

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia – Tratamento da
Informação Espacial

César Vinícius de Noronha

**QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS FIO DE ÁGUA DE JAGUÁRA,
IGARAPAVA E VOLTA GRANDE E AFLUENTES, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO GRANDE, MG/SP**

Belo Horizonte
2012

César Vinícius de Noronha

**QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS FIO DE ÁGUA DE JAGUÁRA,
IGARAPAVA E VOLTA GRANDE E AFLUENTES, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO GRANDE, MG/SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Wolney Lobato

Belo Horizonte

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

N852q Noronha, César Vinícius de
Qualidade da água dos reservatórios fio de água de Jaguára, Igarapava e Volta Grande e afluentes, bacia hidrográfica do Rio Grande, MG/SP / César Vinícius de Noronha. Belo Horizonte, 2012.
138f.: il.

Orientador: Wolney Lobato
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial.

1. Água – Qualidade. 2. Bacias hidrográficas - Jaguára (MG : Distrito). 3. Bacias hidrográficas - Igarapava (SP). 4. Bacias hidrográficas - Volta Grande (MG). 5. Cartografia. I. Lobato, Wolney. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 628.1

César Vinícius de Noronha

**QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS FIO DE ÁGUA DE JAGUÁRA,
IGARAPAVA E VOLTA GRANDE E AFLUENTES, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO GRANDE, MG/SP**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós- Graduação *Stricto Sensu* em Geografia
– Tratamento da Informação Espacial – da
Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.**

Prof. Dr. Wolney Lobato (Orientador) – PUC Minas

Prof. Dr. Ruibran Januário dos Reis (Coorientador) – PUC Minas

Prof^a. Dr^a. Cláudia de Vilhena Schayer Sabino – PUC Minas

Belo Horizonte

2012

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Companhia Energética de Minas Gerais pelo financiamento da minha bolsa de mestrado.

À Professora Claudia Vilhena Schayer Sabino por toda a ajuda e incentivo durante esse processo e pela confiança que depositou em mim.

Ao Professor Doutor Wolney Lobato, pelos seus conselhos e orientações sempre pertinentes.

Ao Professor João Francisco de Abreu por me auxiliar e pelo grande incentivo durante o período de elaboração do trabalho.

À Professora Rita de Cássia Liberato, uma pessoa por quem serei eternamente grato, por todos esses anos de convívio e por me ajudar sempre em momentos difíceis.

Aos professores Leônidas Conceição Barroso, Guilherme Taitson Bueno e Ruibram Januário dos Reis pelo auxílio durante a elaboração do trabalho e pelos conhecimentos em sala de aula.

Agradeço à Ludmila Vieira Lage, ao Professor Otaviano Francisco Neves e à Igara de Castro pela ajuda durante o processo de elaboração da dissertação.

Aos meus amigos Thiago Antônio, José Alves Ferreira Neto, Londesperge e ao ilustre Professor Tércio.

Aos meus familiares Geraldo Eduiges de Noronha, Neuzi Aparecida Ribeiro de Noronha e Vivian Kelly de Noronha pelo apoio e incentivo desde o começo da minha vida acadêmica.

À Ana Carolina Bitencourt pela paciência e por me apoiar durante esse período de elaboração do trabalho.

A todos os funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia: Tratamento da Informação Espacial por sempre serem solícitos quando necessitei.

RESUMO

A água doce é um recurso natural finito e indispensável à vida dos seres vivos, e está se tornando cada vez mais escassa devido à ação antropogênica no meio ambiente, que altera o estado natural da água. Esta dissertação teve como principal objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais da área da bacia hidrográfica dos reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande, localizados no Rio Grande nas coordenadas geográficas 19°52'2,439" e 20°32'13,07" de latitude Sul e 46° 48'49,716" e 48°33'39,597" de longitude Oeste, na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, no período de 2006 a 2012. Outro objetivo deste trabalho foi subsidiar informações ao projeto de pesquisa conjunto da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e da Companhia Energética de Minas Gerais intitulado "*PA – Desenvolvimento de índices georreferenciados da qualidade das águas e estudo das características socioambientais da região de reservatórios em cascata: Volta Grande e Jaguára*". Essa pesquisa foi realizada através da disponibilidade de banco de dados secundários de coleta da água da Companhia Energética de Minas Gerais, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas e da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental para as análises físicas e químicas da água e do Instituto Nacional de Meteorologia para as amostras climatológicas. Para a classificação das variáveis físicas e químicas da água, foi utilizada a Deliberação Normativa do Conselho de Políticas Ambientais do Estado de Minas Gerais, número 1 do ano de 2008, que prevê a concentração máxima que cada variável pode ser encontrado nas coletas de águas, sendo utilizadas as seguintes variáveis: demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos e turbidez. O resultado apresentado nesta dissertação foi elaborado da seguinte maneira: a análise univariada dos dados do ano de 2010, separados em período seco e chuvoso, foi utilizada como um modelo para os outros anos, e a análise estatística multivariada foi usada para as informações das variáveis físicas e químicas da água e climatológicas de todos os anos de coleta, resultando na elaboração cartográfica digital espacializada dos resultados. O resultado das amostras apontam que as principais variáveis em desconformidade com a legislação das águas são o pH, o fósforo total, o oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio. Em relação aos cursos de água, os pontos que apresentaram

desconformidade em relação aos limites legais foram o Córrego Gameleiras, no município de Uberaba, e o Córrego Santa Rita, no município de Igarapava.

Palavras-chave: Qualidade da água. Bacia Hidrográfica. Cartografia digital.

ABSTRACT

Freshwater is a finite natural resource and indispensable to the life of living beings, and is becoming increasingly scarce due to anthropogenic inputs in the environment that ends up changing the natural state of water. This work aims to evaluate the quality of surface water in the area of the water tank from Jaguará, Igarapava and Volta Grande, located in Rio Grande river, under the geographic coordinates 19° 52'2, 439 "and 20° 32'13, 07" south latitude and 46° 48'49, 716 "and 48° 33'39, 597" west longitude, on the border between the states of Minas Gerais and Sao Paulo, in the time period from 2006 to 2012. Another objective of this study was to provide information to joint research project of the Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais and the Companhia Energetica de Minas Gerais entitled "PA - Development of geo-referenced index of water quality and study of socio-environmental characteristics of the water tanks in cascade: Volta Grande and Jaguará. " The research was conducted through the availability of secondary database on water collection made by Companhia Energetica de Minas Gerais, Instituto Mineiro de Gestão das Águas and Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental for physical and chemical samples of water and the Instituto Nacional de Meteorologia for climatological samples. For the classification of physical and chemical variables of water they based on the Normative Deliberation Council of Environmental Policies of the State of Minas Gerais Minas, number 1 of 2008, which provides the maximum concentration that each variable can be found in the collections of water, and with the following criteria: biochemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen, total ammonia nitrogen, dissolved oxygen, hydrogen potential (pH), total dissolved solids and turbidity. The results presented in this dissertation were prepared as follows: univariate analysis of data from the year 2010, separated into dry and rainy periods, was used as a model for other years, and multivariate statistical analysis was used for the information of the physical parameters and chemical water and climatological all sampling years, resulting in the development of digital cartographic spatialized results. The result of the samples indicate that the main parameters of contamination of water are pH, total phosphorus, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand. In relation to water courses, the points that were more contamination have been the Córrego Gameleiras river, in Uberaba, and the Córrego Santa Rita river, in the municipality of Igarapava.

Keywords: Water quality. Watershed. Digital cartography.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Usinas inseridas no Rio Grande	70
FIGURA 2 – Usina de Jaguará	73
FIGURA 3 – Usina de Igarapava	73
FIGURA 4 – Usina de Volta Grande	74
FIGURA 5 – Visão geral dos pontos de monitoramento da Usina Hidrelétrica de Jaguará	78
FIGURA 6 – Visão geral do ponto JG 150	79
FIGURA 7 – Visão próxima ao ponto JG 100	79
FIGURA 8 – Visão próxima ao ponto JG136	80
FIGURA 9 – Visão próxima ao ponto JG 325	80
FIGURA 10 – Visão próxima ao ponto JG 456	81
FIGURA 11 – Visão próxima ao ponto JG 457	81
FIGURA 12 – Visão geral dos pontos de monitoramento próximos a Usina hidrelétrica de Igarapava	82
FIGURA 13 – Visão geral do ponto CARM04400	83
FIGURA 14 – Visão próxima ao ponto IG130	84
FIGURA 15 – Visão próxima ao ponto IG140	84
FIGURA 16 – Visão próxima ao ponto IG200	85
FIGURA 17 – Visão próxima ao ponto IG110	85
FIGURA 18 – Visão geral dos pontos na represa de Volta Grande e proximidades ..	86
FIGURA 19 – Visão próxima ao ponto VG143	87
FIGURA 20 – Visão próxima ao ponto VG087	87
FIGURA 21 – Visão próxima ao ponto VG172	88
FIGURA 22 – Visão próxima ao ponto VG155	88
FIGURA 23 – Mexilhão dourado	90
FIGURA 24 – Área próxima a nascente do Córrego Gameleiras	103

LISTA DE MAPAS

MAPA 1– Localização geográfica da área de estudo.....	56
MAPA 2 – Mapa hipsométrico da área de estudo	59
MAPA 3 – Sub-bacias da região hidrográfica do Paraná	67
MAPA 4 – Bacia Hidrográfica do Rio Grande e suas subdivisões.....	68
MAPA 5 – Mapa de localização do pontos de monitoramento	71
MAPA 6 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio em 2010	97
MAPA 7 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável fósforo e uso e ocupação do solo em 2010	101
MAPA 8 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação da variável oxigênio dissolvido e uso e ocupação do solo em 2010	107
MAPA 9 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável pH e uso e ocupação do solo em 2010	111
MAPA 10 – Mapa de localização do ponto de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável sólidos totais dissolvidos e uso e ocupação do solo em 2010	115
MAPA 11 – Análise multivariada – componente 1.....	123
MAPA 12 – Análise multivariada – componente 2.....	125

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Pontos de coleta da área de estudo	75
QUADRO 2 – Limites estabelecidos pela legislação DN COPAM 01/2008.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Dados socioeconômicos da área de estudo	57
TABELA 2 – Síntese dos dados das usinas da área de estudo	74
TABELA 3 – Análise estatística das variáveis	117
TABELA 4 – Correlação robusta dos dados.....	118
TABELA 5 – Percentual de variância explicada pelas componentes	119
TABELA 6 – Cargas das componentes.....	119

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Radiação solar diária - 2011 (Kjm ²)	62
Gráfico 2 – Temperatura máxima no ano de 2011	63
Gráfico 3 – Velocidade do vento (metros/segundo)	64
Gráfico 4 – Rosa dos ventos - Julho/2011	65
Gráfico 5 – Rosa dos ventos - Dezembro/2011.....	66
Gráfico 6 – Precipitação (mm).....	66
Gráfico 7 – Vazão nos reservatórios de Jaguará, Igarapava e Volta Grande	69
Gráfico 8 – Número de coletas anuais nos pontos de monitoramento	93
Gráfico 9 – Número de pontos de monitoramentos anual	94
Gráfico 10 – DBO – Desconformidade da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio - 2010	96
Gráfico 11 – Concentração de fósforo total em 2010	100
Gráfico 12: Concentração de oxigênio dissolvido em desconformidade no ano de 2010	105
Gráfico 13 – pH: Período chuvoso de 2010	110
Gráfico 14 – pH: Período seco de 2010	110
Gráfico 15 – Componente 1 x Componente 2 – Cargas das variáveis.....	121
Gráfico 16 – Componente 1 x Componente 2	122
Gráfico 17 – Oxigênio dissolvido x PH	128

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

CARM – Carmo

CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DirVent – Direção do Vento

GDEM – Global Digital Elevation Model

GRDE – Grande

IG – Igarapava

JG – Jaguará

Nebul – Nebulosidade

Nitrogamon – Nitrogênio Amônia

NitrogTotal – Nitrogênio Total

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

STD – Sólidos dissolvidos totais

Tmax – Temperatura máxima

Tmin – Temperatura mínima

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos

UPGRHi - Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Velvet – Velocidade do vento

VG – Volta Grande

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EPA - United States Environmental Protection Agency

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SRGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
2.1 Água	34
2.2 Qualidade das águas.....	35
2.2.1 <i>Variáveis físicas e químicas da água</i>	37
2.2.2 <i>Variáveis climatológicas</i>	38
2.3 Represas e reservatórios.....	39
2.4 Limnologia	40
2.5 Análise Multivariada.....	41
2.6 Bacias Hidrográficas.....	42
2.7 Legislação de proteção às Águas e bacias hidrográficas	43
2.8 Geoprocessamento	48
3 MATERIAIS E MÉTODOS	51
4 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO	55
4.1 Localização Geográfica	55
4.2 Caracterização do meio físico	57
4.3 Caracterização Hidrográfica.....	67
4.4 Caracterização das usinas hidrelétricas	70
4.5 Caracterização dos pontos de coleta	74
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	91
5.1 Análise univariada dos dados de 2010.....	92
5.1.1 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio</i>	95
5.1.2 <i>Fósforo Total</i>	99
5.1.3 <i>Oxigênio dissolvido</i>	104
5.1.4 <i>pH</i>	109
5.1.5 <i>Sólidos Totais Dissolvidos</i>	113
5.2 Análise multivariada dos dados.....	117
6 CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS.....	132

1 INTRODUÇÃO

As discussões acerca da proteção do meio ambiente estão ocorrendo com frequência devido ao estágio de degradação ambiental em que se encontra o planeta. Essa degradação se dá em razão das atividades antrópicas desenvolvidas na biosfera. Além disso, com o aumento da população mundial, cresce, também, a pressão sobre os recursos naturais, em particular a água, o que transforma esses recursos em bens de consumo para satisfazer as necessidades humanas.

A água, sendo um recurso natural essencial para a manutenção dos seres vivos e dos processos naturais e antrópicos, é submetida a diferentes níveis de degradação em sua qualidade. Essa degradação originou-se com as atividades das primeiras civilizações, cuja localização de vilarejos era próxima a cursos de água. Com isso, esse recurso natural, indispensável para a vida, tornou-se um instrumento de poder.

Segundo Sperling (1996, p.12-13), devido à importância da água, devemos compreender a distribuição desse recurso natural no planeta e seus mecanismos de circulação. A distribuição das águas no mundo, segundo o autor, encontra-se da seguinte maneira: 97% correspondem às águas salgadas (mares e oceanos); 2,2 % doces (geleiras) e apenas 0,8% são águas doces propícias para o consumo humano e, desse montante de água potável, 97% encontra-se no subsolo e apenas 3% são águas superficiais. Esses dados mostram a importância de se conservar a água doce no planeta, já que este é um recurso natural limitado e essencial para a vida de diversas espécies no planeta.

A pressão que os recursos naturais vêm sofrendo ao longo do tempo, com o desenvolvimento das atividades econômicas exercidas pelo ser humano, chegou a um estágio considerado crítico em termos de qualidade ambiental. A legislação ambiental tem como objetivo a proteção e a conservação dos recursos naturais. Em relação às águas, no Brasil, o Código das Águas, criado em 1934, foi uma das primeiras legislações com o objetivo de proteção às águas sendo, atualmente, as legislações vigentes estabelecidas no âmbito federal, estadual e municipal.

Um dos objetivos da proteção das águas é assegurar a qualidade desta de acordo com o seu uso. A legislação de proteção dos recursos hídricos normaliza e classifica os recursos hídricos de acordo com as suas características físicas, químicas e biológicas, restringindo ou permitindo a sua utilização de acordo com a

finalidade. Existem vários tipos de uso das águas, são eles: abastecimento público, irrigação, abastecimento industrial, recreação, dessedentação de animais, paisagismo, navegação, entre outros.

Com base nessas reflexões, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a qualidade das águas superficiais da área de abrangência hidrográfica dos reservatórios de Jaguará, Igarapava e Volta Grande, localizados no Rio Grande, na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo no período de 2006 a 2012.

Por meio da análise dos dados coletados nos pontos de monitoramento da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB e Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, buscou-se verificar a importância de cada variável físico e químico e a sua possível concentração no corpo de água, de acordo com a legislação vigente, referida no capítulo 1 subitem 1.6. As variáveis encontradas acima do limite estabelecido pela lei foram analisadas levando-se em consideração o período da coleta e o uso e ocupação do solo próximo ao curso de água, apontando, também, possíveis medidas mitigadoras para o seu controle.

