nº01/08 dos dados de monitoramento das estações da porção mineira da bacia do rio Doce (Continuação).

Parâmetros	RD045	RD049	RD053	RD056	RD057	RD058	RD059	RD064	RD065	RD067	RD068	RD069	RD070	RD071	RD072	RD073	RD074	RD075	RD076	RD077	RD078
Alumínio dissolvido	18,2	18,2	18,2	27,3	18,2	27,3	27,3	18,2	27,3	27,3	0,0	4,3	4,3	8,7	4,3	17,4	0,0	0,0	13,0	13,0	13,0
Arsênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bário total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chumbo total	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	5,9	9,1	9,1	5,9	5,9	0,0	4,3	4,3	4,3	8,7	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorofila a	6,5	0,0	6,3	0,0	0,0	12,5	16,1	0,0	4,3	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre dissolvido	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Coliformes termotolerantes	94,1	70,6	88,2	94,1	58,8	76,5	76,5	70,6	41,2	35,3	94,1	41,2	75,0	70,6	58,8	76,5	52,9	88,2	100,0	29,4	52,9
Cor verdadeira	27,3	27,3	9,1	45,5	18,2	11,8	18,2	9,1	11,8	5,9	9,1	9,1	27,3	9,1	18,2	27,3	0,0	9,1	45,5	9,1	18,2
Cromo total	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,0	0,0	0,0	47,8	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Densidade de cianobactérias	0,0	-	3,1	0,0	0,0	3,1	3,1	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Fenóis totais	9,1	0,0	0,0	9,1	9,1	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	18,2	0,0	0,0	9,1	9,1	0,0	9,1
Ferro dissolvido	4,3	21,7	21,7	65,2	8,7	13,0	21,7	30,4	30,4	21,7	17,4	56,5	17,4	0,0	8,7	30,4	8,7	0,0	34,8	4,3	13,0
Fósforo total	12,5	4,3	15,6	91,3	4,3	6,3	3,1	8,7	8,7	3,1	4,3	4,3	26,1	13,0	9,4	13,0	0,0	4,3	4,3	0,0	0,0
Magnésio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganês total	17,4	36,4	17,4	100,0	45,5	27,3	9,1	9,1	27,3	9,1	56,5	17,4	47,8	78,3	30,4	47,8	100,0	91,3	30,4	4,3	0,0
Níquel total	0,0	9,1	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio amoniacal total	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido	0,0	0,0	0,0	60,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH in loco	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	34,8	17,4
Selênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos dissolvidos totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos em suspensão totais	9,4	21,7	9,4	21,7	34,8	9,4	3,1	8,7	4,3	3,1	0,0	4,3	30,4	30,4	15,6	26,1	8,7	8,7	30,4	0,0	0,0
Substâncias tensoativas	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	9,4	21,7	6,3	21,7	17,4	9,4	3,1	8,7	8,7	3,1	0,0	4,3	30,4	17,4	12,5	17,4	17,4	13,0	39,1	0,0	0,0
Zinco total	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0

Tabela I.26. Percentual de violação à Deliberação normativa conjunta COPAM nº01/08 dos dados de monitoramento das estações da porção mineira da bacia do rio Doce (Continuação).

Parâmetros	RD079	RD080	RD081	RD082	RD083	RD084	RD085	RD086	RD087	RD088	RD089	RD090	RD091	RD092	RD093	RD094	RD095	RD096	RD097	RD098	RD099
Alumínio dissolvido	8,7	13,0	9,1	13,0	0,0	13,0	13,0	4,8	9,1	13,6	13,0	4,3	13,0	13,6	17,4	30,4	13,0	21,7	17,4	9,5	0,0
Arsênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bário total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cádmio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chumbo total	4,3	18,2	10,0	0,0	9,1	4,3	0,0	0,0	9,1	18,2	9,1	0,0	0,0	0,0	4,3	9,1	0,0	4,3	4,3	0,0	0,0
Cloreto total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clorofila a	0,0	0,0	4,5	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	4,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0
Cobre dissolvido	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3	0,0	0,0
Coliformes termotolerantes	76,5	76,5	41,2	82,4	41,2	94,1	82,4	53,3	56,3	75,0	52,9	58,8	94,1	58,8	88,2	52,9	88,2	76,5	41,2	31,3	47,1
Cor verdadeira	18,2	18,2	20,0	9,1	18,2	9,1	18,2	10,0	36,4	36,4	27,3	27,3	0,0	20,0	18,2	18,2	18,2	9,1	18,2	0,0	45,5
Cromo total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Densidade de cianobactérias	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-
Fenóis totais	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	9,1	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ferro dissolvido	43,5	30,4	18,2	39,1	4,3	26,1	43,5	28,6	45,5	40,9	17,4	34,8	78,3	45,5	26,1	39,1	30,4	13,0	30,4	9,5	95,7
Fósforo total	4,3	13,0	0,0	0,0	3,1	4,3	0,0	9,5	18,2	13,6	13,0	8,7	4,3	0,0	8,7	21,7	0,0	8,7	13,0	0,0	4,3
Magnésio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganês total	8,7	8,7	9,1	13,0	8,7	13,0	8,7	14,3	72,7	68,2	13,0	47,8	100,0	9,1	34,8	34,8	43,5	13,0	17,4	0,0	100,0
Níquel total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrogênio amoniacal total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH in loco	8,7	4,3	4,5	4,3	0,0	8,7	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	8,7
Selênio total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos dissolvidos totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sólidos em suspensão totais	4,3	8,7	4,5	4,3	3,1	8,7	0,0	4,8	18,2	27,3	13,0	4,3	8,7	4,5	8,7	8,7	0,0	4,3	13,0	0,0	4,3
Substâncias tensoativas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	8,7	8,7	4,5	4,3	3,1	8,7	4,3	4,8	18,2	22,7	13,0	8,7	8,7	4,5	13,0	13,0	0,0	8,7	13,0	0,0	13,0
Zinco total	9,1	0,0	10,0	4,3	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela I.27 Descrição das estações de monitoramento da porção mineira da bacia do rio Doce analisadas.

Estação	Classe de Enquadramento	Município	Latitude	Longitude	Altitude	UPGRH
RD001	Classe 2	Piranga (MG)	-20,69	-43,3	610	DO1 - Rio Piranga
RD004	Classe 2	Presidente Bernardes (MG)	-20,79	-43,12	602	DO1 - Rio Piranga
RD007	Classe 2	Porto Firme (MG)	-20,67	-43,09	590	DO1 - Rio Piranga
RD009	Classe 2	Mariana (MG)	-20,35	-43,32	651	DO1 - Rio Piranga
RD013	Classe 2	PONTE NOVA (MG)	-20,38	-42,9	402	DO1 - Rio Piranga
RD018	Classe 2	Rio Casca (MG), São Pedro dos Ferros (MG)	-20,1	-42,63	292	DO1 - Rio Piranga
RD019	Classe 2	Rio Casca (MG), São Domingos do Prata (MG)	-20,02	-42,75	291	DO1 - Rio Piranga
RD021	Classe 2	RAUL SOARES (MG)	-20,08	-42,47	306	DO1 - Rio Piranga
RD023	Classe 2	Marliéria (MG), Pingo-D'Água (MG)	-19,76	-42,48	235	DO1 - Rio Piranga
RD025	Classe 2	Rio Piracicaba (MG)	-19,94	-43,18	614	DO2 - Rio Piracicaba
RD026	Classe 2	João Monlevade (MG)	-19,83	-43,13	564	DO2 - Rio Piracicaba
RD027	Classe 2	São Gonçalo do Rio Abaixo (MG)	-19,81	-43,23	590	DO2 - Rio Piracicaba
RD029	Classe 2	Nova Era (MG)	-19,77	-43,04	533	DO2 - Rio Piracicaba
RD030	Classe 2	Nova Era (MG)	-19,73	-43,03	510	DO2 - Rio Piracicaba
RD031	Classe 2	Coronel Fabriciano (MG), Timóteo (MG)	-19,53	-42,66	232	DO2 - Rio Piracicaba
RD032	Classe 2	Antônio Dias (MG)	-19,62	-42,8	265	DO2 - Rio Piracicaba
RD033	Classe 2	Belo Oriente (MG), Bugre (MG)	-19,33	-42,38	191	DO5 - Rio Caratinga
RD034	Classe 2	Coronel Fabriciano (MG), Timóteo (MG)	-19,53	-42,6	235	DO2 - Rio Piracicaba
RD035	Classe 2	Ipatatinga (MG)	-19,49	-42,49	226	DO2 - Rio Piracicaba
RD039	Classe 2	Naque (MG)	-19,22	-42,34	198	DO3 - Rio Santo Antônio
RD040	Classe 2	Governador Valadares (MG), Periquito (MG)	-19,02	-42,16	186	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD044	Classe 2	Governador Valadares (MG)	-18,88	-41,95	163	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD045	Classe 2	Governador Valadares (MG)	-18,86	-41,83	146	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD049	Classe 2	Frei Inocêncio (MG), Mathias Lobato (MG)	-18,58	-41,92	204	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD053	Classe 2	Galiléia (MG), Tumiritinga (MG)	-18,97	-41,65	130	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD056	Classe 2	CARATINGA (MG)	-19,73	-42,13	561	DO5 - Rio Caratinga
RD057	Classe 2	Conselheiro Pena (MG)	-19,07	-41,54	119	DO5 - Rio Caratinga
RD058	Classe 2	Conselheiro Pena (MG)	-19,17	-41,46	117	DO5 - Rio Caratinga
RD059	Classe 2	Resplendor (MG)	-19,35	-41,24	100	DO6 - Rio Manhuaçu
RD064	Classe 2	Santana do Manhuaçu (MG)	-20,12	-41,92	510	DO6 - Rio Manhuaçu
RD065	Classe 2	AIMORÉS (MG)	-19,5	-41,17	94	DO6 - Rio Manhuaçu
RD067	Classe 2	AIMORÉS (MG), Baixo Guandu (ES)	-19,51	-41,01	80	DO6 - Rio Manhuaçu
RD068	Classe 2	Ressaquinha (MG)	-21,06	-43,66	1114	DO1 - Rio Piranga
RD069	Classe 2	Rio Espera (MG), Santana dos Montes (MG)	-20,82	-43,59	696	DO1 - Rio Piranga
RD070	Classe 2	Guaraciaba (MG)	-20,58	-42,99	570	DO1 - Rio Piranga
RD071	Classe 2	Barra Longa (MG)	-20,28	-43,03	387	DO1 - Rio Piranga
RD072	Classe 2	Rio Doce (MG), Santa Cruz do Escalvado (MG)	19,72	41,09	334	DO1 - Rio Piranga
RD073	Classe 2	Bom Jesus do Galho (MG), Pingo-D'Água (MG)	-19,71	-42,45	237	DO1 - Rio Piranga
RD074	Classe 2	Mariana (MG)	-20,18	-43,41	819	DO2 - Rio Piracicaba
RD075	Classe 2	Alvinópolis (MG)	-20,16	-43,29	693	DO2 - Rio Piracicaba
RD076	Classe 1	Nova Era (MG)	-19,78	-43	531	DO2 - Rio Piracicaba
RD077	Classe 2	Conceição do Mato Dentro (MG)	-19,07	-43,45	613	DO3 - Rio Santo Antônio
RD078	Classe 2	São Sebastião do Rio Preto (MG)	-19,29	-43,18	467	DO3 - Rio Santo Antônio
RD079	Classe 2	Carmésia (MG)	-19,1	-43,17	510	DO3 - Rio Santo Antônio
RD080	Classe 2	Ferros (MG)	-19,28	-43,02	503	DO3 - Rio Santo Antônio
RD081	Classe 2	Ferros (MG)	-19,22	-42,88	384	DO3 - Rio Santo Antônio
RD082	Classe 2	Dores de Guanhães (MG)	-19,05	-42,88	470	DO3 - Rio Santo Antônio
RD083	Classe 2	Fernandes Tourinho (MG), Periquito (MG)	-19,1	-42,15	186	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD084	Classe 2	Governador Valadares (MG)	-18,78	-42,14	209	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD085	Classe 2	Coluna (MG), São João Evangelista (MG)	-18,36	-42,79	553	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD086	Classe 2	Santa Maria do Suaçuí (MG), Virgolândia (MG)	-18,38	-42,3	243	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD087	Classe 2	Itambacuri (MG), São José da Safira (MG)	-18,42	-42,05	284	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD088	Classe 2	Frei Inocêncio (MG)	-18,59	-41,8	187	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD089	Classe 2	Governador Valadares (MG)	-18,85	-41,78	157	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD090	Classe 2	Alpercata (MG), Tumiritinga (MG)	-18,96	-41,91	176	DO5 - Rio Caratinga
RD091	Classe 2	Santa Bárbara do Leste (MG)	-19,99	-42,15	784	DO5 - Rio Caratinga
RD092	Classe 2	Inhapim (MG)	-19,51	-41,87	346	DO5 - Rio Caratinga
RD093	Classe 2	Tarumirim (MG)	-19,35	-41,85	224	DO5 - Rio Caratinga
RD094	Classe 2	Resplendor (MG)	-19,18	-41,3	121	DO4 - Rio Suaçuí Grande
RD095	Classe 2	Manhuaçu (MG), São João do Manhuaçu (MG)	-20,29	-42,15	788	DO6 - Rio Manhuaçu
RD096	Classe 2	Manhuaçu (MG), Simonésia (MG)	-20,16	-41,97	518	DO6 - Rio Manhuaçu
RD097	Classe 2	Pocrane (MG)	-19,65	-41,46	174	DO6 - Rio Manhuaçu
RD098	Classe 2	Inhapim (MG), Pocrane (MG)	-19,53	-41,65	251	DO6 - Rio Manhuaçu
RD099	Classe 1	Catas Altas (MG)	-20,07	-43,41	743	DO2 - Rio Piracicaba

ANEXOS

ANEXO 1

Figura 1 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Piranga – DO1.

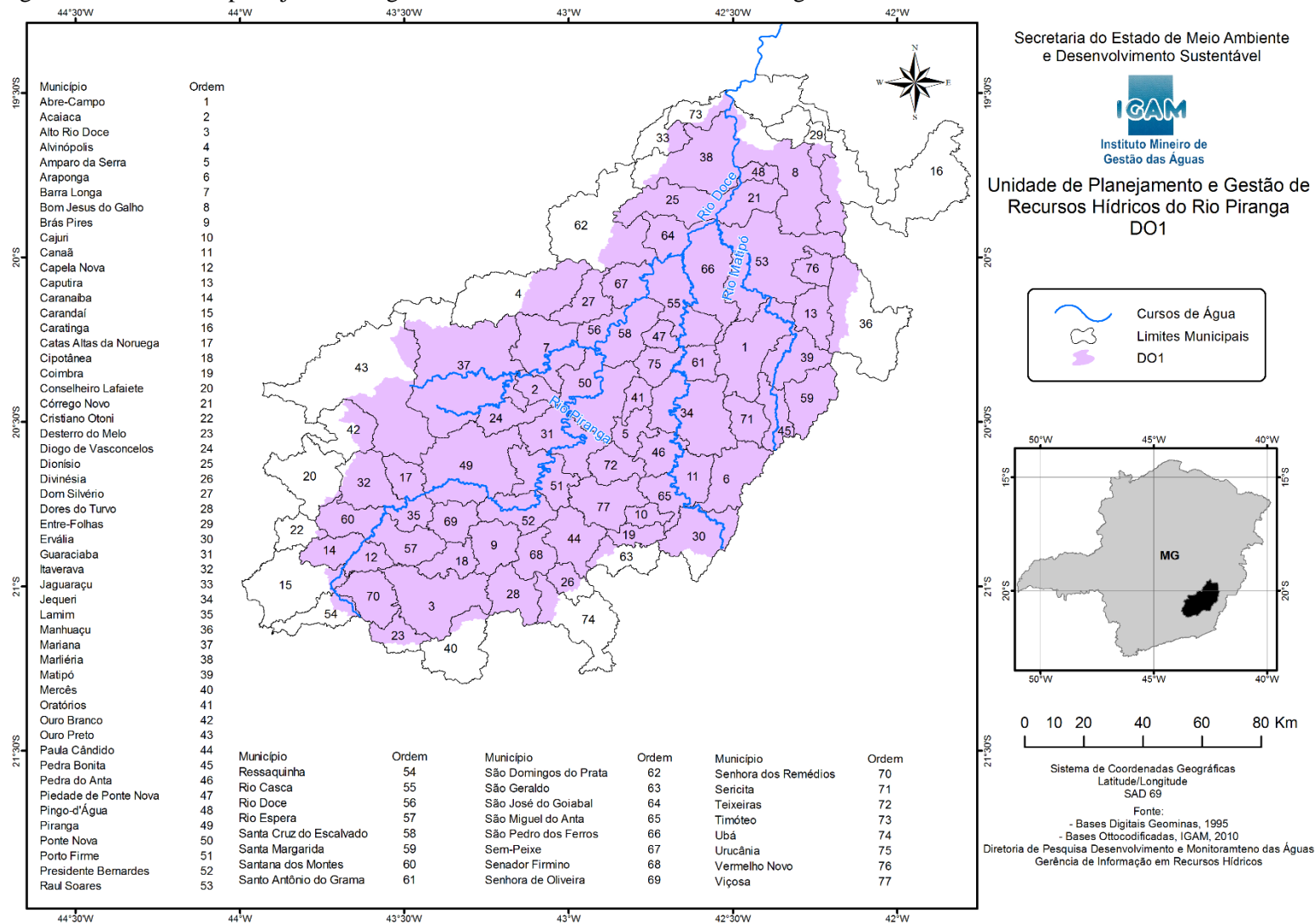


Figura 2 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Piracicaba – DO2.