Outro objetivo desta pesquisa foi complementar as informações ao projeto GTW 399-WMA03-05 intitulado “*PA – Desenvolvimento de índices georreferenciados da qualidade das águas e estudo das características socioambientais da região de reservatórios em cascata: Volta Grande e Jaguará*”, desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais juntamente com a Companhia Energética de Minas Gerais, podendo subsidiar parte dos estudos desenvolvidos no projeto.

O desenvolvimento do banco de dados georreferenciados através dos dados secundários disponibilizados pelo IGAM, CETESB e CEMIG utilizados foram importantes para subsidiar os resultados da pesquisa. Outra vantagem foi a unificação das informações constantes dos bancos de dados desses órgãos, que encontravam-se fragmentadas e não espacializadas durante o período de coleta entre 2006 a 2010.

Os estudos referentes à análise da qualidade das águas dos reservatórios, objetos dessa pesquisa, são importantes para que a empresa que os gerencia mantenha a água com qualidade para seu uso, seja para o abastecimento, para a geração de energia ou para outras atividades.

No primeiro capítulo, foi efetivada a revisão da literatura especializada sobre o tema deste trabalho. Foram abordados os conceitos de qualidade das águas; a legislação nacional e estadual de normalização sobre a proteção dos recursos hídricos e também da obrigatoriedade do monitoramento das águas. Também foi tratada a importância das referências teóricas da limnologia e das técnicas de geoprocessamento e estatística para especializar e padronizar os resultados obtidos por meio dos bancos de dados.

O segundo capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração deste trabalho, tais como as fontes bibliográficas pesquisadas; o método de aquisição dos dados de análise da água; a forma com a qual foi elaborada a cartografia que visa, prioritariamente, apresentar as análises efetivadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

O terceiro capítulo apresenta, na caracterização geral da área de estudo, uma síntese dos dados socioeconômicos dos municípios inseridos e dos aspectos físicos: geologia, hidrografia, relevo, vegetação e clima.

O quarto capítulo mostra os resultados e as discussões do trabalho referente à análise das variáveis relacionadas com as condicionantes do meio em que a hidrografia dos pontos de monitoramento se situa.

O quinto capítulo, por sua vez, apresenta as conclusões finais, sendo abordados os resultados e possíveis implicações destes na problemática ambiental, em especial na qualidade da água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão da literatura acerca da qualidade das águas tem como pressuposto a análise das legislações vigentes de proteção dos recursos hídricos, os conceitos acerca de qualidade e da ciência limnológica que estuda as águas continentais, a importância e os estudos referentes à análise multivariada e a utilização do geoprocessamento.

2.1 Água

O acesso à água foi um fator primordial para a escolha da localização das primeiras civilizações. Como o homem não possuía conhecimento suficiente para levar grande quantidade de água a uma distância considerável, então ele deveria se fixar próximo a este recurso natural. Segundo Rebouças (2002, p.16), durante o período da última glaciação, os seres humanos que se mantinham através de atividades de caça e colheita de alimentos se deslocaram para regiões de temperaturas mais elevadas e com abundância de água como, por exemplo, o leito dos rios Tigres e Eufrates, localizados no Oriente Médio. A água já era vista como um recurso importante e essencial para a manutenção de uma civilização, tanto que

[...] na Mesopotâmia, os registros de poços escavados e da construção de cidades fortificadas datam de 8 mil a.C, indicando que, desde muito cedo, havia necessidade de proteção contra o ataque dos povos vizinhos. Desde os primórdios das civilizações, a posse da água representou um instrumento político de poder. (REBOUÇAS, 2002, p.16).

O autor aborda que, com o decorrer do tempo, as primeiras civilizações criaram conhecimentos e inovações que possibilitaram produzir alimentos através de sistemas de irrigação e abastecimento de água para a população (REBOUÇAS, 2002, p.17). À medida que o homem consolidou a organização e o modo de convivência em sociedade, o mesmo se tornou ainda mais dependente da captação e utilização de água, tendo, então, que aumentar a quantidade proporcionalmente com o aumento da população.

O aumento da população mundial faz crescer a pressão sobre os recursos naturais, entre eles a água, que é um importante recurso para o consumo humano. Conforme Silva (1998), a pressão acerca dos recursos naturais teve seu primeiro

ápice durante o período da Revolução Industrial do século XVIII na Inglaterra com a devastação de florestas para a utilização da madeira para fins industriais e consumo humano. O autor ainda destaca que, em relação à poluição das águas, o primeiro grande impacto causado pelo homem foi à emissão de esgotos nas águas, durante a antiguidade. Posteriormente, com o desenvolvimento industrial e agrícola, introduziu-se a contaminação das águas por efluentes industriais e defensivos agrícolas.

A contaminação das águas, segundo Silva (1998, p.38), ocasionou diversas epidemias durante séculos em vários países europeus, o que impulsionou a busca para solucionar o problema através de medidas técnicas sanitárias, que foram desenvolvidas pela revolução científica e tecnológica. Como exemplo, pode-se citar o estudo realizado pelo inglês John Snow (1813-1858), que realizou um levantamento do número de ocorrências de cólera na cidade de Londres e, como resultado, elaborou um mapeamento e descobriu que o maior número de ocorrências estava próximo às bombas de água, concluindo que a cólera não era transmitida pelo ar, e sim pela água (ABREU, 2010)¹.

O avanço técnico-científico proporcionou o aumento da diversidade dos tipos de degradação ambiental, mas também foi responsável pelo avanço da conscientização ambiental. Com a disseminação de conhecimentos científicos acerca das conseqüências da degradação do meio ambiente, um ponto positivo foi à evolução dos meios de telecomunicações e de transportes, que contribuiu para o intercâmbio de informações entre diferentes nações, instituições governamentais, empresas, pesquisadores, entre outros.

2.2 Qualidade das águas

No Brasil, com o objetivo de disponibilizar água para os usos múltiplos da população, os órgãos públicos adotam medidas de controle, por meio de legislação específica, com a finalidade de fornecer água para que a utilização, de acordo com o uso estabelecido, seja amplamente atendida e que não tenha nenhum tipo de risco à saúde humana e ao meio ambiente. Esse controle é feito através do monitoramento e da coleta das águas. As análises são realizadas em relação as variáveis físicas, químicas e biológicas da água, observando-se a legislação considerada neste

¹ Dados retirados da aula ministrada por João Francisco de Abreu, no dia 03 de Novembro de 2010, no Programa de Pós-Graduação em Geografia: Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

trabalho. Leva-se em consideração a atual situação do corpo de água. Segundo Batalha (1977, p.6), o conceito de qualidade sofre um processo de “banalização”, ou seja, seu significado possui diversas atribuições que não condizem com sua etimologia, sendo trabalhado o emprego de qualidade como “algo que dá identidade a um ser”. O autor enfatiza que

[...] a qualidade desejada assume, portanto, o papel de representante do grau de exigência que o consumidor faz para satisfazer suas necessidades. Para que o consumo (uso ou utilização) seja satisfatório, o produto consumido tem que apresentar certas características que, em conjunto, representam a qualidade que lhe confere adequação ao uso. (AFNOR *apud* BATALHA, 1977, p.6).

A qualidade da água, juntamente com os seus usos múltiplos, pode se analisada por Sperling (1996, p.11), sendo “resultante de fenômenos naturais e da ação do homem e, a qualidade de uma determinada água, é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica”.

Em relação à captação de água para os usos múltiplos, segundo Rebouças (2002, p.1), este recurso natural possui qualidades diversas, levando-se em consideração o ambiente de origem, o percurso no meio e em seu armazenamento. O autor considera que a ação antrópica tornou-se tão relevante em relação à mudança da qualidade das águas que as alterações naturais da qualidade da água têm que ser diferenciada em relação às ocasionadas pela atividade do homem.

Em relação à qualidade da água para o consumo humano, como um produto, para Batalha (1977, p.29), este produto “deverá ser distribuído de acordo com sua qualidade, quantidade, continuidade e economia”, sendo, para o autor, importante conhecer as características da qualidade das águas para estabelecer os tipos de usos preponderantes.

A legislação federal que padroniza a concentração máxima, em cada variável, que pode ser encontrada na água é regulamentada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A resolução número 357, de 17 de Março de 2005 é a base da legislação vigente em relação as variáveis e conceitos empregados em referência à qualidade da água, tendo sido alterado pelas resoluções: número 370/2006; número 397/2008; 410/2009 e 430/2011. A legislação utilizada por cada Estado da federação pode ser diferenciada em relação à utilizada pelo CONAMA, mas os

limites dos parâmetros de contaminação não deverão exceder o que a legislação federal determina.

Dessa forma, o presente estudo trabalha com análise das variáveis físicas e químicas da água e, também, com as variáveis climatológicas que influenciam na qualidade dos recursos hídricos. A seguir são apresentadas as variáveis utilizadas.

2.2.1 Variáveis físicas e químicas da água

As variáveis físicas e químicas utilizadas para a análise da qualidade da água desta pesquisa são:

- a) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): “[...] quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea”. (SPERLING, 1996, p.66).
- b) Fósforo Total: O elemento pode ser encontrado por meio de origem natural presente no solo ou através de decomposição de matéria orgânica e de origem antrópica por utilização de fertilizantes, despejos domésticos e industriais e excrementos de animais. (SPERLING, 1996, p.32).
- c) Nitrogênio total: Os compostos do nitrogênio são essenciais para a vida aquática, porém, se encontrado em grande quantidade, pode gerar o crescimento de algas, podendo gerar a eutrofização da água. As principais ações antrópicas relacionadas são os despejos domésticos e industriais, excremento de animais e fertilizantes. (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2012).
- d) Nitrogênio Amoniacal Total: Essa substância, em altas concentrações, pode causar sufocamento dos peixes. As ações antrópicas que podem potencializar os efeitos desse elemento são os efluentes domésticos e industriais como siderúrgicas, frigoríficos, entre outros (MINAS GERAIS, 2010b, p. B-5)
- e) Oxigênio Dissolvido (OD): Elemento essencial para a vida dos seres aeróbicos no meio aquático, sendo que sua concentração varia com a temperatura e altitude, e sua concentração pode indicar a potencialidade de se encontrar vida aquática no meio (MINAS GERAIS, 2010b, p. B-6).

- f) Potencial Hidrogeniônico (pH): o pH na água pode ser caracterizado como básico ($\text{pH} > 7$), neutro ($\text{pH} = 7$) ou ácido ($\text{pH} < 7$). Sua origem natural está associada ao contato da água com as rochas e o solo, elementos atmosféricos e relacionados com processos de vida aquática no meio. A origem antrópica associa-se a despejos domésticos e industriais (MINAS GERAIS, 2010b, p.B-7).
- g) Sólidos totais dissolvidos: De acordo com Sperling (1996, p. 16- 17), “[...] os sólidos podem ser classificados de acordo com suas características físicas e químicas”, sendo os sólidos totais dissolvidos apresentados em características físicas, sendo capazes de passar por um filtro de papel.
- h) Turbidez: É o grau de interferência da entrada dos raios solares no corpo de água. (Sperling, 1996, p.24). A falta de entrada de luz na água pode prejudicar processos como a fotossíntese na água.

A conceituação das demais variáveis físicas, químicas e biológicas não utilizadas neste trabalho pode ser encontrada nas publicações do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (MINAS GERAIS, 2010b), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SÃO PAULO, 2011), e nos trabalhos de Von Sperling (1996), de Esteves (1998) e de Vigil (2003).

2.2.2 Variáveis climatológicas

Conforme Couto (2012), as variáveis climatológicas estão diretamente relacionadas com a qualidade da água, entre elas podemos citar a temperatura do ar, a radiação solar e a direção dos ventos. Pode-se citar outros processos, como a precipitação que, em contato com o solo, poderá transportar sedimentos para o curso de água, aumentando sua turbidez. Em relação aos ventos (direção e velocidade), este é responsável por misturar as camadas de água e transportar os nutrientes do fundo das águas para as partes superiores.

Ainda segundo este autor, a entrada de luz na água é um importante fenômeno que interfere na qualidade da água e, conseqüentemente, regula processos como a fotossíntese, que produz parte do oxigênio dissolvido presente na água, além de influenciar na cadeia alimentar. A radiação solar, ao penetrar na

água, altera as suas características de intensidade e qualidade espectral de acordo com a concentração de materiais presentes na água, dissolvidos ou em suspensão.

A temperatura da água regula a sua composição química, tendo, por exemplo, a água fria maior concentração de oxigênio dissolvido em relação à água quente. Porém, existem outros elementos que são mais prejudiciais à água do que uma temperatura elevada (COUTO, 2012; VIGIL, 2003, p. 10).

Podemos mencionar, ainda, que

No ponto de vista da engenharia de meio ambiente, o conhecimento da variação da temperatura no corpo d'água é particularmente importante por três razões: as descargas de efluentes em diferentes temperaturas podem causar efeitos negativos no ecossistema aquático, a temperatura influencia as reações químicas e biológicas e a variação da temperatura afeta a densidade da água, e como consequência, altera os processos de transporte. (SISTEMA BASE DE HIDRODINÂMICA AMBIENTAL, 2007).

2.3 Represas e reservatórios

A construção de estruturas para a contenção e armazenamento de água é um meio utilizado pelo homem para suprir suas necessidades. Existem vários tipos dessas estruturas que poderão ser viabilizados de acordo com as formas de utilização dos recursos hídricos como, por exemplo, os açudes, os reservatórios de água, as represas, as barragens, entre outros.

Esteves (1998, p.89) menciona que diferentes nomenclaturas são utilizadas, como reservatórios, represas ou açudes, e podem ser consideradas sinônimas, desde que os lagos sejam formados por represamentos artificiais e que apresentem o ecossistema com a mesma funcionalidade e origem. O Igam aborda os conceitos de represamento e barramento das águas como sinônimos.

Podemos considerar o conceito de barramento das águas como uma

[...] estrutura construída em um curso d'água transversalmente à direção de escoamento de suas águas, alterando as suas condições de escoamento natural, objetivando a formação de um reservatório a montante, tendo como principal finalidade a regularização das vazões liberadas à jusante, por meio de estruturas controladoras de descargas. (MINAS GERAIS, 2008a , p.14).

Outro órgão da esfera pública Estadual que utiliza os conceitos de barragens, açudes e represas como sinônimos é o Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina (2010), classificando-os como “[...] estruturas artificiais

construídas no leito de um rio ou canal para a contenção ou barramento das águas para uma determinada finalidade”.

O Ministério da Saúde (BRASIL, 2010) conceitua reservatório de água com ênfase, em sua utilização, para o abastecimento da população, sendo um recipiente de acúmulo de água para a distribuição na rede. Essas estruturas têm como objetivo o atendimento às demandas de acordo com as necessidades e situações emergenciais.

Os reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande são do tipo fio de água por não apresentarem significativo tempo de residência. Além da função de geração de energia, possuem outros usos que impulsionam a economia de toda a região, como as atividades extrativistas, agropastoris e turísticas.

2.4 Limnologia

O conceito de limnologia utilizado por Esteves (1998, p.5) pode ser definido como “a ciência que estuda a ecologia de todas as massas d’água continentais, independentemente da sua origem, dimensão ou concentração salina”. A United States Environmental Protection Agency (EPA) destaca a limnologia como

[...] a ciência que estuda as relações funcionais e de produtividade das comunidades bióticas de água doce que são afetados pela dinâmica das variáveis ambientais físicas, químicas e bióticas. (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2011).

O estudo limnológico, por se tratar dos conhecimentos relacionados às águas continentais, torna-se importante para compreender determinadas abordagens acerca do tema proposto e, juntamente com o método de análise multivariada aplicado a limnologia, podemos analisar diferentes variáveis sintetizando os resultados e espacializando as suas características.

Este estudo se mostra importante por ter como principal objeto de estudo a dinâmica da água doce, um dos principais recursos naturais essenciais para a vida de diversas espécies no planeta. Uma das funções científicas da limnologia é analisar a inter-relação do ambiente aquático com o seu espaço através da troca de energia e materiais. Além disso, toma como base a ação climática, que é responsável pela variação do nível das chuvas em diferentes épocas do ano; o tipo

de vegetação; o solo e o relevo, entre outros aspectos; os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água pela ação natural; a relação entre os seres vivos inseridos no ambiente aquático ou em áreas próximas a ele, podendo interferir na dinâmica existente no ambiente aquático como, por exemplo, as atividades antrópicas que despejam efluentes domésticos e industriais nos cursos de água.