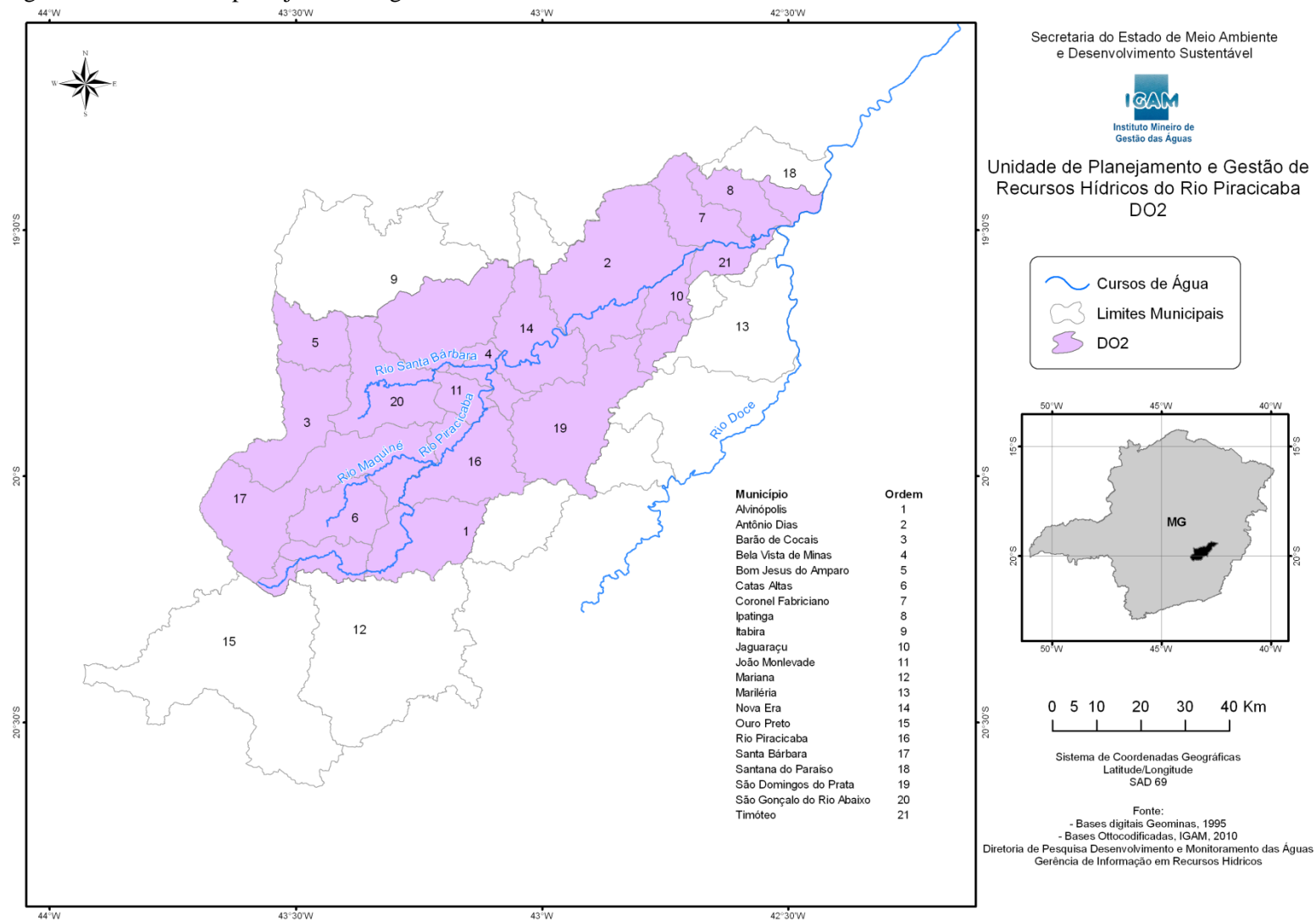


Figura 3 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Santo Antônio – DO3.

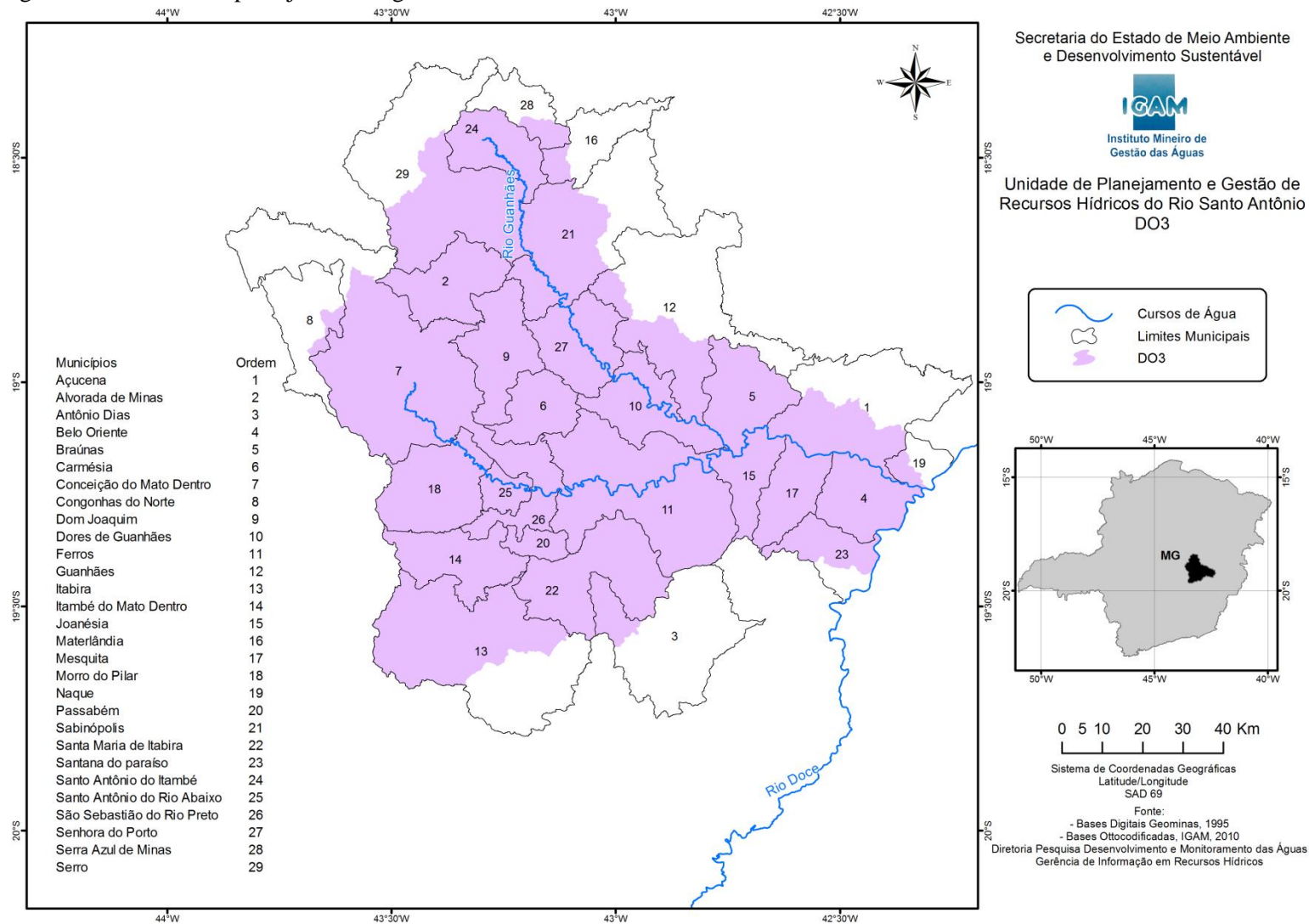


Figura 4 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Suaçuí Grande – DO4.