2.5 Análise Multivariada

Os estudos relacionados aos aspectos naturais apresentam grande diversidade de informações de acordo com a sua respectiva abordagem. Para estudos referentes à situação da qualidade das águas, existem variadas variáveis que devemos analisar de acordo com o objetivo proposto. O conhecimento estatístico poderá contribuir para facilitar e organizar os dados coletados para análise. Um dos métodos que são utilizados pela estatística é a análise multivariada que, segundo Lopes (2001, p.28) corresponde a técnicas de análise de dados em que as variáveis utilizadas na pesquisa são analisadas em uma unidade. O autor destaca que a análise multivariada possui diversos métodos estatísticos, entre eles a análise de componente principal.

O estudo da análise de componente principal iniciou-se, com descrição de técnicas, com Pearson em 1901 e por Hotelling em 1933. Durante a década de 1960, com as inovações científicas e tecnológicas, como a técnica de resolução numérica e a invenção do computador, houve um grande aprofundamento teórico e elaboração de trabalhos que contribuíram para a aplicação desse método estatístico em diversas áreas do conhecimento científico (SILVA, 2008, p. 53-54).

Bernardi e outros (2009) abordam que em estudos ambientais que utilizam muitas amostras e variáveis, um método de análise dos dados ambientais que pode ser utilizado para que os dados sejam analisados, em conjunto, é a análise multivariada. No entanto, o pesquisador que utilizar esse método deverá se precaver ao escolher as variáveis de análise, uma vez que a análise multivariada é somente um instrumento de análise preliminar que poderá ser utilizado ou não de acordo com o resultado encontrado, não sendo, segundo o autor, um “modal epistêmico em si”. O estudo de Sabino e outros (2008) utiliza-se da técnica de análise de componentes

principais com o intuito de trabalhar com menos variáveis com o objetivo de abranger as principais informações com a variância das variáveis originais.

2.6 Bacias Hidrográficas

A Lei Federal nº 9.433/97 estabelece que a unidade territorial a ser utilizada para a implementação da política nacional dos recursos hídricos e do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica. A legislação estabelece os critérios de implementação, gestão e diretrizes das bacias hidrográficas no país.

A Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH) estabelece a divisão hidrográfica nacional em 12 regiões, sendo elas: Região Hidrográfica Amazônica, Região Hidrográfica Tocantins / Araguaia, Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, Região Hidrográfica do São Francisco, Região Hidrográfica Atlântico Leste, Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, Região Hidrográfica do Paraná, Região Hidrográfica do Uruguai, Região Hidrográfica Atlântico Sul e Região Hidrográfica do Paraguai.

De acordo com a resolução nº 32 do CNRH, o conceito de região hidrográfica nacional é compreendido como

[...] o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. (BRASIL, 2008).

As regiões hidrográficas nacionais possuem divisões internas, que são as bacias hidrográficas federais, as quais também são subdivididas em bacias hidrográficas estaduais. No Estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa do Conselho Estadual dos Recursos Hídricos nº 06/2002 do Estado de Minas Gerais estabeleceu as Unidades de Planejamento e Gestão dos recursos hídricos (UPGRH). Para a delimitação da UPGRH, que são áreas físico-territoriais inseridas nas bacias hidrográficas dentro do Estado, leva-se em consideração o contexto físico da região, o contexto socioeconômico dos municípios e os aspectos culturais e políticos. Em relação à distribuição espacial, totalizam-se nove bacias hidrográficas

federais no Estado de Minas Gerais e 36 UPGRH distribuídos nessas bacias (MINAS GERAIS, 2010b).

O Estado de São Paulo, através da lei estadual nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994, divide o Estado em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHs), utilizando o conceito de bacia hidrográfica para a delimitação das unidades, sendo as mesmas inseridas em 7 bacias federais localizadas neste Estado (SÃO PAULO, 2004; SÃO PAULO, 2012).

Os estudos sobre Bacia Hidrográfica são abrangentes e não incluem somente pesquisas hidrológicas. Essas pesquisas podem ter vários focos de estudo como, por exemplo, o estudo sobre os recursos naturais inseridos na bacia, utilizando a mesma como um espaço delimitador que possui elementos naturais comuns. (PIRES;SANTOS;DEL PRETTE, 2002).

Para Monica Porto e Rubem Porto (2008), a bacia hidrográfica pode ser considerada uma unidade sistêmica natural, tendo como referencial nesse contexto o exutório, que controla os fluxos hidrológicos e a delimitação do espaço. Outro aspecto abordado pelos autores acerca da importância dos estudos relacionados às bacias hidrográficas está relacionado à ocupação humana e suas atividades de apropriação do espaço inseridas na bacia, sendo o exutório um bom local para análise dos impactos causados ao montante do curso de água.

2.7 Legislação de proteção às Águas e bacias hidrográficas

A proteção dos recursos hídricos nacionais na esfera federal, no âmbito jurídico, esteve expressa inicialmente no Código das Águas, através do Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Esse Decreto estabelece os tipos de água e a sua forma de aproveitamento, as competências administrativas, as formas de concessões, as autorizações para obras ou empreendimentos que utilizarão o recurso hídrico, a forma de fiscalização, as penalidades e as competências da União, Estados e municípios (BRASIL, 1934). Apesar de o Código das Águas ser considerado um marco para a regulamentação dos usos e da proteção dos recursos hídricos, para Pompeu *apud* Rebouças (1997, p.66), ele não se mostrou eficaz porque muitas de suas disposições, que deveriam ter suas próprias regulamentações ou leis específicas, não foram criadas e, também, devido à falta de regulamentação e proteção das águas subterrâneas.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, classifica as águas em classes de acordo com o tipo de uso preponderante, utilizando 8 classes de classificação, sendo elas:

I – Classe Especial – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II – Classe 1 – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III – Classe 2 – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV – Classe 3 – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V – Classe 4 – águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

VI – Classe 5 – águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII – Classe 6 – águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

VIII – Classe 7 – águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX – Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário. (BRASIL, 1986)

No artigo nº 2 da resolução, são definidos os seguintes conceitos:

- a) CLASSIFICAÇÃO: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).
- b) ENQUADRAMENTO: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.
- c) CONDIÇÃO: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
- d) EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.
- e) ÁGUAS DOÇES: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰.
- f) ÁGUAS SALOBRAS: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰.
- g) ÁGUAS SALINAS: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰. (BRASIL, 1986).

Nos demais artigos da resolução são classificados as variáveis analisadas nas águas e o limite de tolerância que os mesmos podem apresentar na análise para que se assegure a qualidade da água para uma determinada classe de enquadramento. A mudança da resolução ocorre através de uma nova resolução, a CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que difere em relação à atualização de definições empregadas, nova classificação, através de classes, das águas em que se separam as classes das águas doces, salinas e salobras e a mudança dos limites máximos de algumas variáveis de análise. As mudanças posteriores e atualizações ocorreram através das resoluções CONAMA nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011.

A Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988 estabelece, em relação aos recursos hídricos do seu território, os bens que são de domínio da União (artigo 20, III); os bens dos Estados (artigo 26); instituição da forma de gerenciamento dos recursos hídricos e critérios de outorga (artigo 21, XIX); instituir as diretrizes para o desenvolvimento de saneamento básico (artigo 21, XX); Compete à União legislar sobre a água e energia (artigo 22,IV) (REBOUÇAS, 1997, p.67).

O principal instrumento de regulamentação para a utilização e gerenciamento dos recursos hídricos foi à promulgação da lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH). O texto dessa lei define a água como:

- a) Bem de domínio público;
- b) Recurso natural limitado;

- c) Dotado de valor econômico e
- d) Em caso de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos deverá atender o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

Em contrapartida, o texto determina que a gestão dos recursos hídricos deve se basear nos seguintes princípios:

- a) Proporcionar os usos múltiplos das águas
- b) A utilização da Bacia Hidrográfica como unidade territorial
- c) A gestão deverá ser descentralizada.

Os objetivos principais do Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) é assegurar a disponibilidade de água atualmente e futuramente, tendo a mesma qualidade necessária de acordo com o seu uso; a utilização racional dos recursos hídricos e a prevenção contra eventos hidrológicos naturais ou pelo mau uso dos recursos naturais. Em relação aos instrumentos utilizados pela PNRH, existem os planos para os recursos hídricos, como o enquadramento em classes dos corpos de água, a outorga do uso das águas, a cobrança pela utilização da água, a compensação aos municípios e a existência de um sistema de informações sobre os recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Com relação aos objetivos do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNRH), podemos citar que este é responsável pela coordenação da gestão integrada, pela mediação dos conflitos acerca dos usos das águas, por executar o PNRH, pela gestão dos recursos hídricos e por fazer a cobrança acerca dos usos da água (BRASIL, 1997). De acordo com a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional das Águas e implementa a lei nº 9.433/97. Os órgãos públicos inseridos na SNRH, de acordo com a lei, são:

- a) Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH);
- b) Agência Nacional das Águas (ANA);
- c) Conselhos de Recursos Hídricos Estaduais e do Distrito Federal;
- d) Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH);
- e) Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais que executem funções relacionadas aos recursos hídricos;

f) Agência das Águas.

Em relação ao consumo humano, a portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece os critérios de qualidade da água, o procedimento de controle e outras providências. No artigo nº 4, capítulo II, são utilizadas as definições de água potável como “água para consumo humano cujas variáveis microbiológicas, físicas, químicas e radioativas atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”, e de controle da qualidade da água para o consumo humano como o

[...] conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição. (BRASIL, 2004).

O Ministério da Saúde tem um grande interesse na qualidade das águas fornecidas para o consumo humano, pois, se esse recurso estiver com a qualidade conforme o padrão estabelecido, os casos de doenças que são transmitidas através da água podem ser controlados (BRASIL, 2004).

O monitoramento das águas superficiais é realizado por órgãos estaduais vinculados ao Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e pelo Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH).

A área de estudo da presente pesquisa localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Grande, na divisa entre os Estados de Minas Gerais (na vertente direita ou norte geográfico) e São Paulo (vertente esquerda ou sul geográfico). Assim, os órgãos públicos ambientais responsáveis pelo monitoramento no âmbito estadual são o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), em Minas Gerais, e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) no Estado de São Paulo. Nesse estudo, utilizamos pontos de monitoramento de água superficial gerenciados pela Companhia Elétrica de Minas Gerais nos reservatórios fio de água de Jaguára, Igarapava e Volta Grande, Instituto Mineiro de Gestão das Águas e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

2.8 Geoprocessamento

Anteriormente, os mapas eram recursos valiosos e imprescindíveis e de uso exclusivamente militar, que apresentavam as informações detalhadas sobre um determinado espaço. Atualmente, sua utilização é difundida em diversos âmbitos, sendo eles utilizados com diversas finalidades, mas com o objetivo de localização espacial de um objeto de análise.

Conforme Couto (2009), as inovações tecnológicas durante a segunda metade do século XX, mais precisamente o desenvolvimento da informática juntamente com os conhecimentos matemáticos e estatísticos, fizeram com que estudos que anteriormente elaboravam somente um mapeamento simples para a localização no espaço pudessem elaborar e desenvolver um conjunto de informações ou um banco de dados especializado em formato digital.

Ainda segundo o autor, este método denominado geoprocessamento engloba o sensoriamento remoto; o sistema de navegação por satélite e o sistema de informações geográficas, entre outros métodos de aquisição de dados, processamento e desenvolvimento de banco de dados digitais georreferenciados.

Para Silva citado em Silva e Zaidan (2010, p.19), o geoprocessamento é definido como “uma tecnologia que engloba um conjunto de conceitos, métodos e técnicas em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana”. Os autores destacam que a tecnologia tornou possível pesquisar e analisar diversos fenômenos ou interações espaciais em uma área que possua base de dados georreferenciadas, fornecendo suporte no resultado final da pesquisa e nas decisões cabíveis (SILVA; ZAIDAN, 2010, p.20).

Diversos conhecimentos científicos utilizam-se do geoprocessamento como ferramenta de localização espacial da área de estudo para processar os resultados obtidos e até mesmo gerar prognósticos para situações futuras. São várias as linhas de pesquisas que utilizam o geoprocessamento no auxílio das pesquisas. Podemos citar o trabalho desenvolvido por Moura e Silva (2010), que utilizaram o geoprocessamento para caracterização e planejamento urbano no município de Ouro Preto, tendo como objetivo a análise urbana através da utilização de um banco de dados georreferenciado, métodos de análise espacial e pesquisa acerca da legislação vigente. Foi importante a aplicação do geoprocessamento nesse estudo

devido ao resultado final, que apresentou um mapeamento que poderá auxiliar nos resultados e ajudar um público leigo a entender os mesmos.

Os estudos de Pires, Santos e Del Prette (2002, p.19) abordaram a importância da utilização do sistema de informações geográficas nos estudos de bacias hidrográficas, já que o método armazena uma diversidade considerável de informações georreferenciadas e, por meio dessas informações, pode-se obter uma diversidade de resultados de acordo com o objeto de estudo. A utilização da tecnologia do geoprocessamento em estudos de qualidade da água foi utilizada nos estudos de Sabino e outros (2008), Chernetskiy e outros (2008), Wang e outros (2007).

Outra ferramenta importante englobada no geoprocessamento, que auxilia nos estudos ambientais, é o sensoriamento remoto, podendo ser conceituado como uma

[...] tecnologia de aquisição, a distância, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas e orbitais (satélites). O sensor capta a energia (radiação eletromagnética) refletida ou emitida pela superfície em diferentes comprimentos de onda ou frequência. (FLORENZANO, 2008, p.31).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta bastante eficaz para auxiliar estudos ambientais. Sausen (2012) ressalta que a utilização de imagens de satélite é um recurso que possibilita ao pesquisador identificar e caracterizar uma área de acordo com uma escala desejada, podendo-se, assim, observar as mudanças da paisagem ao longo do tempo com a aquisição de imagens de períodos anteriores. Esse recurso ajuda o pesquisador a identificar tendências e a caracterizar uma área, mas o trabalho de campo torna-se indispensável para a validação dos dados.

Em relação aos estudos relacionados à qualidade da água utilizando-se a ferramenta do sensoriamento remoto, podemos citar Watanabe e outros (2010), que utilizam o sensoriamento remoto para avaliar o comportamento espectral da água, correlacionado com as variáveis que avaliam a qualidade da água e Galo e outros (2002), que utilizam as técnicas do sensoriamento remoto para monitorar a dispersão de macrófitas em reservatórios.

Neste trabalho, tomou-se como referência a delimitação conceitual da legislação nos âmbitos federal e estadual para a compreensão dos meios de proteção dos recursos hídricos, a abordagem acerca da ciência limnológica que

estuda as águas continentais, a delimitação espacial da área que compreende nos conceitos da bacia hidrográfica e sobre o objeto de estudo deste trabalho e a qualidade da água.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os procedimentos e métodos adotados durante a fase de elaboração do trabalho, que consistiu na revisão de literatura, organização do banco de dados, elaboração cartográfica e análise dos dados.

A primeira etapa para a elaboração do estudo ocorreu a partir do projeto GTW 399-WMA03-05 assinado através da parceria entre a Companhia Energética de Minas Gerais e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais intitulado “*PA – Desenvolvimento de índices georreferenciados da qualidade das águas e estudo das características socioambientais da região de reservatórios em cascata: Volta Grande e Jaguára*”. Como parte do projeto neste trabalho, além da realização de pesquisas documentais e bibliográficas, foram realizadas análises de relatórios anuais de limnologia da Cemig, trabalhos acadêmicos e de pesquisas realizados com o apoio da empresa; na biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e pesquisas na Internet.

Foram realizadas consultas em fontes bibliográficas relacionadas às represas e reservatórios, à qualidade da água, à limnologia, à análise multivariada e ao geoprocessamento. Também foram consultados os estudos relacionados às bacias hidrográficas, à evolução da legislação de proteção aos recursos hídricos e ao monitoramento constante dos órgãos ambientais dos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

A utilização da cartografia digital para a pesquisa foi essencial para a localização espacial da área de estudo no contexto geográfico. Essa técnica foi utilizada para localizar no espaço os pontos de monitoramento das águas utilizados na pesquisa, juntamente com o local das usinas e reservatórios.

As bases cartográficas digitais utilizadas no trabalho foram disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contendo os limites e sedes municipais, estaduais, de mesorregiões e acessos rodoviários; as bases de Região hidrográfica nacional e bacias hidrográficas federais foram fornecidas pela Agência Nacional das Águas (ANA); pelo IGAM e CETESB foram disponibilizadas as sub-bacias do Rio Grande.

As informações acerca dos pontos de monitoramento da área de estudo foram disponibilizadas pelo IGAM e CETESB através de relatórios anuais das águas

superficiais e pela Cemig, por meio dos relatórios de limnologia dos respectivos reservatórios; a localização das usinas hidrelétricas foram disponibilizadas pela Agência Nacional das Águas juntamente com a Agência Nacional de Energia Elétrica. As informações da bacia de drenagem foram obtidas por meio das imagens SRTM e do método de delimitação automática de bacias hidrográficas, tomando como referência o trabalho de Guimarães (2010), porém com correções de acordo com a hidrografia utilizada no trabalho e disponibilizada pelo Geominas. A base hidrográfica foi atualizada e conferida pelas cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são elas: SF-23-V-A-II-1, Rifaina, 1:50.000; SE-23-Y-C-V, Sacramento, 1:100.000; SE-23-Y-C-IV, Uberaba, 1:100.000; SE-22-Z-D-VI, Verissimo, 1:100.000; SF-22-X-B-III-2, Miguelópolis, 1:50.000; SF-22-X-B-III-2, Igarapava, 1:50.000; SF-23-V-A-II-3, Pedregulho, 1:50.000; SF-23-V-A-I-4, Jeriquara, 1:50.000; SF-23-V-A-I-2, Buritizal, 1:50.000; SF-23-V-A-I-3, Ituverava, 1:50.000

A delimitação da área de estudo do trabalho foi elaborada de acordo com a rede hidrográfica existente nos reservatórios Fio de água de Jaguára, Igarapava e Volta Grande, tomando como referência os limites das bacias hidrográficas inseridas nesse espaço. O limite da área foi elaborado através da utilização de imagens ASTER – GDEM, nas coordenadas geográficas $19^{\circ}52'2,439''$ e $20^{\circ}32'13,07''$ de latitude Sul e $46^{\circ}48'49,716''$ e $48^{\circ}33'39,597''$ de longitude Oeste; extração da hidrografia através da imagem de satélite SRTM utilizando-se a metodologia de Guimarães (2010). Através do uso da imagem ASTER e da hidrografia extraída da imagem SRTM, delimitou-se a área de estudo de acordo com os divisores hidrográficos inseridos. Em relação ao Rio Grande, optou-se por demarcar o leste da área a montante do reservatório da usina de Jaguará e o limite oeste à jusante próxima à usina hidrelétrica de Volta Grande.

A caracterização da área de estudo foi definida sob os seguintes segmentos: o socioeconômico, caracterizado pela cartografia digital elaborada juntamente com os dados do censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2010, relacionando a localização dos municípios, acessos rodoviários e características socioeconômicas como número de habitantes, população urbana e rural, área total do município em quilômetros quadrados e produto interno bruto *per capita*. Em relação aos aspectos naturais da área de estudo, foram pesquisadas as informações por meio de bases cartográficas digitais;

o relevo e o bioma foram disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a geologia pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

A coleta dos dados de análise da água foi realizada pela Companhia Energética de Minas Gerais, por meio do sistema de gerenciamento de banco de dados da empresa denominado “SISAGUA”. Estas informações foram complementadas pelos dados existentes, fornecidos pelos relatórios de limnologia da Cemig, no período de 2006 a 2012, e os dados do IGAM e CETESB de 2006 a 2010. As informações climatológicas foram obtidas utilizando-se o banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação manual de Uberaba, no Estado de Minas Gerais.

A nomenclatura dos pontos de monitoramento foi denominada da seguinte maneira: A Cemig utilizou nas letras a abreviação dos pontos de coletas referentes a cada usina e os números foram relacionados ao identificador do ponto. O Igam utiliza a nomenclatura “BG” que significa “Baixo Grande”, sub-bacia que se insere no Estado de Minas Gerais e o número é o identificador do ponto no baixo grande. O Cetesb utiliza a nomenclatura do curso de água inserido e o código de controle que o identifica.

A unificação dos dados foi realizada por meio do *software* “Excel”, com as seguintes informações: o identificador do ponto, a nomenclatura do ponto de monitoramento, as datas de coleta da água – dia, mês e ano. Também foram utilizados, por meio das referidas fontes de dados, as seguintes variáveis físicas e químicas: demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Os dados climatológicos utilizados foram: velocidade do vento, direção do vento, nebulosidade, temperatura máxima e mínima da atmosfera e precipitação pluviométrica. A estrutura do banco de dados totaliza 21 colunas e 210 linhas.

O tratamento estatístico dos dados foi executado através do *software* livre “R” através dos seguintes procedimentos: análise do banco de dados para a eliminação das variáveis perdidas. Na nova formatação, foram realizadas: a estatística descritiva para comprovar se as variáveis eram significativas; a correlação robusta dessas variáveis; as análises das componentes principais, das variáveis significativas e a análise final dos gráficos elaborados pelo *software* através dos resultados obtidos.

A análise foi elaborada em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizado o estudo das amostras univariadas, de 2010, o qual foi utilizado como modelo para a análise dos demais anos. No resultado, o mesmo apresentou a descrição das variáveis que não obtiveram inconformidades de acordo com a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais nº 01 de 2008 e, as variáveis que obtiveram desconformidade, foram elaborados gráficos e mapas para espacializar os resultados mais significativos. Na segunda etapa dos resultados da pesquisa, foi realizado o estudo das amostras utilizando-se estatística multivariada de todos os anos. A comparação dos resultados mostra a correlação dos dados e a espacialização dos mesmos na área de estudo.

Foi realizado um trabalho de campo para a confirmação dos resultados e imagens obtidas, verificando a correlação que existe entre o meio biótico e o uso e ocupação do solo.

Os procedimentos adotados na pesquisa foram importantes para a análise da qualidade da água de acordo com as variáveis utilizadas no trabalho, juntamente com a verificação e comprovação dos dados através do trabalho de campo realizado pelo projeto Cemig durante o mês de maio.

4 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização e descrição da área de estudo são importantes para que conheçamos as estruturas políticas, econômicas e naturais. Nesse estudo, torna-se necessária a caracterização com maior nível de detalhe das estruturas climáticas, do relevo e das bacias hidrográficas, por se tratar de um trabalho com enfoque no recurso hídrico.

4.1 Localização Geográfica

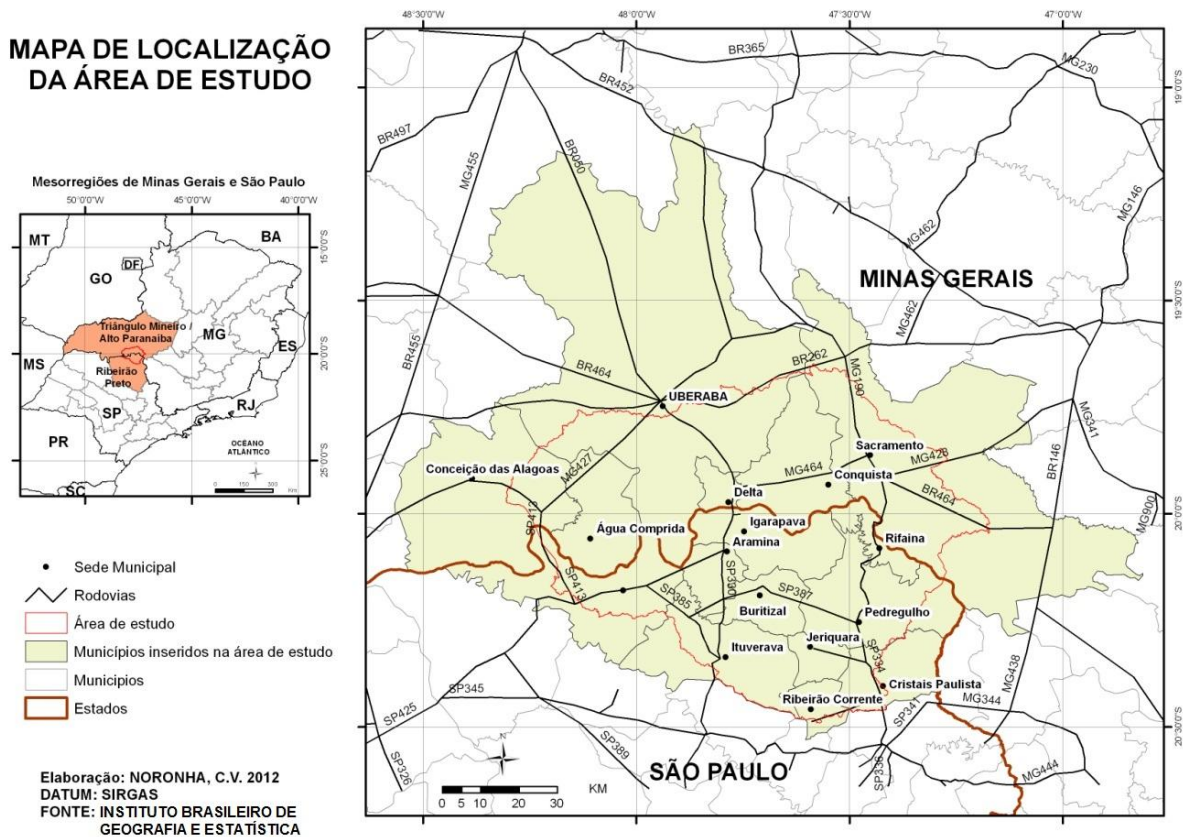
De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área de estudo está localizada no Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba, e no Estado de São Paulo, na mesorregião de Ribeirão Preto. Em relação às microrregiões, na porção mineira (porção norte da área de estudo) encontram-se inseridas Uberaba e Araxá, enquanto na porção sul da área de estudo, na porção paulista, estão inseridas São Joaquim da Barra, Ituverava e Franca.

Os municípios contidos nessa área totalizam-se em 16, sendo 6 localizados em Minas Gerais (Sacramento, Conquista, Delta, Uberaba, Água Comprida e Conceição das Alagoas) e 10 municípios no Estado de São Paulo (Rifaina, Pedregulho, Cristais Paulistas, Ribeirão Corrente, Jeriquara, Ituverava, Buritizal, Igarapava, Aramina e Miguelópolis), sendo que, desses municípios, somente Uberaba e Conceição das Alagoas não possuem a sede municipal inserida na área de estudo (mapa 1).

A área total dos 16 municípios é de 14.165.117 Km², enquanto a área de estudo possui 6.568,94 Km², ou seja, engloba 46,37 % da soma da área total de todos os municípios.

Em relação aos acessos rodoviários (mapa 1), a área de estudo possui rodovias de acesso através da BR 262, BR 264, BR 150 (sentido Uberaba) a norte da área de estudo; MG 427 (sentido Conceição das Alagoas), SP 425 (sentido Miguelópolis) a leste e sudoeste da área; SP 330 (sentido Ituverava), SP 334 (sentido Cristais Paulistas) na porção sul e a BR 464, MG 428 (sentido Sacramento) a oeste e nordeste da área de estudo.

Mapa 1: Localização geográfica da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

A população total dos municípios, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) na área é de 490.027 habitantes, sendo Uberaba o município mais populoso, com 295.988 habitantes, representando 60,40% da população da área, enquanto o município menos populoso é o de Água Comprida, com 2.025 habitantes, representando 0,41% da população da área. A tabela 1 demonstra, também, que o total de habitantes dos municípios inseridos na área de estudo, aproximadamente 94% da população, reside na área urbana, enquanto aproximadamente 6% residem na área rural. O município com a maior porcentagem de residentes na área rural é Cristais Paulista, com 27,15% da população. Já o município de Uberaba possui 97,77% da população na área urbana e 2,23% da área rural.

Em relação aos aspectos econômicos, o total do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* dos municípios da área de estudo, de acordo com o censo demográfico de 2010, é de R\$ 3.040.067,77, sendo o maior PIB o do município de Água Comprida, com R\$ 27.801,22, representando 9,14% do montante da área, e o menor

PIB é do do município de Rifaina, com R\$ 8.367,82, representando 2,75% do montante total.

Tabela 1: Dados socioeconômicos da área de estudo

Dados socioeconomicos da área de estudo							
Municípios	População residente	População residente urbana	% da População residente urbana	População residente rural	% da População rural	Área da unidade territorial (Km ²)	PIB per capita (R\$)
Agua Comprida	2025	1520	75,06	505	24,94	491.045	27801,22
Aramina	5152	4816	93,48	336	6,52	202.887	13583,57
Buritizal	4053	3306	81,57	747	18,43	266.420	29688,64
Conceição das Alagoas	23043	20880	90,61	2163	9,39	1.340.250	20449,13
Conquista	6526	5671	86,90	855	13,10	618.363	14356,75
Cristais Paulista	7588	5528	72,85	2060	27,15	385.230	18735,81
Delta	8089	7584	93,76	505	6,24	102.840	28890,76
Iguarapava	27952	26362	94,31	1590	5,69	468.246	17416,25
Ituverava	38695	36430	94,15	2265	5,85	705.236	10925,83
Jeriquara	3160	2606	82,47	554	17,53	141.971	21188,97
Miguelópolis	20451	19265	94,20	1186	5,80	821.960	11028,16
Pedregulho	15700	11583	73,78	4117	26,22	712.604	14707,81
Ribeirao Corrente	4273	3397	79,50	876	20,50	148.332	20817,4
Rifaina	3436	3008	87,54	428	12,46	162.508	8367,82
Sacramento	23896	19275	80,66	4621	19,34	3.073.268	24830,6
Uberaba	295988	289376	97,77	6612	2,23	4.523.957	21279,05
TOTAL	490027	460607	94,00	29420	6,00	14.165.117	304067,77

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo de 2010

A análise dos dados socioeconômicos para verificar a atual conjuntura dos municípios na área de estudo é importante porque o desenvolvimento econômico, relacionado com o uso e com a ocupação do solo do município, está diretamente ligado à qualidade da água na área de estudo.

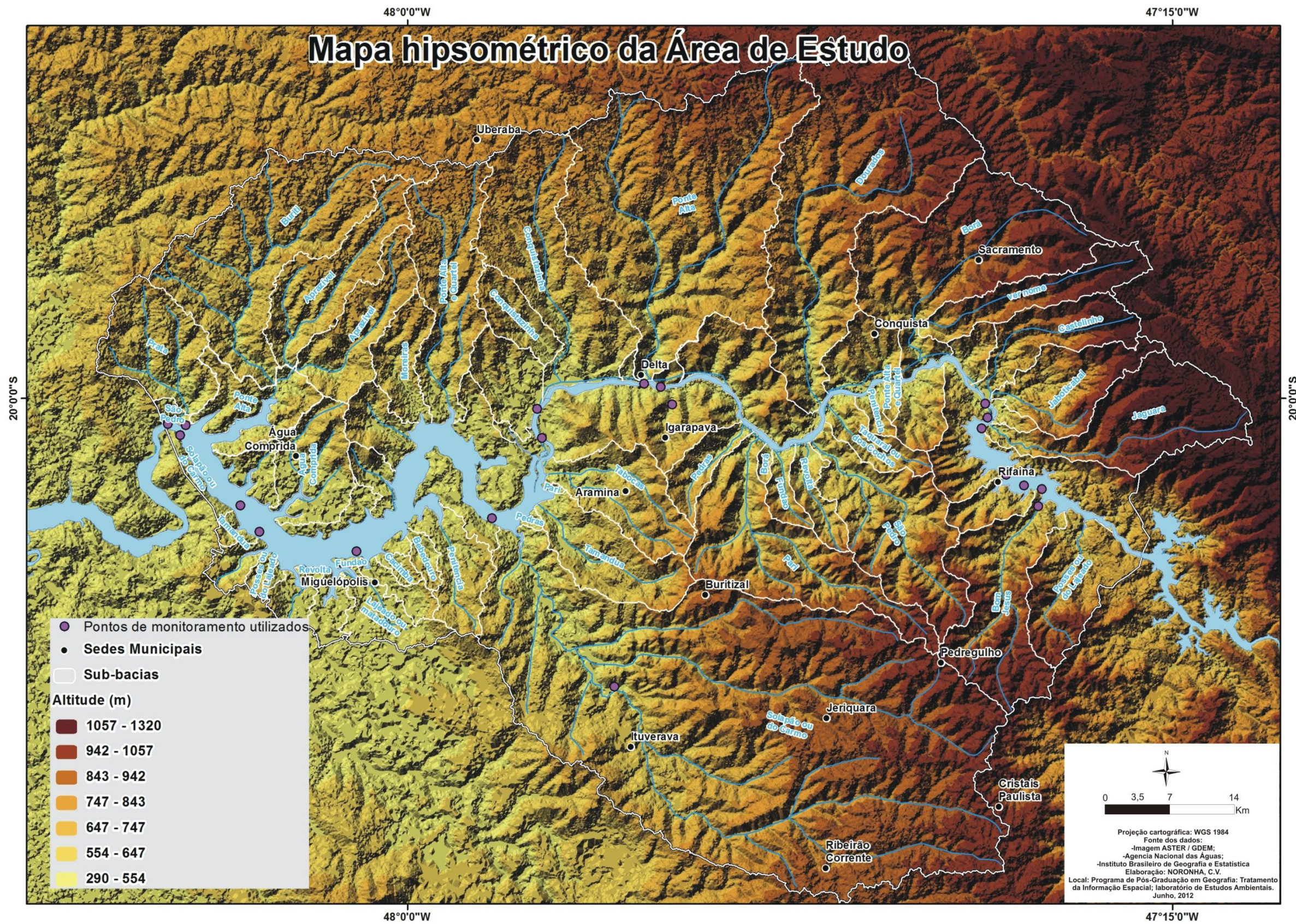
4.2 Caracterização do meio físico

Para compreensão e realização dos estudos de qualidade da água, devem-se realizar estudos referentes aos aspectos físicos da área de estudo, como o clima, a geologia, a morfologia, a vegetação e a localização (VIGIL, 2003, p.9-12). Em relação aos aspectos geológicos, na área de estudo, no Estado de Minas Gerais, predominam as unidades da Serra Geral com idade máxima de 135 milhões de anos

e Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas com idade máxima de 23 milhões de anos. No Estado de São Paulo, há predominância da formação Serra Geral, porém mais heterogêneo em relação a Minas Gerais, apresentando formações como Piramboia, depósitos aluvionares, canastra indiviso, itaqueri, botucatu, marília e coberturas detríticas indiferenciadas (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). O relevo da área de estudo divide-se em três fragmentos: o planalto da bacia do Paraná na maior porção da área de estudo; outro fragmento é o planalto centro-sul mineiro na porção leste da área e os planaltos da bacia do Paraná.