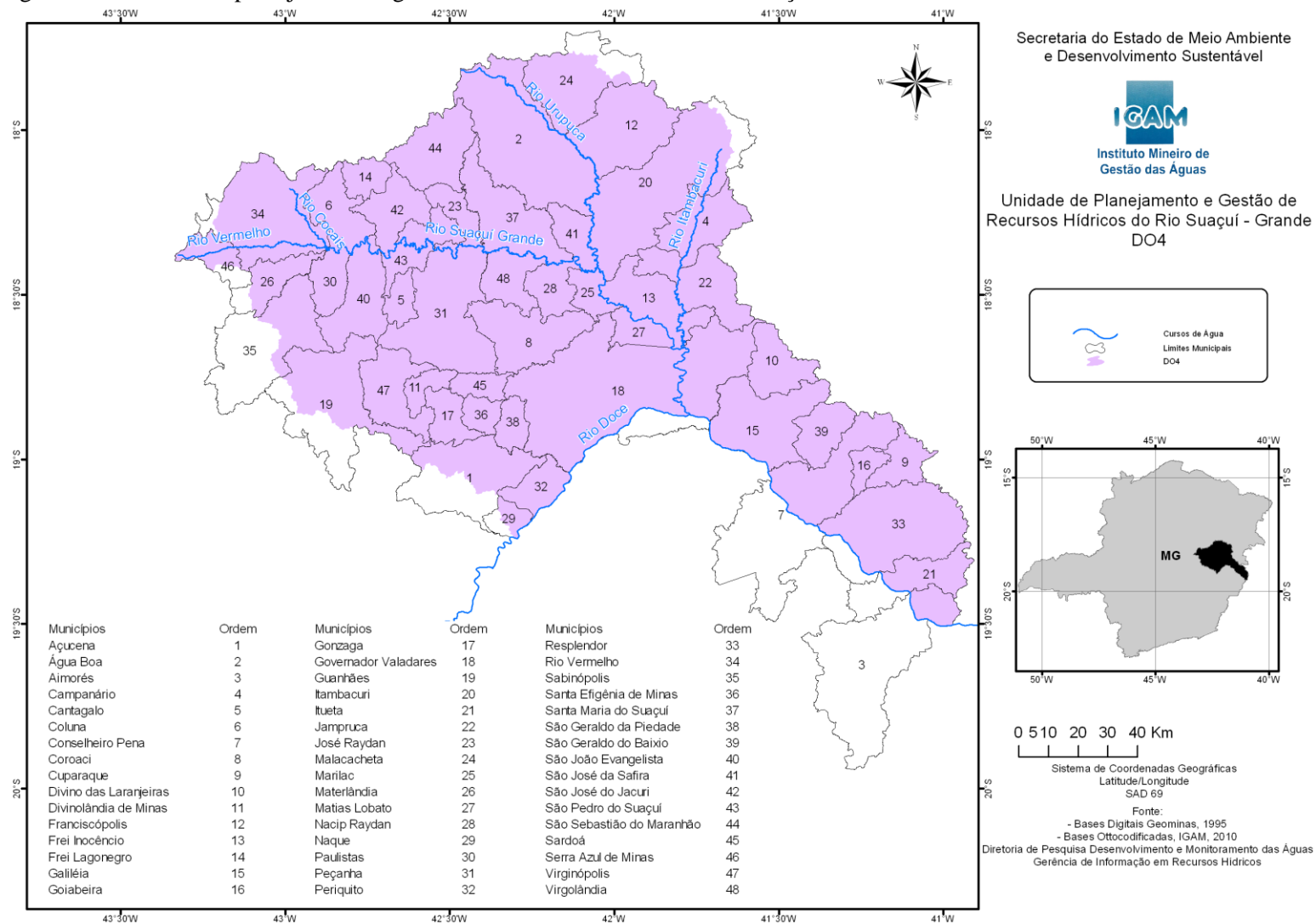


Figura 5 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Caratinga – DO5.

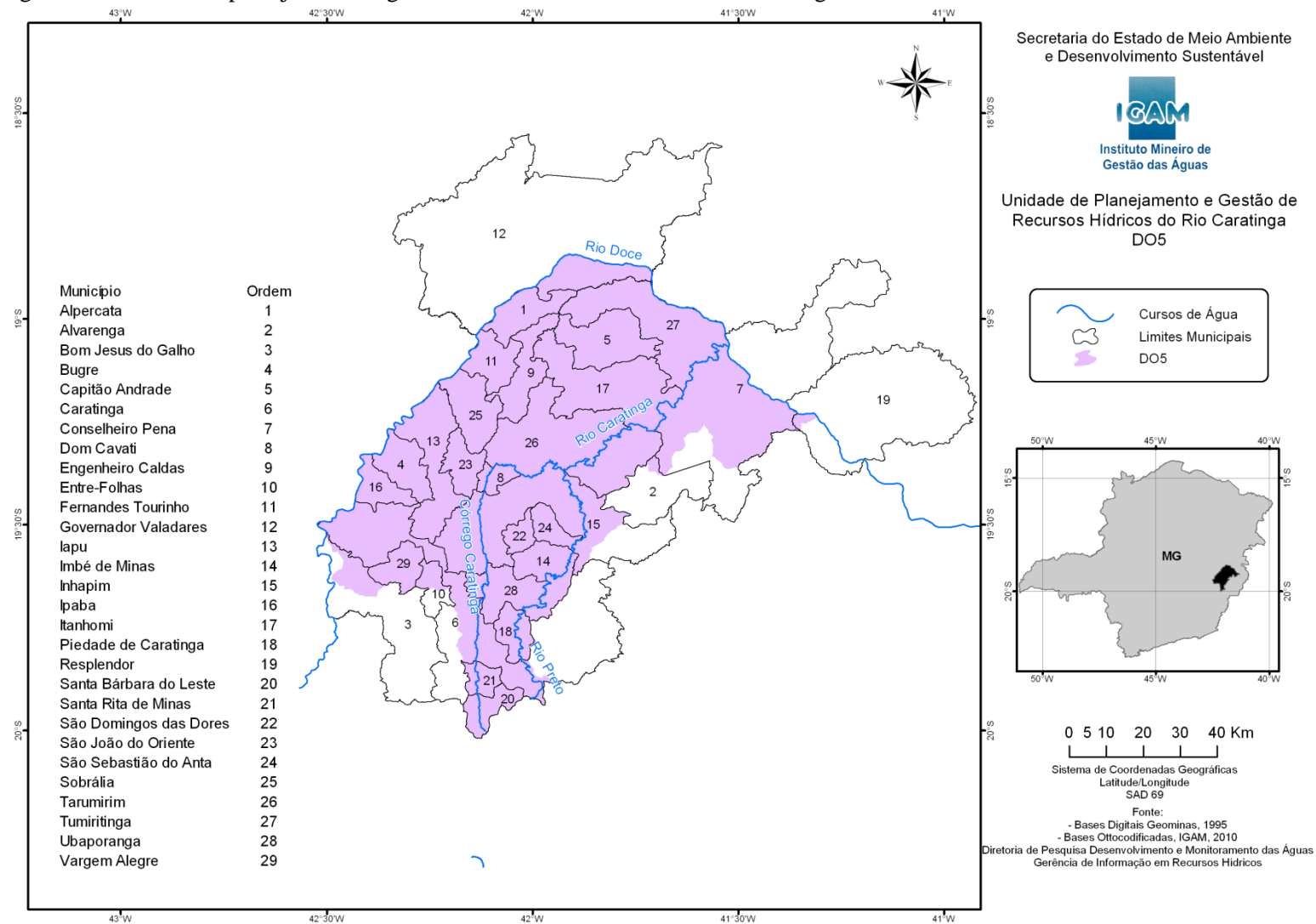


Figura 6 – Unidade de planejamento e gestão de Recursos Hídricos do rio Manhuaçu – DO6.

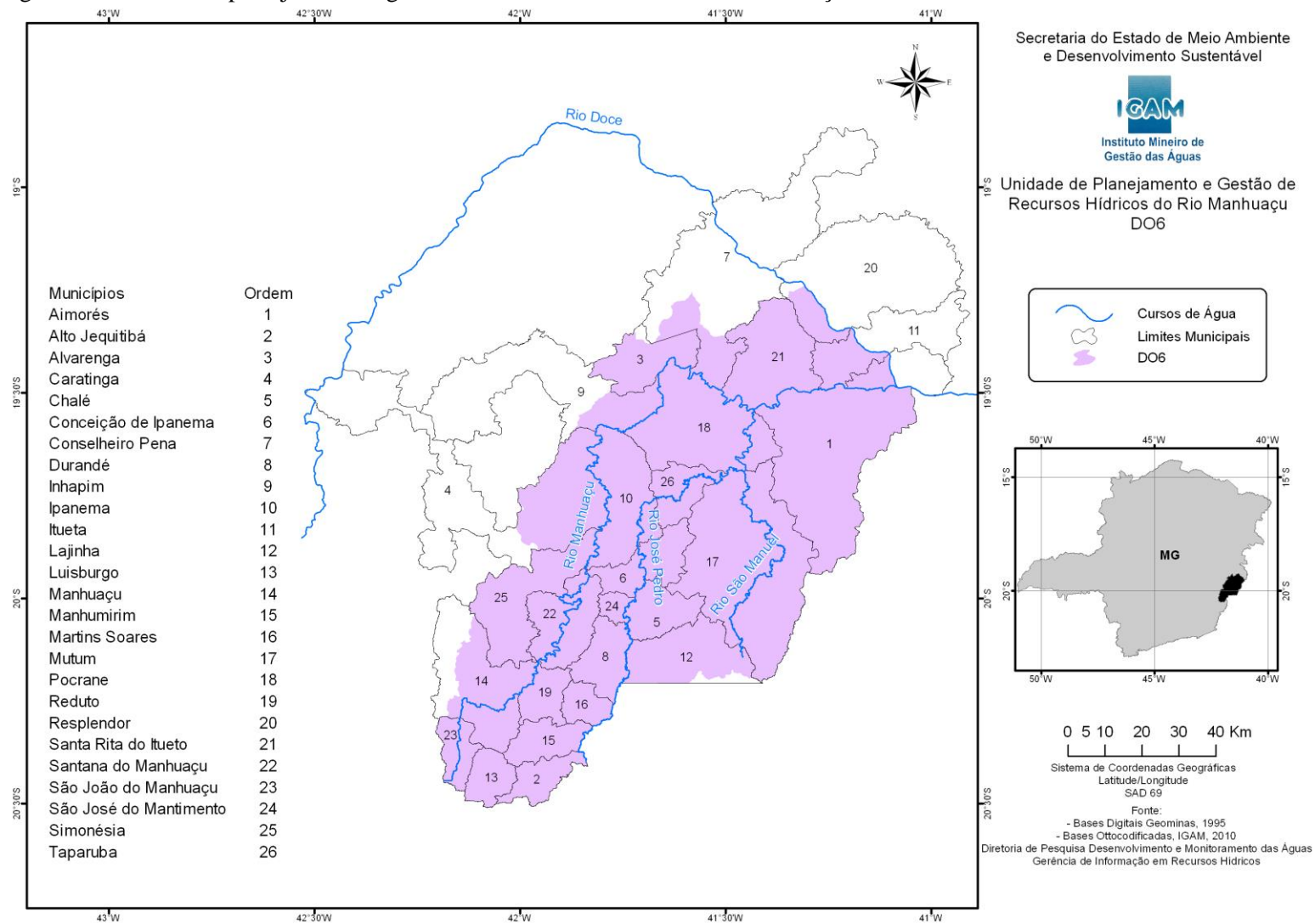


Tabela 1 - Limites legais estabelecidos pela DN COPAM/CERH 01/08, por classe de enquadramento, para água doce.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	-1	-	-
Alumínio dissolvido	mg/L Al	0,1	0,1	0,2
Arsênio total	mg/L As	0,01	0,01	0,033
Bário total	mg/L Ba	0,7	0,7	1
Cálcio total	mg/L Ca	-	-	-
Chumbo total	mg/L Pb	0,01	0,01	0,033
Cianeto livre	mg/L CN	0,005	0,005	0,022
Cloreto total	mg/L Cl	250	250	250
Clorofila a	µg/L	10	30	60
Cobre dissolvido	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	200	1000	4000
Condutividade elétrica <i>in loco</i>	µmho/cm	-	-	-
Cor verdadeira	mg/L Pt	-	75	75
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	3	5	10
Demanda Química de Oxigênio	mg/L O ₂	-	-	-
Dureza total	mg/L CaCO ₃	-	-	-
Fenóis totais	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,003	0,003	0,01
Ferro dissolvido	mg/L Fe	0,3	0,3	5
Fósforo total	mg/L P	0,1	0,1	0,15
Magnésio total	mg/L Mg	-	-	-
Manganês total	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5
Níquel total	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025
Nitrato	mg/L N	10	10	10
Nitrogênio amoniacal total	mg/L N	3,7: pH ≤ 7,5	3,7: pH ≤ 7,5	13,3: pH ≤ 7,5
		2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0	2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0	5,6: 7,5 < pH ≤ 8,0
		1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5	1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5	2,2: 8,0 < pH ≤ 8,5
		0,5: pH > 8,5	0,5: pH > 8,5	1,0: pH > 8,5
Oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	6	5	4
pH <i>in loco</i>	pH <i>in loco</i>	06/set	06/set	06/set
Potássio dissolvido	mg/L K	-	-	-
Sódio dissolvido	mg/L Na	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500
Sólidos em suspensão totais	mg/L	50	100	100
Sólidos totais	mg/L	-	-	-
Substâncias tensoativas	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5
Sulfato total	mg/L SO ₄	250	250	250
Temperatura da água	°C	-	-	-
Turbidez	UNT	40	100	100
Zinco total	mg/L Zn	0,18	0,18	5

Tabela 2 – Percentual de coleta e tratamento dos municípios da porção mineira da bacia do rio Doce.

Município	Ano	Coleta de esgoto (percentual)	Tratamento de esgoto (percentual)	Município	Ano	Coleta de esgoto (percentual)	Tratamento de esgoto (percentual)
Abre Campo	2013	85	0	Marilac	2013	-	0
Acaiaca	2010	75	10	Marliéria	2013	74,84	0
Açucena	2010	-	-	Martins Soares	#	#	#
Água Boa	2013	-	0	Materlândia	#	#	#
Aimorés	2013	84,11	60	Mathias Lobato	#	#	#
Alpercata	#	#	#	Matipó	#	#	#
Alto Jequitibá	2011	-	0	Mercês	#	#	#
Alto Rio Doce	2010	-	-	Mesquita	2013	90	0
Alvarenga	#	#	#	Morro do Pilar	2013	-	-
Alvinópolis	2013	-	0	Mutum	#	#	#
Alvorada de Minas	2013	-	0	Nacip Raydan	2013	-	0
Amparo do Serra	2010	-	0	Naque	#	#	#
Antônio Dias	#	#	#	Nova Era	#	#	#
Araponga	2013	-	100	Oratórios*	2013	55	0
Barão de Cocais	2013	-	0	Ouro Branco*	2013	73,43	34,22
Barra Longa	2013	-	0	Ouro Preto	2013	53,92	0,75
Bela Vista de Minas	#	#	#	Passabém	#	#	#
Belo Oriente	2012	70,56	0	Paula Cândido	2013	-	85,44
Bom Jesus do Amparo	2011	-	0	Paulistas	2012	-	0
Bom Jesus do Galho	2013	-	0	Peçanha	2010	-	0
Brás Pires	2011	55,25	0	Pedra Bonita	2013	86,55	0
Bráunas	#	#	#	Pedra do Anta	2013	-	0
Bugre	2013	-	0	Periquito	2009	-	26,51
Cajuri	2013	-	0	Piedade de Caratinga	#	#	#
Campanário	#	#	#	Pied. de Ponte Nova	#	#	#
Canaã	#	#	#	Pingo d'Água	2011	-	0
Cantagalo	2009	-	0	Piranga	2013	-	0
Capela Nova	2013	-	0	Pocrane	2013	50	0
Capitão Andrade	2011	83,42	86,53	Ponte Nova	2013	92,45	0
Caputira	2012	-	0	Porto Firme	2010	-	-
Caranaíba	#	#	#	Presidente Bernardes	2012	85,71	0
Carandaí	2013	-	0	Raul Soares	2013	79,65	0
Caratinga	2012	58,41	0,05	Reduto	2013	80,3	0
Carmésia	2013	87,5	100	Resplendor	2013	66,23	0
Catas Altas	2013	44,67	75	Ressaquinha*	2010	-	0
Catas Altas Noruega*	2012	77,78	100	Rio Casca	2013	63,9	0
Chalé	2013	18,18	0	Rio Doce	2013	81,25	100
Cipotânea	2013	-	0	Rio Espera	2010	-	-
Coimbra	2013	-	11,11	Rio Piracicaba	2013	-	20,09
Coluna	#	#	#	Rio Vermelho	#	#	#
Conceição de Ipanema	2013	84,99	0	Sabinópolis	2013	81,26	0
Conc. do Mato Dentro	2013	57,57	25,46	Santa Bárbara	2013	-	0
Congonhas do Norte	2013	39,94	0	Sta. Bárbara do Leste	#	#	#
Conselheiro Lafaiete**	2013	68,04	41,87	Sta. Cruz do Escalvado	2013	-	30,74
Conselheiro Pena	2013	80	0	Santa Efigênia de Minas	#	#	#
Coroaci	#	#	#	Santa Margarida	2012	-	65
Coronel Fabriciano	2013	68,51	0	Santa Maria de Itabira	2013	-	0
Córrego Novo	2013	-	0	Santa Maria do Suaçuí	2013	54,37	0
Cristiano Ottoni**	#	#	#	Santa Rita de Minas	2012	-	0
Cuparaque	2013	-	0	Santa Rita do Itueto	2010	-	-
Desterro do Melo	2013	63,43	91,84	Santana do Manhuaçu	#	#	#
Diogo de Vasconcelos	2011	89,58	0	Santana do Paraiso	2012	73,5	0,22
Dionísio	2013	-	0	Santana dos Montes	#	#	#
Divinésia	#	#	#	Santo Antônio do Gramma	#	#	#
Divino das Laranjeiras	#	#	#	Santo Antônio do Itambé	2011	85,34	0
Divinolândia de Minas	2013	73,75	0	Sto. Antônio do Rio Abaixo	2013	18,18	0
Dom Cavati	#	#	#	São Domingos das Dores	2012	-	100
Dom Joaquim	#	#	#	São Domingos do Prata	2012	84,12	0
Dom Silvério	2013	-	0	São Geraldo da Piedade	2013	84,49	0
Dores de Guanhanês	2012	-	-	São Geraldo do Baixo	2012	80,15	100
Dores do Turvo	#	#	#	São Geraldo*	#	#	#
Durandé	2013	-	0	São Gonçalo do Rio Abaixo	2013	-	-
Engenheiro Caldas	#	#	#	São João do Manhuaçu	2013	75,68	0
Entre Folhas	#	#	#	São João do Oriente	#	#	#
Ervália	#	#	#	São João Evangelista	2011	-	0
Fernandes Tourinho	#	#	#	São José da Safira	#	#	#
Feros	#	#	#	São José do Goiabal	2013	-	100
Franciscópolis	2013	-	0	São José do Jacuri	2013	70,52	0
Frei Inocência	2013	-	0	São José do Mantimento	#	#	#
Frei Lagonegro	2013	92,74	0	São Miguel do Anta	2010	-	-