A topografia na área de estudo (mapa 2), apresenta-se com maior altitude na porção norte-nordeste próxima ao município de Sacramento, no Estado de Minas Gerais e na porção sudeste na vertente paulista do Rio do Carmo. O relevo não apresenta grande declividade na área de estudo e, devido à fertilidade do solo, torna-se uma área propícia para a agricultura.

Mapa 2 – Mapa hipsométrico da área de estudo

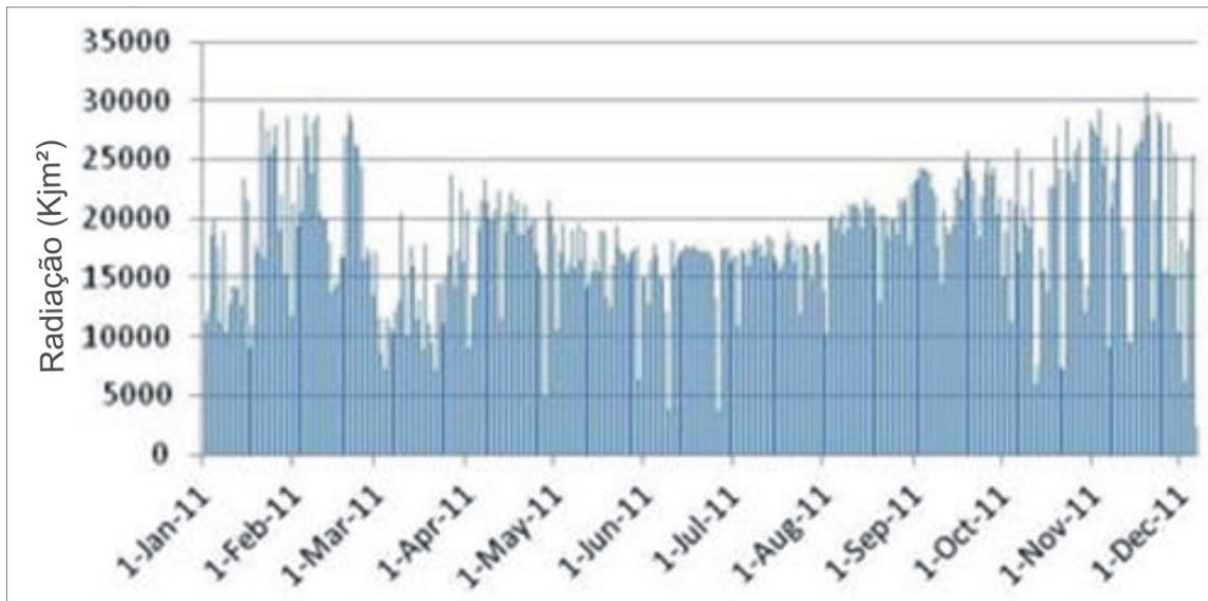


Fonte: Elaborado pelo autor

O bioma predominante da área de estudo, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o cerrado. Utilizando as informações do IBGE e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) através de informações georreferenciadas desses órgãos apresentam diferentes tipos de vegetação na área de estudo: savanas (floresta estacional) concentrando-se na porção central, norte, sudoeste e sudeste; gramíneas lenhosas na porção leste e nordeste, tendo a influência da geologia e proximidade da serra da canastra. A presença do cerrado na área de estudo foi bastante reduzida devido à pressão da atividade agropecuária, sendo o solo utilizado em grandes extensões de terra.

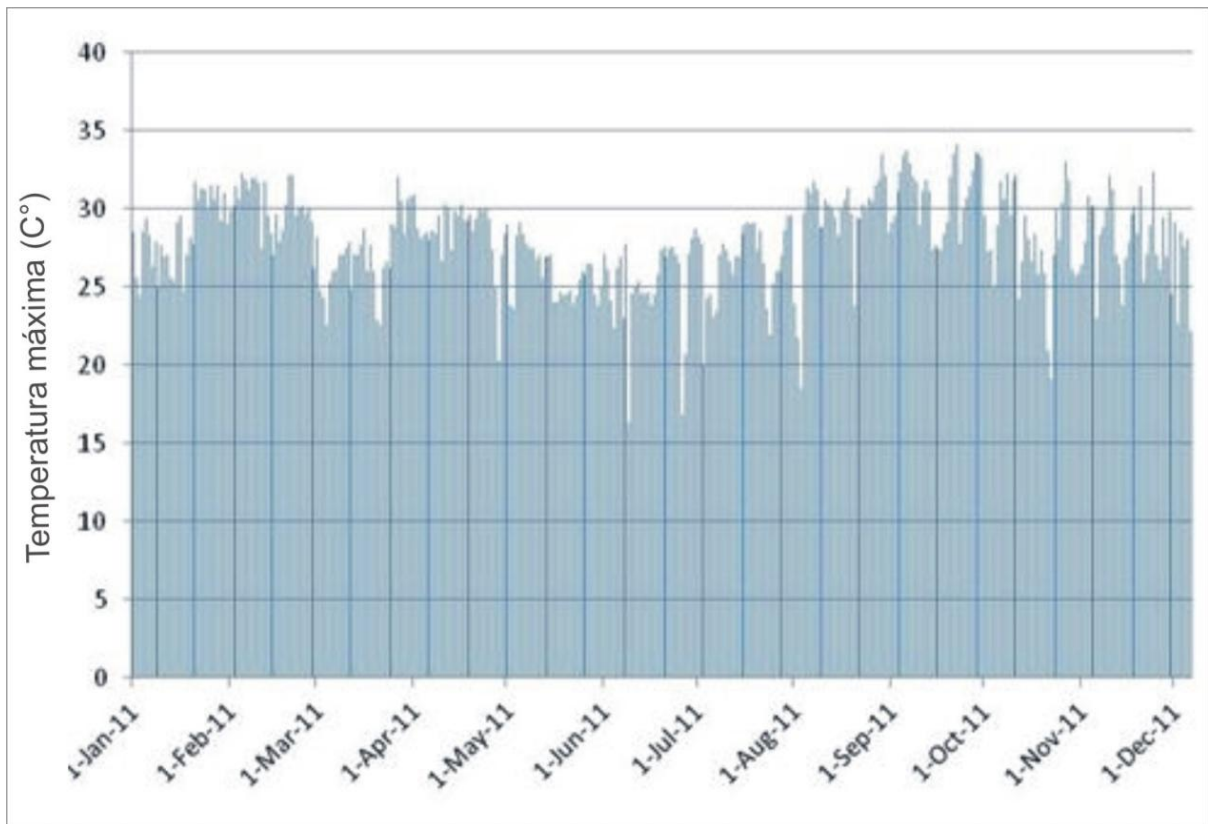
Em relação ao clima, a área de estudo enquadra-se no tropical semi-úmido, caracterizando por 4 a 5 meses secos e tendo como tipo de vegetação predominante o cerrado. Devido a importância climática para o desenvolvimento do trabalho, foram obtidos dados da estação automática de Sacramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), município localizado no Estado de Minas Gerais na porção leste / nordeste da área de estudo, obtendo-se as seguintes informações: soma total da radiação, temperatura máxima, média de velocidade do vento e precipitação, sendo os dados obtidos do ano de 2011.

A soma da radiação total no ano de 2011 possui maior incidência nos meses de janeiro à março e de novembro a dezembro, durante o verão e, nos meses de junho a agosto, apresentam pouca variação na radiação, mantendo-se constante abaixo de 20.000 Kjm² (Gráfico 1).

Gráfico 1: Radiação solar diária - 2011 (Kjm²)

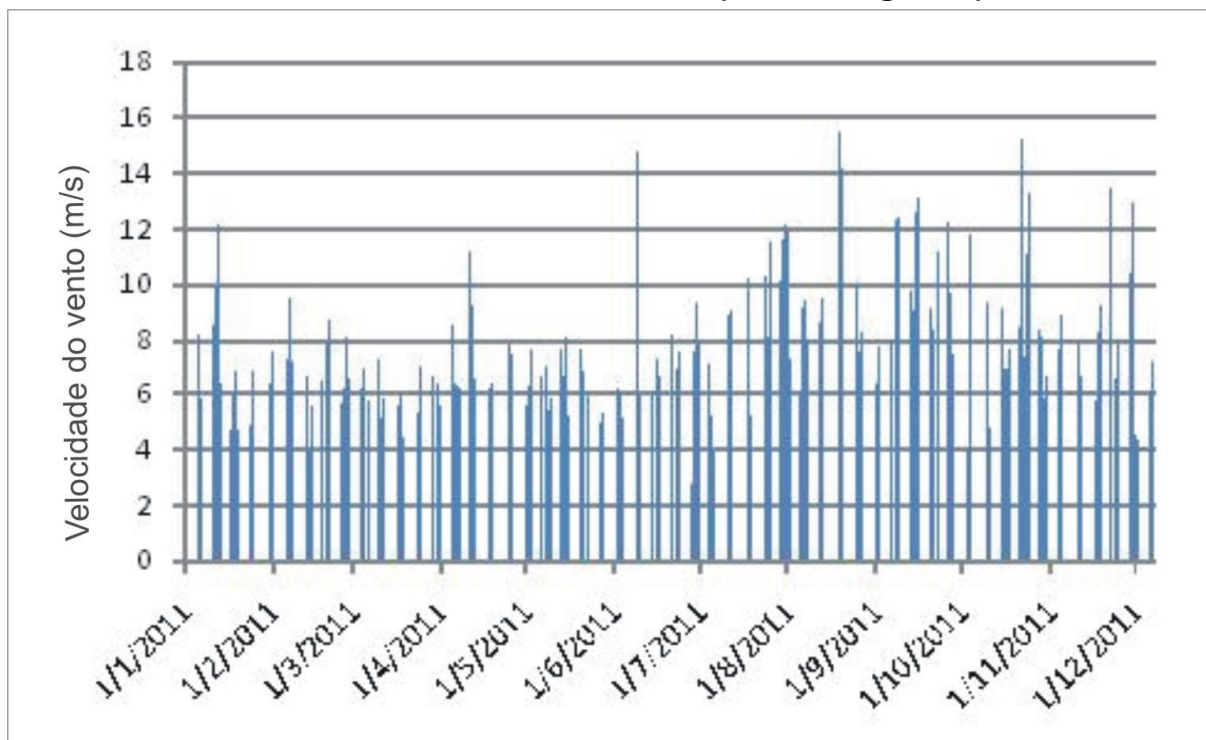
Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

A temperatura máxima durante o ano de 2011 apresentou máximas acima de 30°C durante o verão. A variação da temperatura máxima apresenta maiores mudanças durante o segundo semestre de 2011 e menores temperaturas durante o inverno, nos meses de junho a agosto (Gráfico 2).

Gráfico 2: Temperatura máxima no ano de 2011

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

A velocidade média dos ventos apresentam rajadas de velocidade nos meses de janeiro, junho, agosto e durante os meses de verão de outubro a dezembro. Apesar desses picos durante esses meses, a velocidade média não varia significativamente (gráfico 3)

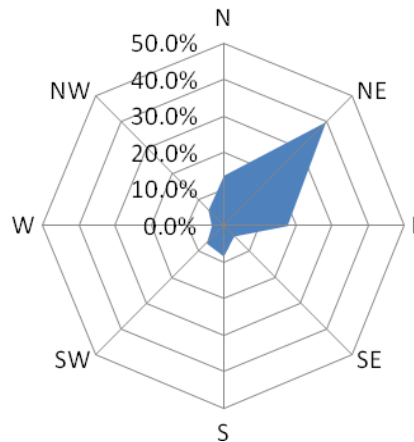
Gráfico 3: Velocidade do vento (metros/segundo)

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

A região onde estão localizados os reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande sofre influencia das massas de ar Tropical Marítima, Polar Marítima e Equatorial Continental. Todas as três massas de ar são formadas pela circulação geral da atmosfera (Reis, 1992).

A massa de ar Tropical Marítima atua em todas as estações do ano, sendo que sua influencia é maior na região nos meses de inverno. A massa Polar Marítima atua em alguns dias dos meses de outono e inverno. Esta é a massa de ar que causa queda da temperatura do ar na região. A massa de ar Equatorial Continental atua em alguns dias do verão. Sempre quando a Equatorial Continental atua na região há uma queda da pressão atmosférica na superfície e, conseqüentemente, convergência de umidade e chuvas durante vários dias seguidos.

Gráfico 4 - Rosa dos ventos - Julho/2011

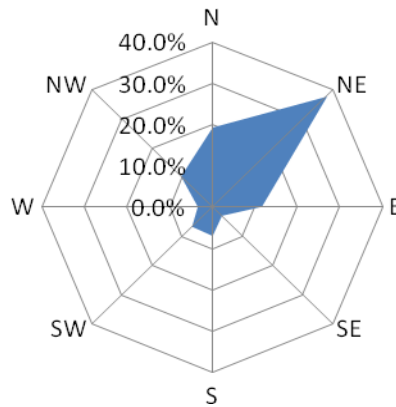


Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

O gráfico 4 mostra a direção dos ventos referente ao mês de julho de 2011. Pode-se observar nesse gráfico que as duas direções predominantes são de NE, 40%, e E, 18%. As duas direções predominantes estão associadas à presença da massa de ar Tropical Marítima, cujas características no inverno são de baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas. Os ventos associados a esta massa de ar são normalmente calmos pela manhã e com velocidades médias entre 10 a 15 km/h a tarde.

O somatório das direções predominantes de sul e sudeste é de 12%. Ventos nessas direções estão normalmente relacionados à massa de ar Polar Marítima, que, ao se aproximar, causa elevação na direção dos ventos e, logo após a passagem do sistema frontal, queda acentuada da temperatura e estratificação nos lagos (MORAIS et al, 2010).