Tabela 2 – Percentual de coleta e tratamento dos municípios da porção mineira da bacia do rio Doce (Continuação)

Município	Ano	Coleta de esgoto (percentual)	Tratamento de esgoto (percentual)	Município	Ano	Coleta de esgoto (percentual)	Tratamento de esgoto (percentual)
Galiléia		#	#	São Pedro do Suaçuí		#	#
Goiabeira	2012	78,95	93,33	São Pedro dos Ferros	2012	-	0
Gonzaga	2013	72,17	0	São Sebastião do Anta	2012	-	0
Governador Valadares	2013	85	0	São Sebastião do Maranhão	2013	59,79	0
Guanhães	2013	86,93	0	São Sebastião do Rio Preto	2013	-	-
Guaraciaba	2013	68,57	0	Sardoá		#	#
Iapu	2013	-	0	Sem-Peixe	2013	75,76	0
Imbé de Minas		#	#	Senador Firmino	2013	45,08	0
Inhapim	2012	-	0	Senhora de Oliveira	2013	77,5	0
Ipaba	2013	-	0	Senhora do Porto		#	#
Ipanema	2013	93,66	0	Senhora dos Remédios	2010	-	-
Ipatinga	2013	84,63	100	Sericita		#	#
Itabira	2013	80,27	43,96	Serra Azul de Minas	2013	60,17	0
Itambacuri	2013	20,59	0	Serro	2013	55,29	100
Itambé Mato Dentro	2013	83,33	93,33	Simonésia	2013	-	0
Itanhomi		#	#	Sobralia		#	#
Itaverava	2012	-	0	Taparuba	2013	85,22	0
Itueta	2013	-	100	Tarumirim		#	#
Jaguaraçu	2013	71,92	0	Teixeiras		#	#
Jampruca	2009	-	-	Timóteo	2013	76,65	0
Joanésia	2013	69,8	0	Tumiritinga	2010	-	-
João Monlevade	2013	100	0	Ubá*	2013	-	0
José Raydan	2010	-	-	Ubaporanga		#	#
Lajinha	2013	79,84	0	Urucânia	2013	-	1,26
Lamim	2012	55,81	0	Vargem Alegre	2012	-	0
Luisburgo	2013	90,16	0	Vermelho Novo	2013	100	0
Malacacheta	2013	67,69	66,39	Viçosa	2013	71,84	1
Manhuaçu	2013	95,53	0,44	Virginópolis	2012	-	0
Manhumirim	2013	98,01	0	Virgolândia	2012	-	100
Mariana	2013	24,27	0				

Fonte – Sistema Nacional de Informações sobre saneamento - SNIS

* Municípios com sede urbana fora da bacia do Rio Doce ou em outra DO

** Municípios parcialmente dentro da bacia.

#Municípios não citados no SNIS)

Tabela 3 – Descrição e número de tipologias presentes na porção mineira da bacia do rio Doce, e o percentual em cada UPGRH.

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Abate de animais de médio e grande porte (suínos, ovinos, caprinos, bovinos, eqüinos, bubalinos, muares, etc.).	33	37,8	18,9	21,6	10,8	5,4	5,4
Abate de animais de pequeno porte (aves, coelhos, rãs, etc.).	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abate de animais em matadouros, frigoríficos e charqueadas, preparação de conservas de carnes, e produção de banha de porco e de outras gorduras domésticas de origem animal.	2	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
Aeroportos.	3	0,0	40,0	40,0	20,0	0,0	0,0
Aparelhamento, beneficiamento, preparação e transformação de minerais não metálicos, não associados à extração.	133	38,8	38,2	5,9	6,6	3,3	7,2
Aquicultura convencional e/ou unidade de pesca esportiva tipo pesque-pague	22	25,0	29,2	16,7	8,3	12,5	8,3
Aquicultura em tanque-rede	2	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Armazenagem de grãos ou sementes não-associada a outras atividades listadas.	2	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	66,7
Aterro e/ou área de reciclagem de resíduos classe a da construção civil, e/ou áreas de triagem, transbordo e armazenamento transitório de resíduos da construção civil e volumosos	118	13,9	29,1	17,9	11,9	12,6	14,6
Aterro para resíduos não perigosos - classe II, de origem industrial.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial.	1	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Avicultura de corte e reprodução.	18	88,9	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Barragem de contenção de rejeitos / resíduos	14	62,5	25,0	12,5	0,0	0,0	0,0
Barragem de contenção de rejeitos/sedimentos	3	40,0	40,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Barragens de geração de energia hidrelétrica.	6	71,4	14,3	0,0	0,0	0,0	14,3
Base de armazenamento e distribuição de gás liquefeito de petróleo - GLP.	3	25,0	25,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Base de armazenamento e distribuição de lubrificantes, combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos	13	16,7	50,0	0,0	33,3	0,0	0,0
Beneficiamento de resíduos industriais (resíduos sólido, líquido, pastoso, semi-sólido e líquido não passível de tratamento convencional).	2	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beneficiamento de sementes.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beneficiamento primário de produtos agrícolas: limpeza, lavagem, secagem, descascamento ou classificação.	7	42,9	0,0	0,0	0,0	14,3	42,9
Bovinocultura de leite, bubalinocultura de leite e caprinocultura de leite.	16	17,6	11,8	17,6	35,3	0,0	17,6
Britamento de pedras para construção, inclusive mármore, ardósia, granito e outras pedras.	2	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0
Cafeicultura e citricultura.	47	8,9	0,0	0,0	0,0	20,0	71,1
Canais para drenagem.	16	44,4	22,2	5,6	11,1	16,7	0,0
Centrais e postos de recolhimento de embalagens de agrotóxicos e seus componentes.	6	14,3	14,3	0,0	0,0	0,0	71,4

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Centros de pesquisas científicas e tecnológicas, não classificadas ou especificadas, exclusive de pesquisa nuclear.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Comércio atacadista de produtos farmacêuticos.	12	21,4	7,1	0,0	42,9	14,3	14,3
Comércio atacadista de produtos, subprodutos e resíduos de origem animal exclusive produtos alimentícios.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Comércio e/ou armazenamento de produtos agrotóxicos, veterinários e afins.	117	35,1	13,4	6,0	0,7	21,6	23,1
Complexos turísticos e de lazer , inclusive parques temáticos e autódromos.	1	0,0	33,3	0,0	0,0	33,3	33,3
Compostagem de resíduos industriais.	6	14,3	28,6	28,6	14,3	14,3	0,0
Construção e reparação de embarcações estruturas flutuantes, reparação de caldeiras, máquinas, turbinas e motores.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Construção, montagem e reparação de veículos ferroviários e fabricação de peças e acessórios.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Co-processamento de resíduos em forno de clínquer.	16	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Correias transportadoras.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crematório	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Criação de animais de medio e grande porte (suínos, ovinos, caprinos, bovinos, equinos, bubalinos)	3	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Criação de eqüinos, muares, ovinos, caprinos, bovinos de corte e búfalos de corte (confinados).	2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Criação de ovinos, caprinos, bovinos de corte e búfalos de corte (extensivo).	4	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	66,7
Cultura de cana-de-açúcar com queima.	31	96,7	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0
Cultura de cana-de-açúcar sem queima	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Culturas anuais, excluindo a olericultura.	3	50,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Culturas perenes e cultivos classificados no programa de produção integrada conforme normas no ministerio da agricultura, exceto cafeicultura e citricultura.	4	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Depósito de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto embalagens de agrotóxicos.	21	21,7	65,2	8,7	0,0	0,0	4,3
Depósito de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto embalagens de agrotóxicos.	47	28,6	53,1	2,0	4,1	8,2	4,1
Desdobramento da madeira.	63	46,3	25,4	7,5	11,9	3,0	6,0
Diques de proteção de margens de curso d água .	2	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Distrito industrial e zona estritamente industrial	13	68,8	18,8	0,0	6,3	0,0	6,3
Dragagem para desassoreamento em corpos d água.	8	12,5	25,0	25,0	25,0	0,0	12,5
Dutos para o transporte de gás natural	6	14,3	42,9	42,9	0,0	0,0	0,0
Estação de transbordo de resíduos sólidos urbanos.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estamparia, funilaria e latoaria com ou sem tratamento químico superficial.	26	3,7	37,0	22,2	22,2	3,7	11,1
Estocagem e/ou comércio atacadista de produtos extrativos de origem mineral, em bruto.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Estocagem e/ou comércio atacadista de produtos químicos em geral, inclusive fogos de artifício e explosivos, exclusive produtos veterinários e agrotóxicos.	16	40,0	33,3	13,3	13,3	0,0	0,0
Estradas para transporte de minério / estéril	18	37,5	6,3	0,0	37,5	12,5	6,3
Extração de água mineral ou potável de mesa	10	60,0	30,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Extração de areia e cascalho para utilização imediata na construção civil	410	38,6	11,6	10,7	14,4	6,4	18,3
Extração de argila usada na fabricação de cerâmica vermelha	74	7,9	2,6	2,6	21,1	53,9	11,8
Extração de cascalho, rocha para produção de britas, areia fora da calha dos cursos d'água e demais coleções hídricas, com ou sem tratamento, para aplicação exclusivamente nas obras rodoviárias executadas por entidades da administração pública direta e indireta estadual e federal.	2	50,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
Extração de rocha para produção de britas com ou sem tratamento	59	38,5	21,5	9,2	9,2	9,2	12,3
Fabricação de ácido sulfúrico não associada a enxofre elementar.	1	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Fabricação de aguardente.	56	60,3	7,9	11,1	14,3	6,3	0,0
Fabricação de artefatos de borracha tais como peças e acessórios para veículos, máquinas e aparelhos, correias, canos, tubos, artigos para uso doméstico, galochas e botas etc, inclusive artigos do vestuário e equipamentos de segurança.	3	0,0	25,0	25,0	50,0	0,0	0,0
Fabricação de artigos de cutelaria, armas leves, ferramentas manuais e fabricação de artigos de metal para uso em escritório ou doméstico, inclusive instrumentos de medida não elétricos, exceto equipamentos de uso médico e odontológico.	14	50,0	28,6	7,1	14,3	0,0	0,0
Fabricação de artigos diversos de fibra prensada ou isolante inclusive peças e acessórios para máquinas e veículos.	6	66,7	16,7	0,0	16,7	0,0	0,0
Fabricação de artigos e artefatos de papelão, cartolina e cartão, impressos ou não, simples ou plastificados.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de calçados em geral.	4	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de celulose.	3	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de cervejas, chopes e maltes.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de cimento.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de componentes eletro-eletrônicos.	5	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de conservas e condimentos.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de couro por processo completo, a partir de peles até o couro acabado, com curtimento ao cromo, seus derivados ou tanino sintético.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de couro por processo completo, a partir de peles até o couro acabado, com curtimento exclusivamente ao tanino vegetal.	1	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de couro semi-acabado, não associada ao curtimento.	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de eletrodomésticos.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Fabricação de espuma de borracha e de artefatos de espuma de borracha, inclusive látex.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de estruturas metálicas e artefatos de trefilados de ferro, aço e de metais não-ferrosos, com tratamento químico superficial, exclusive móveis.	4	20,0	60,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de estruturas metálicas e artefatos de trefilados de ferro, aço e de metais não-ferrosos, sem tratamento químico superficial, exclusive móveis.	5	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de explosivos, detonantes, munição para caça e desporto e fósforo de segurança.	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de madeira laminada ou chapas de madeira aglomerada, prensada ou compensada, revestida ou não revestida.	3	25,0	50,0	25,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de máquinas, aparelhos, peças e acessórios com tratamento térmico e/ou tratamento superficial.	3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de material cerâmico.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de medicamentos exceto aqueles previstos no item c-05-01	2	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Fabricação de medicamentos fitoterápicos.	2	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0
Fabricação de móveis de madeira, vime e junco ou com predominância destes materiais, com pintura e/ou verniz.	119	89,2	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5
Fabricação de móveis de madeira, vime e junco ou com predominância destes materiais, sem pintura e/ou verniz.	13	61,5	23,1	0,0	0,0	0,0	15,4
Fabricação de móveis de metal com tratamento químico superficial e/ou pintura por aspersão.	9	88,9	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de móveis de metal ou com predominância de metal, revestidos ou não com lâminas plásticas, inclusive estofado.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de móveis estofados ou de colchões, com fabricação de espuma.	6	20,0	20,0	0,0	0,0	40,0	20,0
Fabricação de móveis estofados sem fabricação de espuma.	38	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de outros artigos de metal não especificados ou não classificados sem tratamento químico superficial, exclusive móveis.	34	8,1	67,6	16,2	2,7	2,7	2,7
Fabricação de outros artigos de metal não especificados ou não classificados, com tratamento químico superficial, exclusive móveis.	2	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de outros artigos de metal, não especificados ou não classificados com tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico e/ou pintura por aspersão e/ou aplicação de verniz e/ou esmaltação.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de outros produtos químicos não especificados ou não classificados.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de papel, cartolina, cartão e polpa moldada, utilizando celulose e/ou papel reciclado como matéria-prima.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de papelão.	3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de papelão, fabricação de artigos e artefatos de papelão, cartolina e cartão, impressos, simples ou plastificados.	6	57,1	14,3	14,3	0,0	14,3	0,0
Fabricação de peças, ornatos e estruturas de cimento ou de gesso.	183	32,1	31,1	14,2	4,2	9,9	8,5

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores.	4	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Fabricação de preparados para limpeza e polimento, desinfetantes, inseticidas, germicidas e fungicidas.	1	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Fabricação de preparados para limpeza e polimento.	4	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de produtos alimentares, não especificados ou não classificados.	54	36,1	24,6	9,8	14,8	8,2	6,6
Fabricação de produtos de perfumaria e cosméticos.	46	36,7	46,9	2,0	6,1	2,0	6,1
Fabricação de produtos derivados do processamento do petróleo, de rocha oleígenas e do carvão-de-pedra.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de produtos domissanitários, exclusive sabões e detergentes.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de produtos para diagnóstico.	3	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de produtos para diagnósticos com sangue e hemoderivados, farmoquímicos (matéria-prima e princípios ativos), vacinas, produtos biológicos e /ou aqueles provenientes de organismos geneticamente modificados.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de próteses e equipamentos ortopédicos em geral, inclusive materiais para uso em medicina, cirurgia e odontologia.	1	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
Fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação de sabões e detergentes.	8	44,4	11,1	0,0	0,0	11,1	33,3
Fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido, exclusive de cerâmica.	117	10,8	2,5	1,7	18,3	62,5	4,2
Fabricação de tintas, esmaltes, lacas, vernizes, impermeabilizantes, solventes e secantes.	4	25,0	25,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Fabricação e elaboração de vidro e cristal, inclusive a partir de reciclagem.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabricação e refinação de açúcar.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Facção e confecção de artefatos diversos de couros (exclusive calçados).	3	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Facção e confecção de roupas, peças de vestuário e artefatos diversos de tecidos com lavagem, tingimento e outros acabamentos.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fiação de algodão, seda animal, lã, fibras duras e fibras artificiais sem acabamento.	1	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fiação e tecelagem plana e tubular com fibras naturais e sintéticas, com acabamento.	1	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fiação e tecelagem plana e tubular com fibras naturais e sintéticas, sem acabamento, exclusive tricô e crochê.	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Formulação de adubos e fertilizantes.	22	31,8	9,1	4,5	0,0	4,5	50,0
Formulação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais.	54	53,4	3,4	0,0	15,5	15,5	12,1
Gasodutos	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Horticultura (floricultura, cultivo de hortaliças, legumes e especiarias).	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Incineração de resíduos.	4	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas.	12	23,5	11,8	35,3	29,4	0,0	0,0
Interceptores, emissários, elevatórias e reversão de esgoto	1	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Jateamento e pintura.	42	18,8	62,5	14,6	0,0	4,2	0,0