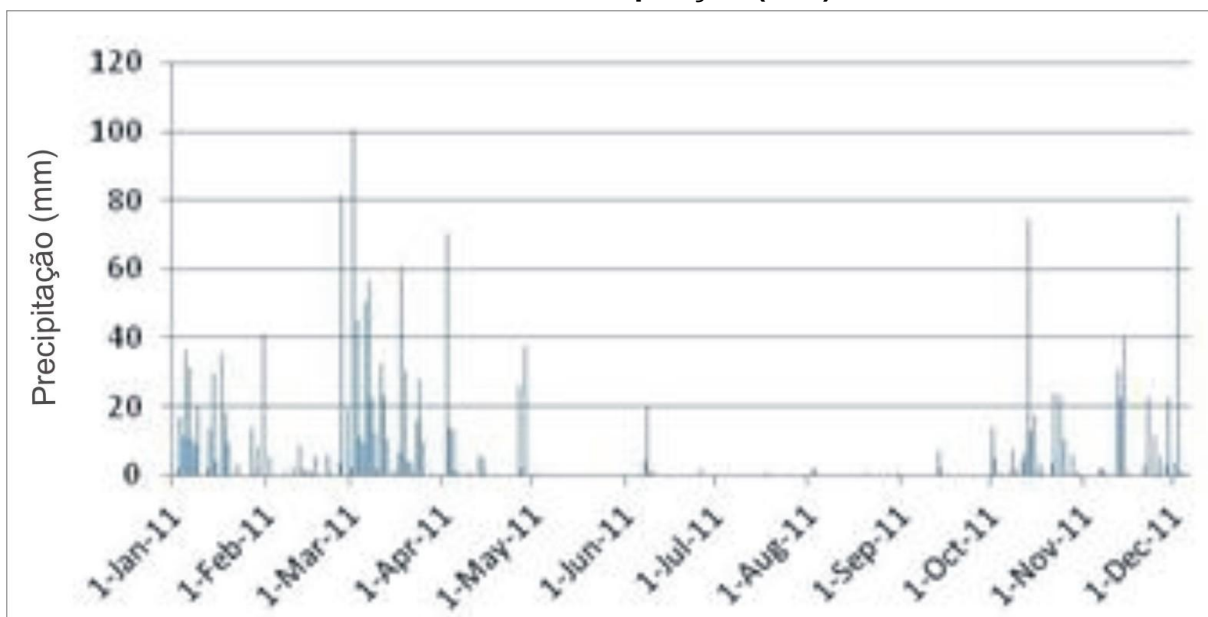
O gráfico 5 mostra a rosa dos ventos referente ao mês de dezembro de 2011. No início de dezembro, a massa de ar Tropical Marítima estava atuando na região do Triângulo Mineiro, entretanto, depois do dia 10, a massa de ar Equatorial Continental começou a predominar e organizou fortes chuvas na região. Os ventos predominantes em dezembro formam-se de nordeste, 38%, e de norte, 19%. A presença dos ventos de norte é uma das características da atuação da massa de ar Equatorial Continental. Apesar da ocorrência de chuvas, essa massa de ar não causa estratificação nos lagos.

Gráfico 5: Rosa dos ventos - Dezembro/2011

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

Portanto, os meses em que as condições meteorológicas são mais favoráveis à estratificação dos lagos na região do Triângulo Mineiro são os de outono e inverno, nos quais se tem maiores variações diárias de um dia para o outro da velocidade do vento e da temperatura do ar.

A concentração de chuvas durante o ano de 2011 foi maior no mês de março, tendo picos nos meses de abril, outubro e dezembro. Podemos constatar, através da análise do gráfico 6, que os meses de período seco são os de junho a outubro.

Gráfico 6 - Precipitação (mm)

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

4.3 Caracterização Hidrográfica

A área de estudo está localizada na Região Hidrográfica do Paraná (mapa 3), que possui uma área de 879.860 km², na qual se inserem em oito Estados da federação: Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Paraná e Santa Catarina, sendo a região hidrográfica com o maior desenvolvimento econômico no país (BRASIL, 2012). A região é dividida em oito porções denominadas sub-bacias, entre elas localiza-se a bacia do Rio Grande (mapa 4), em que se insere a área de estudo.

Mapa 3: Sub-bacias da região hidrográfica do Paraná

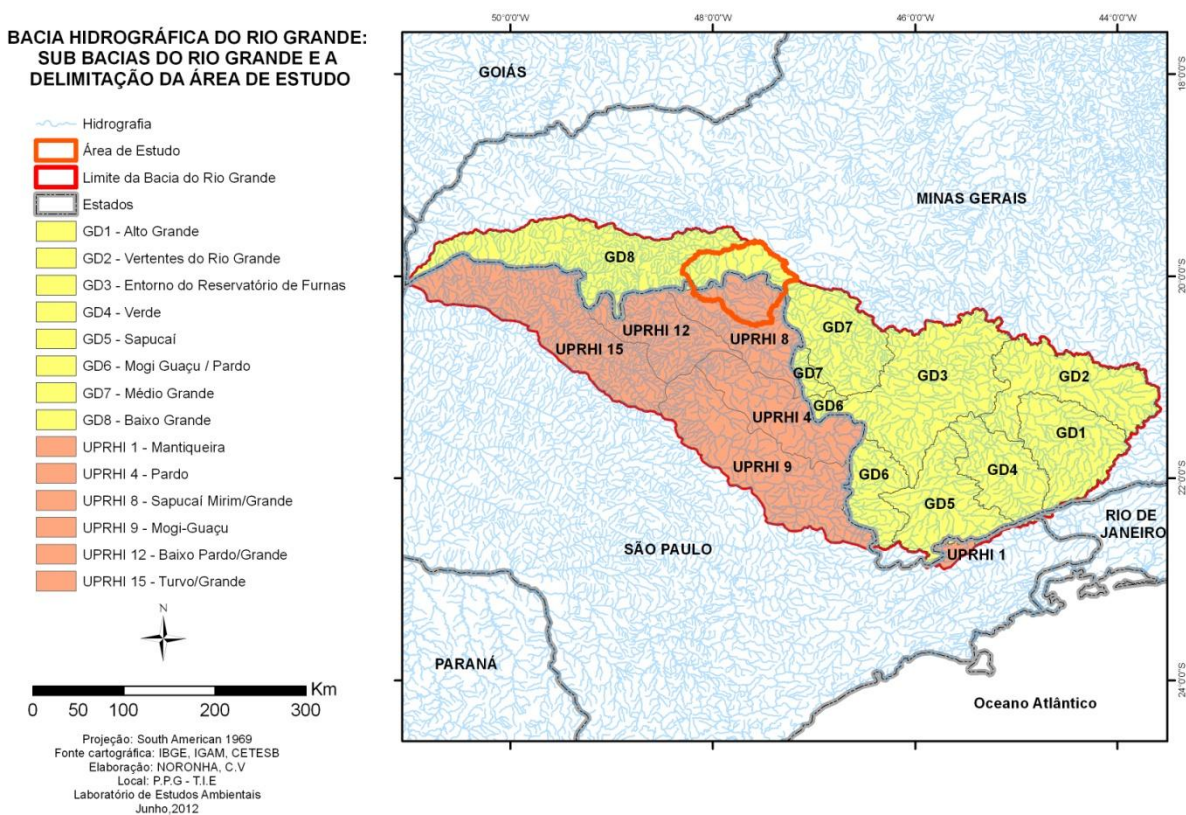


Fonte: Elaborado pelo autor

A Bacia federal do Rio Grande, cuja nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, no Estado de Minas Gerais, abrange cerca de 143.000 km² de área e 393 municípios inseridos na bacia nos Estados de Minas Gerais e São Paulo (COMITÊ DE BACIA HIDROGRAFICA RIO GRANDE, 2012). Em relação às

subdivisões estaduais da Bacia federal, o Estado de Minas Gerais divide, em seu território, a bacia em oito sub-bacias, a saber: Alto Rio Grande, Rio das Mortes e Jacaré, Bacia do entorno do reservatório de Furnas, Rio Verde, Rio Sapucaí, Rios Mogi-Guaçu e Pardo, Médio Rio Grande e Baixo Rio Grande. No Estado de São Paulo, a bacia é dividida em 6 sub-bacias: Mantiqueira, Pardo, Sapucaí / Grande, Mogi Guaçu, Baixo Pardo / Grande e Turvo / Grande (mapa 4).

Mapa 4: Bacia Hidrográfica do Rio Grande e suas subdivisões



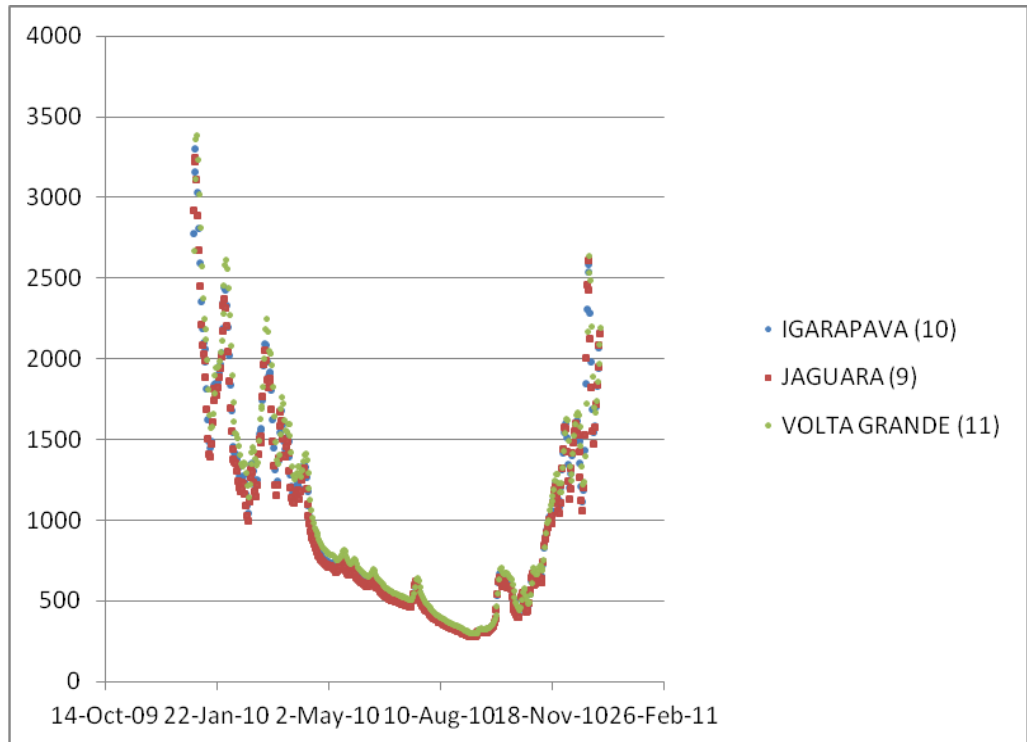
Fonte: Elaborado pelo autor

A área de estudo, no contexto do Estado de Minas Gerais, está inserida na bacia do baixo rio grande e, no Estado de São Paulo, situa-se na bacia do Sapucaí / Grande. A área de drenagem total do baixo grande é de 18.760,4 Km², sendo a maior sub-bacia em extensão do Rio Grande e, a bacia do sapucaí / grande possui 9.151,13 Km². Os principais afluentes do Rio Grande na área de estudo são: Rio do Carmo, Córrego gameleiras, Ribeirão dos dourados, entre outros (mapa 5).

Na bacia do Rio Grande, fatores como a vazão das águas e a topografia são propícios para a implantação de usinas hidrelétricas e para a construção de grandes

reservatórios de água. Através da análise do gráfico 7, podemos verificar que a vazão dos reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande são semelhantes.

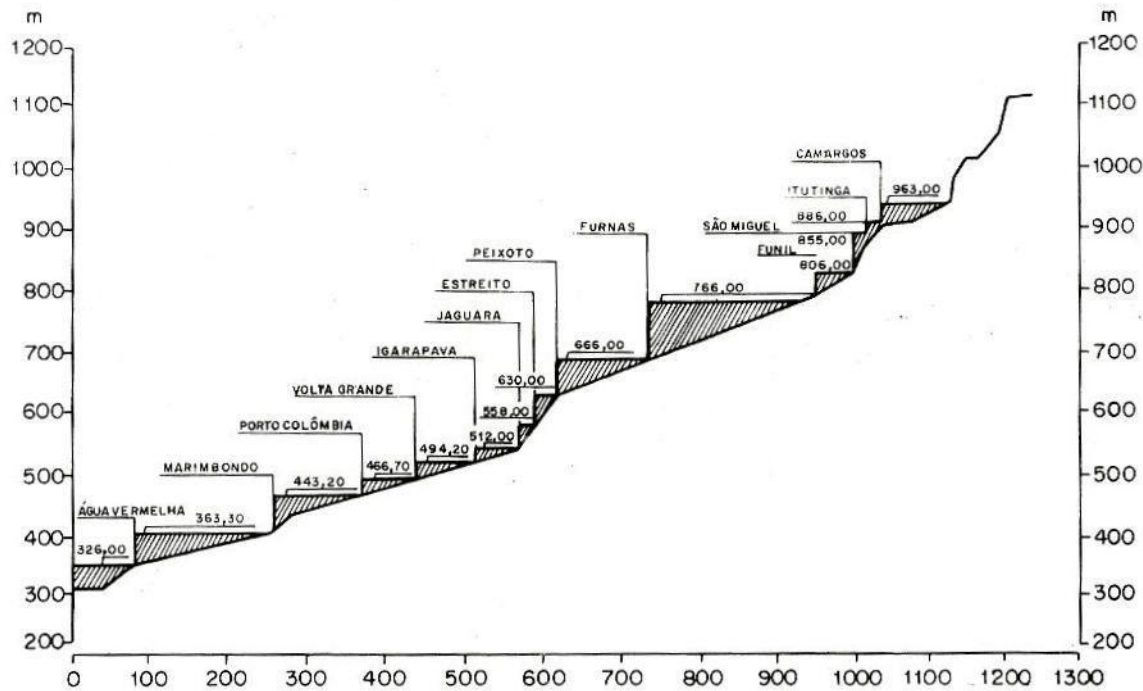
Gráfico 7: Vazão nos reservatórios de Jaguara, Igarapava e Volta Grande



Fonte: Operador Nacional de Sistema Elétrico, 2011

A figura 1, apresentada na obra de Esteves (1998, p.89), mostra a localização das usinas instaladas no Rio Grande e a altitude em que se inserem ao longo do curso do rio.

Figura 1: Usinas inseridas no Rio Grande



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais citado por ESTEVES (1998, p.89)

4.4 Caracterização das usinas hidrelétricas

As usinas hidrelétricas de Jaguará (figura 2) e Volta Grande (figura 3) foram construídas na década de 1970, enquanto a usina de Igarapava (figura 4) foi inaugurada no final da década de 1990. Em relação à localização das usinas, existe a dúvida em relação ao município que se insere devido ao rio ser um limite tanto estadual quanto municipal. O município de localização é definido onde se encontra a sua casa de máquinas, sendo a de Jaguará localizada em Rifaina no Estado de São Paulo. A usina de Igarapava insere-se no município paulista com o mesmo nome, e a usina de Volta Grande localiza-se no município de Miguelópolis, no Estado de São Paulo. A tabela 2 apresenta uma síntese de alguns dados das usinas e o mapa 5 mostra a localização das usinas no contexto de localização municipal.

Figura 2: Usina de Jaguará



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2012

Figura 3: Usina de Igarapava



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4: Usina de Volta Grande

Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2011

Tabela 2: Síntese dos dados das usinas da área de estudo

Dados das Usinas Hidrelétricas			
Usina Hidrelétrica	Jaguara	Igarapava	Volta Grande
Município	Rifaina (SP)	Igarapava (SP)	Conceição das Alagoas (MG)
Início da operação (Ano)	1971	1999	1974
Área (Km ²)	33	210	198
Cota	580	494.6	512
Vazão turbinada (m ³ /s)	802.41	900	1000
Volume útil (m ³)	110.000.000	14.610.000	221.700.000
Unidades geradoras	4	5	4
Potência (Mw)	424	210	380

Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009a.

4.5 Caracterização dos pontos de coleta

As amostras das águas analisadas na área de influência hídrica dos reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande foram coletadas no período de 2006 à 2012 pela Cemig, Cetesb e Igam. No total, existem 20 pontos de monitoramento na área de estudo, sendo uma estação controlada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, duas estações pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, dezessete pontos monitorados pela Companhia Energética de Minas Gerais; sete pontos no da usina de Volta Grande, seis pontos da usina de

Jaguára e quatro pontos da usina de Igarapava. O quadro 1 apresenta as informações gerais dos pontos de monitoramento e o mapa 5 apresenta os pontos espacializados na área de estudo. Temos que ressaltar que as informações fornecidas pela Cemig (2009c) da localização das coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento na usina de Igarapava encontra-se em “localização aproximada”, como consta no relatório da empresa.

Quadro 1: Pontos de coleta da área de estudo

(continua)

Pontos de Coleta da Área de Estudo						
Instituição	Pontos	Latitude	Longitude	Altitude (Metros)	Município	Descrição
IGAM	BG057	20° 00' 50,00"	47° 52' 52,00"	550	Uberaba	Córrego Gameleiras a montante do reservatório de Volta Grande.
CETESB	CARM 0440	20° 16' 47"	47° 47' 49"	-	Ituverava	Na ponte da Rov. Anhanguera (SP-330) alt. do Km 416.
	GRDE 02300	20° 01' 27"	48° 14' 04"	-	Miguelópolis	Ponte na rod. SP-413, no trecho que liga Miguelópolis/ Guaira a Uberaba, jusante Usina Volta Grande.
CEMIG - Volta Grande	VG 087	20°06'13,2"	48°09'48,1"	498	Conceição das Alagoas	Corpo principal do reservatório, próximo ao correço da divisa.

(continua)

Pontos de Coleta da Área de Estudo						
Instituição	Pontos	Latitude	Longitude	Altitude (Metros)	Município	Descrição
CEMIG - Volta Grande	VG 143	20°07'45,2"	48°08'42,0"	492	Conceição das Alagoas	Corpo principal do reservatório, próximo (montante) do córrego água comprida.
	VG 155	20°07'53,3"	48°12'59,3"	498	Conceição das Alagoas	Reservatório próximo à tomada d'água da piscicultura.
	VG005	20° 02' 28,5" S	47° 52' 10,8" W	493	Uberaba / Igarapava	Rio Grande, a jusante do Córrego Gameleiras
	VG011	20° 06' 57,1" S	47° 55' 04,6" W	492	Uberaba / Miguelópolis	Barra do Rio do Carmo
	VG070	20° 09' 05,0" S	48° 03' 09,6" W	492	Miguelópolis / Água Comprida	Jusante da praia de Miguelópolis, de frente a ilha
	VG 172	20° 02' 06"	48° 13' 21"	495	Miguelópolis	Rio Grande, a jusante da UHE Volta Grande (no fundo do galpão do transporte).
CEMIG - Jaguará	JG 325	20° 04' 25"	47° 24' 46"	558	Sacramento	Reservatório próximo a ponte.
	JG136	20°06'00"	47°24'46"	-	Rifaina	Corpo principal do reservatório
	JG 456	20° 01' 04,8"	47° 25' 51,4"	521	Sacramento	Reservatório próximo a tomada de água da usina.
	JG 457	20° 01' 42,6"	47° 26' 12,2"	558	Sacramento	Rio Grande a Jusante da UHE Jaguará, na rampa que desce barcos

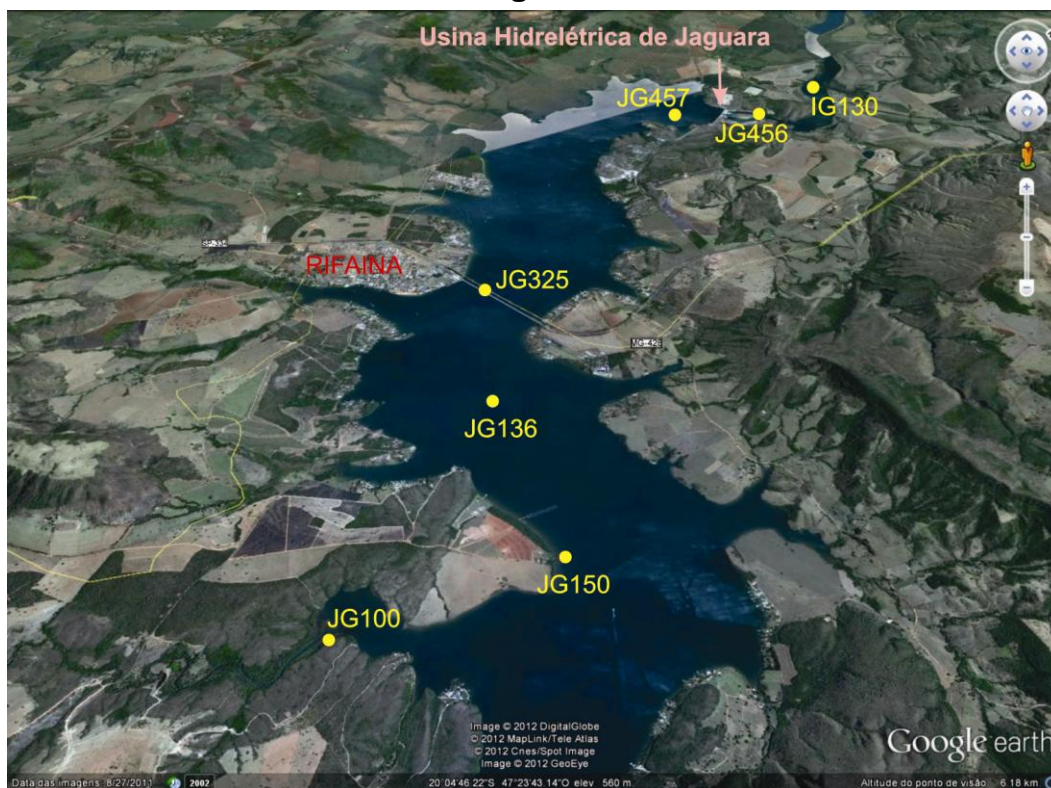
(conclusão)

Pontos de Coleta da Área de Estudo						
Instituição	Pontos	Latitude	Longitude	Altitude (Metros)	Município	Descrição
CEMIG - Jaguará	JG 100	20° 06' 20,6"	47° 25' 51,4"	642	Sacramento	Na barra do Córrego Bom Jesus, a montante do empreendimento de tanques rede.
	JG 150	20° 05' 15,0"	47° 22' 40,4"	560	Sacramento	A jusante do Córrego Bom Jesus e a jusante do empreendimento de tanques rede.
CEMIG - Igarapava	IG 110	19°59'6.81"	47°46'4.15"	-	Uberaba / Ituverava	Rio Grande, a jusante da UHE Igarapava próximo á ponte velha.
	IG 130	20° 0'15.89"	47°26'0.20"	-	Sacramento / Rifaina	Rio Grande, a jusante da UHE Jaguará , em seu canal de fuga.
	IG 140	20° 0'18.84"	47°44'27.36"	-	Igarapava	Córrego Santa Rita, fazenda Vargem Alegre.
	IG 200	19°59'13.29"	47°45'5.81"	-	Conquista / Igarapava	Reservatório de Igarapava, 500 m a montante da barragem.

Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais 2007a, 2009b, 2009c

A figura 5 apresenta a visão geral dos pontos de monitoramento da usina de Jaguará:

Figura 5: Visão geral dos pontos de monitoramento da Usina Hidrelétrica de Jaguara



Fonte: Cnes / Spot image, 2012

Em relação aos pontos de monitoramento próximos à usina hidrelétrica de Jaguára, cinco pontos de monitoramento estão inseridos a montante da usina e dois pontos a jusante da usina. Os pontos a montante são: JG100 localizado no córrego Bom Jesus (figura 7), JG 150 próximo a uma aquicultura (figura 6), JG136, no curso principal (figura 8), JG 325 localizado próximo à ponte que liga as rodovias estaduais SP334 e MG 428 na divisa estadual de São Paulo, no município de Rifaina e Minas Gerais, no município de Sacramento (figura 9) e o ponto JG457 próximo à tomada d'água da usina (figura 10). Em relação aos pontos localizados a jusante, são eles: JG 456 próximo à ponte velha (figura 9) e o ponto IG130 (figura 14) localizado a 500 metros a jusante da usina. O uso do solo próximo ao reservatório é de atividades ligadas à agropecuária (com extensas áreas de pastagens e agricultáveis), atividades ligadas ao lazer náutico, presença de chácaras nas proximidades da represa, aquicultura, entre outros.

Figura 6: Visão geral do ponto JG 150



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7: Visão próxima ao ponto JG 100



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8: Visão próxima ao ponto JG136



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2006

Figura 9: Visão próxima ao ponto JG 325



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10: Visão próxima ao ponto JG 456



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009a

Figura 11: Visão próxima ao ponto JG 457



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009a

A figura 12 apresenta uma visão geral dos pontos de monitoramento próximos a usina hidrelétrica de Igarapava:

Figura 12: Visão geral dos pontos de monitoramento próximos a Usina hidrelétrica de Igarapava



Fonte: Cnes / Spot, 2012

O monitoramento da Cemig apresenta três pontos a montante, o IG130 (figura 14) próximo ao reservatório de Jaguára. O ponto IG200 (figura 16) próximo à tomada d'água da usina e o ponto IG140 (figura 15) no córrego Santa Rita. O ponto IG110 encontra-se a jusante próxima à antiga ponte de ferro, localizada no rio grande na divisa estadual entre São Paulo e Minas Gerais (figura 17). Em relação ao uso do solo, as principais atividades são a agricultura, com o predomínio da cultura da cana-de-açúcar, presença de chácaras e sítios, indústrias de açúcar e atividades ligadas ao setor de serviços, localizados próximos aos centros urbanos. O ponto da Cetesb Carm04400 (figura 13) localiza-se próximo ao centro urbano de Ituverava no

Ribeirão do Carmo. Próximo ao ponto de monitoramento concentra-se atividades agrícolas e o centro urbano de Ituverava.

Figura 13: Visão geral do ponto CARM04400



Fonte: Cnes / Spot, 2012

A figura 18 apresenta uma visão geral dos pontos de monitoramento da usina de Volta Grande:

Figura 14: Visão próxima ao ponto IG130



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009c

Figura 15: Visão próxima ao ponto IG140



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009c

Figura 16: Visão próxima ao ponto IG200



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009c

Figura 17: Visão próxima ao ponto IG110



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009c

Figura 18 Visão geral dos pontos na represa de Volta Grande e proximidades

Fonte: Cnes / Spot, 2012

Os pontos de monitoramento da usina de Volta Grande estão localizados próximos à barragem do empreendimento, sendo seis pontos de coletas a montante, exceto o ponto VG172 (Figura 21), que é coletado a jusante. Em relação ao uso do solo na região, constatou-se, através de trabalho de campo, o grande predomínio da atividade agrícola, sendo a cana-de-açúcar uma das culturas predominantes na região. O ponto GRDE02300, de responsabilidade da CETESB, encontra-se a jusante do empreendimento. A seguir, as figuras 19 a 22 apresentam uma visão próxima aos pontos de monitoramento.

Figura 19: Visão próxima ao ponto VG143



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009B

Figura 20: Visão próxima ao ponto VG087



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009b

Figura 21: Visão próxima ao ponto VG172



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009b

Figura 22: Visão próxima ao ponto VG155



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2009b

As fotos dos pontos de monitoramento das águas inseridas foram elaboradas durante o trabalho de campo, realizado em maio de 2012, e dos relatórios limnológicos da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) das usinas de Jaguára, Igarapava e Volta Grande no ano de 2009. Em relação aos pontos de monitoramento da CETESB e do IGAM, as imagens dos pontos de monitoramento não constam nos relatórios da pesquisa bibliográfica.

A caracterização da área de estudo contribuiu para o conhecimento dos aspectos do meio físico e socioeconômico e suas relações. A localização dos pontos de monitoramento e a caracterização das atividades antrópicas próximas ao Rio Grande tornam-se necessárias para a análise da qualidade da água por influenciar diretamente no estado do recurso hídrico.

O conhecimento adquirido através do trabalho de campo foi essencial para a elaboração da pesquisa, na qual se pode observar a influência da atividade agrícola na região. Outro fenômeno preocupante que está ocorrendo no Rio Grande é a proliferação de mexilhões dourados (*limnoperma fortunei*), que é uma espécie invasora proveniente do sudeste asiático, que migrou para a região através dos cascos de embarcações. A espécie não possui predadores naturais na região e se adaptou ao ambiente e, conseqüentemente, esta se reproduzindo de maneira acelerada e está comprometendo a geração de energia nas usinas e danos materiais nas embarcações, já que, em relação à usina, a espécie prejudica a geração de energia por obstruir tubulações (PARREIRAS, 2012). Em uma visita realizada na usina de Volta Grande, em um poço próximo ao reservatório, foi observada a presença da espécie (figura 23).

Figura 23: Mexilhão dourado



Fonte: Elaborada pelo autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, o trabalho iria conter somente os dados disponibilizados pela Cemig contidos no siságua. Porém, no processo de pesquisa e coleta dos dados das amostras de água, constatou-se que não seria possível utilizar somente os dados disponíveis pela Cemig pela falta de informações de algumas variáveis. Para complementar os dados e aumentar o número de amostras por ponto de monitoramento, utilizou-se os pontos de monitoramento, dentro da área de abrangência hídrica dos reservatórios fio de água, do IGAM, da CETESB e da usina de Igarapava, sendo essa última pertencente a um consórcio no qual a Cemig está inserida.

Após o tratamento e a limpeza dos dados, obtivemos uma amostra de 209 coletas entre os anos de 2006 e 2012 em 20 pontos de monitoramento já apresentados. No presente trabalho, optou-se por fazer a análise univariada do banco de dados para o ano de 2010 como representação de um modelo, e a análise multivariada robusta representando todas as coletas dos pontos de monitoramento de 2006 a 2012.

A classificação dos corpos de água na área de estudo, em referência à lei nº 9.344/97, de acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e a Companhia Energética de Minas Gerais, encontra-se inserida na classe 2. De acordo com a legislação ambiental utilizada, a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental (COPAM), do Estado de Minas Gerais, nº01/2008, os limites das variáveis físicas e químicas utilizadas são:

Quadro 2: Limites estabelecidos pela legislação DN COPAM 01/2008

Limites previstos na legislação DN 01/08 para corpos de água classe 2		
Variáveis	Limite da legislação	Unidades
Demanda Bioquímica de Oxigênio	5	mg/L
Fósforo	0,1	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	3,7 p/ pH ≤ 7,5 2,0 p/ 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 p/ 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 p/ pH > 8,5	mg/L
Nitrogenio Total	2,18	mg/L
Oxigênio Dissolvido	5	mg/L
pH	6 a 9	mg/L
Sólidos Totais Dissolvidos	500	mg/L
Turbidez	100	uT

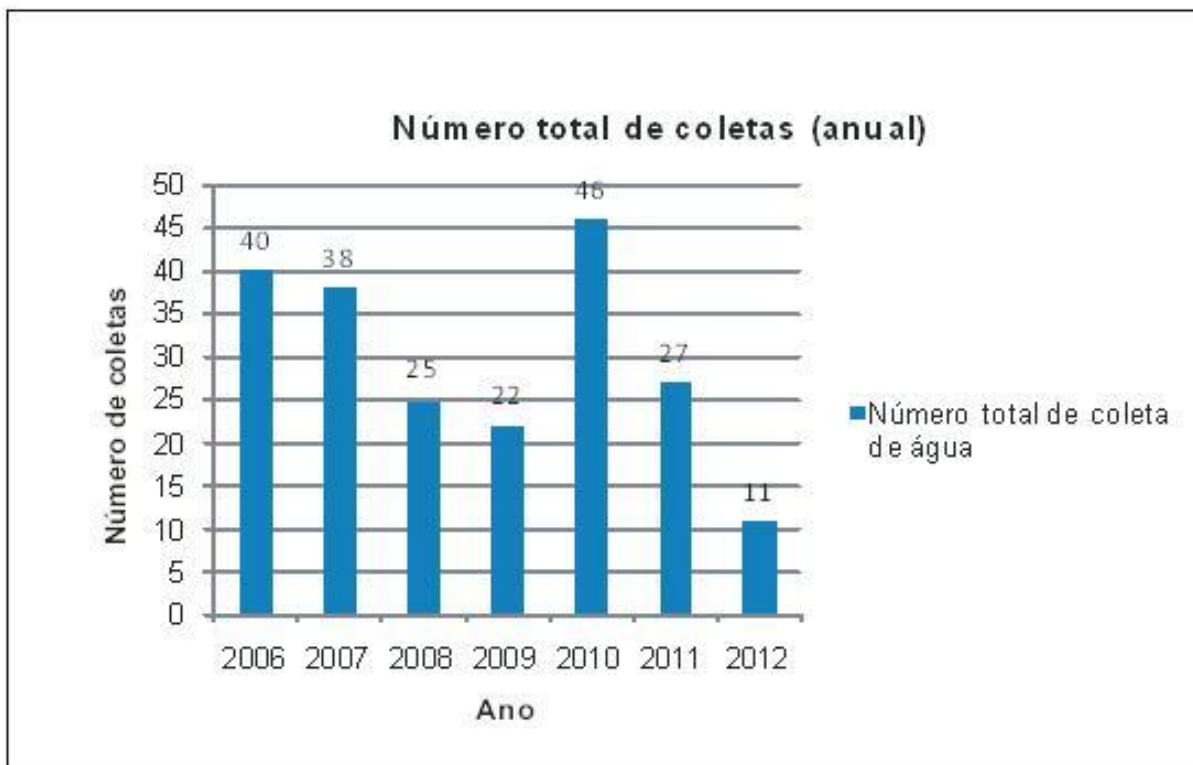
Fonte: MINAS GERAIS, 2008b

Optou-se, de acordo com as metodologias utilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, pela utilização de um método semelhante ao adotado pelo órgão do Estado de São Paulo, devido a não utilização, nesse trabalho, de um período intermediário adotado pelo órgão do Estado de Minas Gerais. A alteração no método de classificação adotado ocorreu no acréscimo dos meses de março, abril e outubro como período chuvoso, como referência ao trabalho de Guimarães, Reis e Landau (2010). Sendo assim, ficaram definidos como período seco os seguintes meses: maio, junho, julho, agosto e setembro. Os meses de período chuvoso são janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro.