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Lavanderias industriais com tingimento, amaciamento e outros acabamentos em roupas, peças do vestuário e artefatos diversos de tecidos.	7	42,9	42,9	0,0	14,3	0,0	0,0
Lavra a céu aberto com beneficiamento via úmida	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto com ou sem tratamento - rochas ornamentais e de revestimento (exceto quartzito)	11	35,7	14,3	7,1	14,3	7,1	21,4
Lavra a céu aberto com ou sem tratamento, rochas ornamentais e de revestimento	27	25,9	3,7	0,0	22,2	14,8	33,3
Lavra a céu aberto com ou sem tratamento, rochas ornamentais e de revestimento (exceto granitos, mármore, ardósias, quartzitos)	31	38,1	23,8	4,8	9,5	2,4	21,4
Lavra a céu aberto com ou sem tratamento, rochas ornamentais e de revestimento (mármore e granitos)	48	8,0	2,0	2,0	24,0	8,0	56,0
Lavra a céu aberto com tratamento a úmido; minerais metálicos, exceto minério de ferro	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto com tratamento a úmido minerais não metálicos, exceto em áreas cársticas ou rochas ornamentais e de revestimento	3	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto com tratamento a úmido minério de ferro	14	62,5	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto ou subterrânea em áreas cársticas com ou sem tratamento	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto sem beneficiamento ou com cominuição a seco	6	83,3	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto sem tratamento ou com tratamento a seco - minerais metálicos, exceto minério de ferro	14	26,3	5,3	31,6	31,6	0,0	5,3
Lavra a céu aberto sem tratamento ou com tratamento a seco minério de ferro	11	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	0,0
Lavra a céu aberto sem tratamento ou com tratamento a seco minerais não metálicos, exceto em áreas cársticas ou rochas ornamentais e de revestimento	49	55,8	17,3	5,8	3,8	13,5	3,8
Lavra em aluvião, exceto areia e cascalho	9	45,5	18,2	9,1	27,3	0,0	0,0
Lavra experimental com guia de utilização ou a critério do copam	3	20,0	20,0	40,0	20,0	0,0	0,0
Lavra subterrânea com tratamento a úmido (pegmatitos e gemas)	2	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0
Lavra subterrânea sem beneficiamento ou com cominuição	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Lavra subterrânea sem tratamento ou com tratamento a seco (pegmatitos e gemas)	76	0,0	9,5	6,8	68,9	14,9	0,0
Lavra subterrânea sem tratamento ou com tratamento a seco, exceto pegmatitos e gemas	2	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0
Linhas de transmissão de energia elétrica	5	28,6	28,6	28,6	14,3	0,0	0,0
Loteamento do solo urbano para fins exclusiva ou predominantemente residenciais	31	34,2	26,3	18,4	10,5	5,3	5,3
Loteamento solo urb. P/ fins exc. Ou predominant. Residenciais p/constr. De habit. Interesse social	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manejo sustentável de florestas nativas	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metalurgia de pó, inclusive peças moldadas.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metalurgia do pó, inclusive peças moldadas.	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metalurgia dos metais não-ferrosos em formas primárias, inclusive metais preciosos.	3	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerodutos	2	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Moldagem de termoplástico não organo-clorado, com utilização de matéria-prima reciclada à base de lavagem com água, sem utilização de tinta para gravação.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moldagem de termoplástico não organo-clorado, sem a utilização de matéria-prima reciclada ou com a utilização de matéria-prima reciclada a seco, com utilização de tinta para gravação.	3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moldagem de termoplástico não organo-clorado, sem a utilização de matéria-prima reciclada ou com a utilização de matéria-prima reciclada a seco, sem utilização de tinta para gravação.	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Obras de infra-estrutura (pátios de resíduos e produtos e oficinas)	24	48,1	22,2	0,0	14,8	7,4	7,4
Obras de infra-estrutura/postos de abastecimento/ oficinas/ aterros controlados/pátio de resíduos/modificações de itm (instalações de tratamento de minério)/diques	2	25,0	50,0	25,0	0,0	0,0	0,0
Outras formas de tratamento ou de disposição de resíduos não listadas ou não classificadas.	4	0,0	50,0	0,0	0,0	50,0	0,0
Outras indústrias de transformação de termoplásticos, não especificadas ou não classificadas.	10	30,0	40,0	0,0	30,0	0,0	0,0
Parques cemitérios.	4	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pavimentação e/ou melhoramentos de rodovias.	4	0,0	28,6	42,9	28,6	0,0	0,0
Pilha de rejeito/estéril de rochas ornamentais e de revestimento	6	28,6	14,3	0,0	0,0	14,3	42,9
Pilhas de rejeito / estéril	25	38,2	44,1	17,6	0,0	0,0	0,0
Pilhas de resíduos/estéril de mina	2	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis.	1449	28,2	20,8	9,8	16,9	9,8	14,5
Postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis.	11	33,3	13,3	26,7	6,7	6,7	13,3
Preparação de fumo, fabricação de cigarros, charutos e cigarrilhas.	3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Preparação do leite e fabricação de produtos de laticínios.	199	39,2	6,2	6,2	25,4	10,0	12,9
Prestação de outros serviços não citados ou não classificados.	31	20,6	58,8	5,9	2,9	8,8	2,9
Prestadoras de serviços na aplicação terrestre de agrotóxicos e afins.	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha.	5	42,9	28,6	14,3	14,3	0,0	0,0
Produção de carvão vegetal, de origem nativa/aproveitamento do rendimento lenhoso.	6	0,0	33,3	33,3	16,7	0,0	16,7
Produção de carvão vegetal, oriunda de floresta plantada.	1	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de energia termoelétrica, exclusive gás natural e biogás	2	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de ferro e aço e suas ligas, e silício metálico, em qualquer forma, com ou sem redução de minérios, com fusão.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de forjados, arames e relaminados de aço com tratamento químico superficial.	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de fundidos de ferro e aço, sem tratamento químico superficial, inclusive a partir de reciclagem.	4	25,0	50,0	25,0	0,0	0,0	0,0
Produção de fundidos de metais não ferrosos, inclusive ligas, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico, inclusive a partir de reciclagem.	14	0,0	35,3	17,6	11,8	17,6	17,6

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Produção de laminados de metais e de ligas de metais não-ferrosos (placas, discos, chapas lisas ou corrugadas, bobinas, tiras e fitas, perfis, barras redondas, chatas ou quadradas, vergalhões), sem fusão,	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, sem tratamento químico superficial.	12	38,5	53,8	7,7	0,0	0,0	0,0
Produção de ligas metálicas (ferro ligas).	9	60,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de óleos, gorduras e ceras em bruto, de óleos essenciais, corantes vegetais e animais e outros produtos da destilação da madeira, exclusive refinação de produtos alimentares.	5	0,0	42,9	57,1	0,0	0,0	0,0
Produção de soldas e ânodos.	6	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção de substâncias químicas e de produtos químicos inorgânicos, orgânicos, organo-inorgânicos, exclusive produtos derivados do processamento do petróleo, de rochas oleígenas, do carvão-de-pedra e da madeira.	16	0,0	66,7	22,2	11,1	0,0	0,0
Produção de tubos de ferro e aço, sem tratamento químico superficial.	4	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Recauchutagem de pneumáticos.	42	18,8	33,3	4,2	18,8	16,7	8,3
Reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a base de lavagem com água.	3	50,0	25,0	25,0	0,0	0,0	0,0
Reciclagem ou regeneração de outros resíduos classe 2 (não perigosos) não especificados.	37	27,8	55,6	11,1	2,8	2,8	0,0
Reciclagem ou regeneração de produtos químicos.	2	50,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Recuperação de resíduos têxteis.	1	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Relaminação de metais não ferrosos, inclusive ligas.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reparação ou manutenção de máquinas aparelhos e equipamentos	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais.	19	27,8	11,1	5,6	11,1	11,1	33,3
Retífica de motores.	6	83,3	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
Retificação de curso d'água.	19	85,0	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Secagem e salga de couros e peles	15	20,0	53,3	6,7	13,3	6,7	0,0
Serralheria, fabricação de esquadrias, tanques, reservatórios e superficial.	448	24,1	30,1	14,5	8,9	11,4	11,0
Serviço galvanotécnico.	14	26,7	53,3	20,0	0,0	0,0	0,0
Serviços de combate a pragas e ervas daninhas em área urbana.	41	20,4	36,7	6,1	4,1	16,3	16,3
Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa.	35	30,6	63,9	2,8	2,8	0,0	0,0
Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa.	6	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silvicultura	34	2,5	17,5	32,5	45,0	0,0	2,5
Subestação de energia elétrica	2	33,3	33,3	33,3	0,0	0,0	0,0
Suinocultura (ciclo completo).	77	80,7	9,6	0,0	2,4	0,0	7,2
Suinocultura (crescimento e terminação).	6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suinocultura (unidade de produção de leitões).	1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tecelagem plana e tubular com fibras naturais e sintéticas, com acabamento, inclusive artefatos de tricô e crochê.	1	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
Terminal de produtos químicos e petroquímicos	1	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0

Descrição da tipologia	Bacia	DO1	DO2	DO3	DO4	DO5	DO6
Torrefação e moagem de grãos.	53	54,2	6,8	0,0	5,1	16,9	16,9
Transporte de resíduos perigosos classe I e II (sendo o classe II só para co-processamento) e produtos perigosos de acordo com o decreto federal 96.044, de 18 de maio de 1988, em todas as modalidade de transporte.	4	66,7	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0
Transporte rodoviário de produtos perigosos, conforme decreto federal 96.044, de 18-5-1988.	284	20,4	36,2	11,5	14,6	7,4	9,9
Transporte rodoviário de resíduos perigosos - classe i.	22	46,2	38,5	7,7	3,8	0,0	3,8
Tratamento de água para abastecimento.	27	33,3	28,6	14,3	21,4	0,0	2,4
Tratamento de esgotos sanitários.	158	36,6	18,3	15,1	11,3	12,4	6,5
Tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde (grupo a - infectantes ou biológicos), exceto incineração	17	33,3	11,1	5,6	22,2	11,1	16,7
Tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos.	130	48,6	8,7	7,2	12,3	9,4	13,8
Tratamento químico para preservação de madeira.	11	23,1	15,4	23,1	15,4	7,7	15,4
Tratamento térmico (têmpera) ou tratamento termo-químico.	6	16,7	33,3	50,0	0,0	0,0	0,0
Unidade de transferência de resíduos de serviços de saúde (utrss)	2	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	50,0
Unidade de tratamento de minerais utm	19	73,9	17,4	8,7	0,0	0,0	0,0
Unidades de compressão e de distribuição de gás natural comprimido - gnc.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Usinagem.	144	14,5	74,8	5,0	1,9	2,5	1,3
Usinas de produção de concreto asfáltico.	48	13,5	32,7	7,7	3,8	19,2	23,1
Usinas de produção de concreto comum.	51	30,4	33,9	7,1	7,1	5,4	16,1
Usinas de produção de concreto.	1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Viveiro de produção de mudas de espécie agrícolas, florestais e ornamentais.	4	33,3	16,7	16,7	16,7	0,0	16,7