A partir dessa definição, os resultados foram analisados através da elaboração de mapas e gráficos que apresentaram a situação de cada variável de acordo com a legislação utilizada, e comparando-as nos períodos seco e chuvoso.

5.1 Análise univariada dos dados de 2010

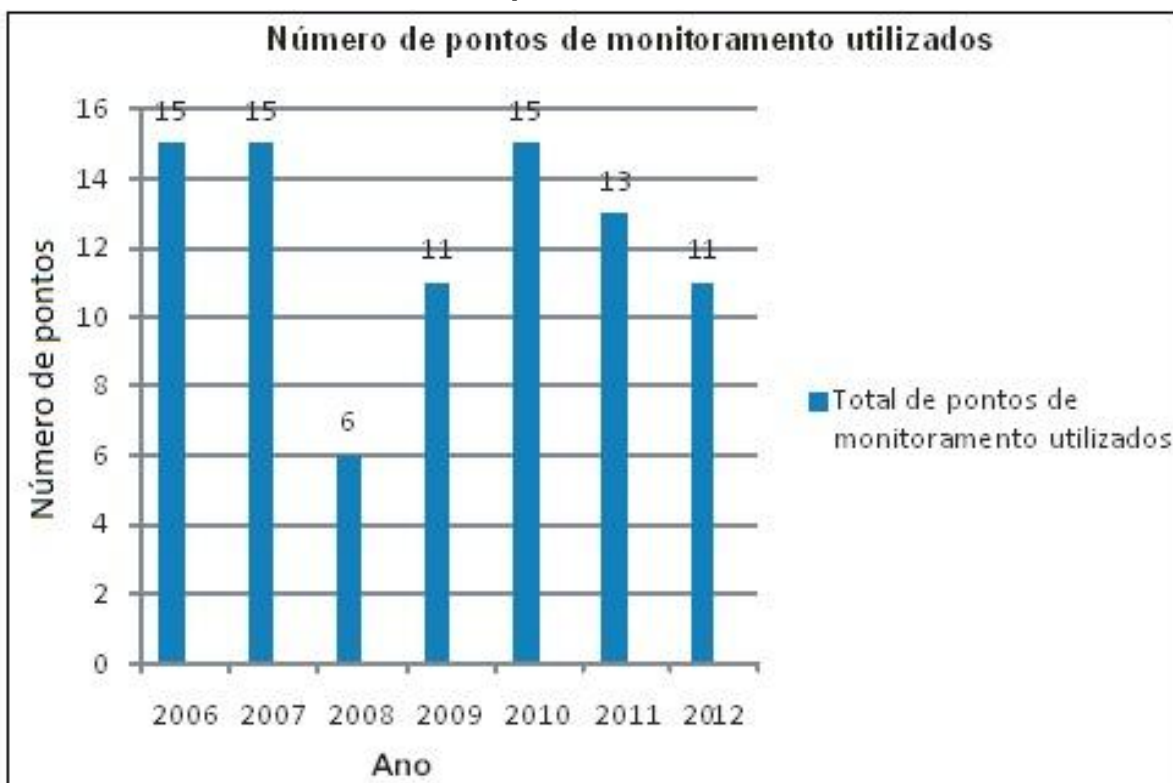
O banco de dados da pesquisa possui 209 coletas nos 20 pontos de monitoramento utilizados nos anos de 2006 a 2012. O gráfico 8 apresenta os dados referentes ao número de coletas por ano.

Gráfico 8: Número de coletas anuais nos pontos de monitoramento

Fonte: dados do trabalho

A análise do gráfico anterior mostra que os períodos anteriores que tiveram maior número de coletas foi o ano de 2010 com 46 amostras e o ano de 2006 com 40 amostras. As menores frequências de coleta ocorreram nos anos de 2012, obtendo-se 11 amostras, sendo utilizados apenas os dados do período chuvoso de alguns pontos localizados nos reservatórios de Jaguára e Volta Grande, e no ano de 2009 com 22 coletas em toda a área de estudo.

Em relação aos pontos de monitoramento das coletas, o gráfico 9 apresenta o número, em relação a cada órgão, dos pontos pesquisados.

Gráfico 9: Número de pontos de monitoramentos anual

Fonte: dados do trabalho

O gráfico mostra que nos anos de 2006, 2007 e 2010 foram utilizados mais pontos de monitoramento, totalizando 15. O ano de 2008 apresentou o menor número de pontos coletados, somando 6 pontos de monitoramento. Através das informações dos gráficos 9 e 10 optou-se por analisar os dados do ano de 2010 como modelo em relação aos outros dados da pesquisa, pelo número de dados e os pontos de monitoramento representados nesse ano.

A análise das variáveis físicas e químicas das águas no ano de 2010 foi feita em 15 pontos de monitoramento no período seco e em 13 pontos no período chuvoso. As variáveis físicas e químicas da água utilizados foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Os pontos de monitoramento em que fizeram coleta e análise da água são: BG057 (IGAM), CARM04400 (CETESB), GRDE02300 (CETESB), IG110 (CEMIG), IG130 (CEMIG), IG140 (CEMIG), IG200 (CEMIG), JG 150 (CEMIG), JG457 (CEMIG), VG005 (CEMIG), VG011 (CEMIG), VG070 (CEMIG), VG143 (CEMIG), VG155 (CEMIG) E VG172(CEMIG). Os resultados analisados no ano de 2010 apresentaram as

seguintes características: as variáveis turbidez, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total estavam enquadrados dentro da exigência da legislação.

Em relação as outras variáveis, os que apresentaram desconformidades em relação a legislação foram:

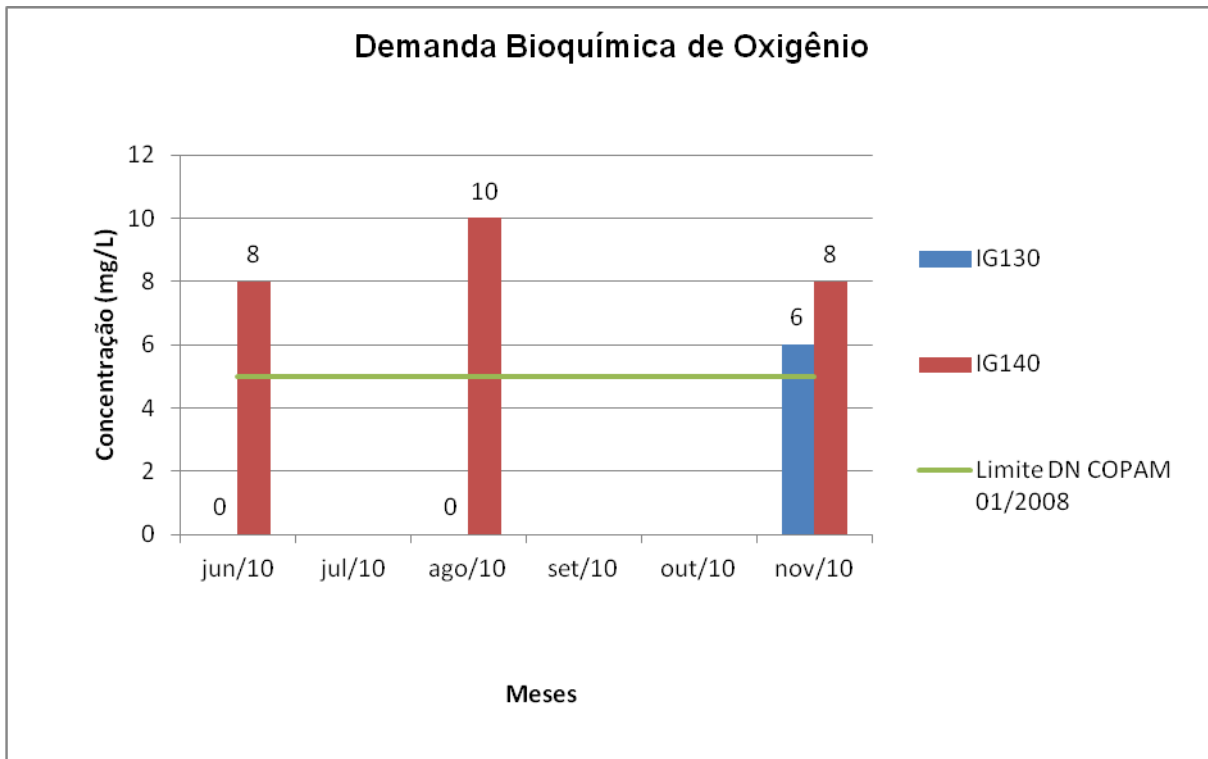
5.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A desconformidade dessa variável foi apontada em 4 coletas no ano de 2010 e, em todas elas, em pontos de monitoramento de responsabilidade da Cemig, mais precisamente da usina hidrelétrica de Igarapava, são eles: IG130 e IG140.

O ponto IG130 localizado próximo à usina de Jaguára, apresentou desconformidade na coleta do mês de novembro. Em relação a essa data, houve uma alta concentração de chuvas no dia anterior, marcando 82,8 milímetros, mas, durante a coleta, o céu estava claro na região, com ventos de origem da direção nordeste e uma velocidade média de 5,1 metros por segundo no dia anterior, mostrando considerável velocidade do vento, com temperatura máxima de 25,9 °C e mínima de 18,1 °C, verificando-se uma amplitude térmica baixa.

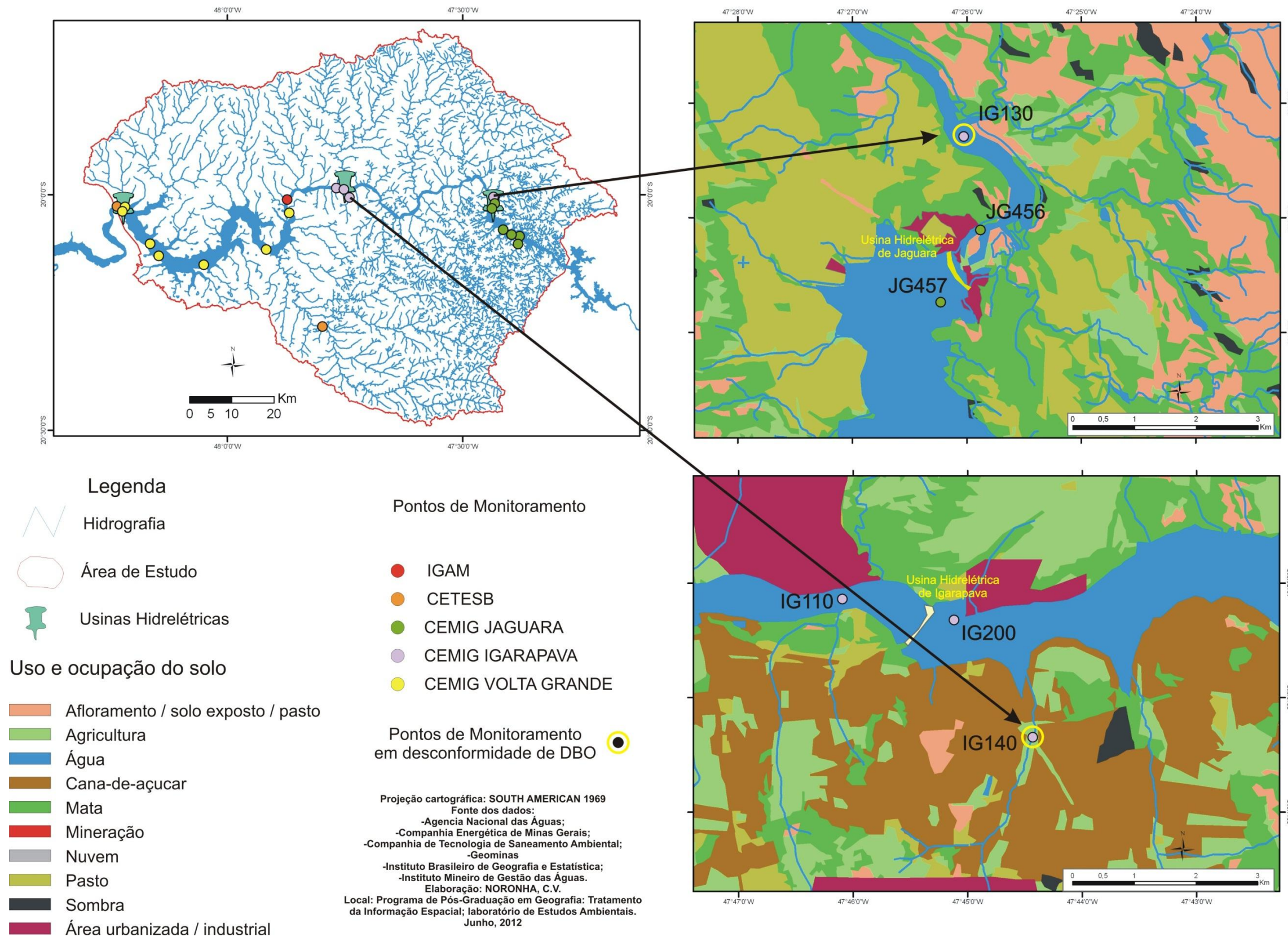
O ponto IG140 localizado no córrego Santa Rita, próximo ao centro urbano de Igarapava, apresentou três coletas com índices inferiores ao exigido pela legislação nos meses de junho, agosto e novembro, ou seja, duas coletas em período seco e uma em período chuvoso. O maior valor registrado de desconformidade foi na coleta do mês de agosto, apresentando 10 mg/L ou o dobro do limite legal. Em relação aos dados climáticos, não houve ventos fortes predominantes durante o dia e sua direção de origem foi norte. Apresentou-se céu encoberto por nuvens, mas sem chuvas, tendo temperatura do ar máxima do dia em 27,3 °C e a mínima em 10,4 °C, com alta amplitude térmica durante o dia, podendo provocar reações físicas e biológicas na água pela mudança da pressão e temperatura. O gráfico 10 apresenta a variação de contaminação nos períodos seco e chuvoso no ano de 2010 para as quatro coletas apresentadas fora dos limites da legislação e o mapa 6 apresenta a localização dos pontos de monitoramento.

Gráfico 10: DBO – Desconformidade da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio - 2010



Fonte: dados do trabalho

Mapa 6: Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio em 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

Os principais responsáveis pelo aumento da concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio são de origem natural, proveniente da matéria orgânica, animal e vegetal e pelas atividades antrópicas por despejos industriais e domésticos (Sperling, 1996, p.35). Próximo aos pontos de monitoramento, o uso do solo é predominantemente agropastoril, como o cultivo de cana-de-açúcar que possui grandes porções de área plantada. O ponto IG140 encontra-se próximo a fazendas que possuem vocação agrícola no córrego Santa Rita, porém o maior aporte de contaminadores proveniente do centro urbano do município de Igarapava, no Estado de São Paulo.

5.1.2 Fósforo Total

A desconformidade em relação a variável no ano de 2010 foi constatada em 3 coletas: duas no período chuvoso (mês de março e dezembro) e uma no período seco (junho), todas localizadas no ponto de monitoramento do Igam BG057 no córrego gameleiras.

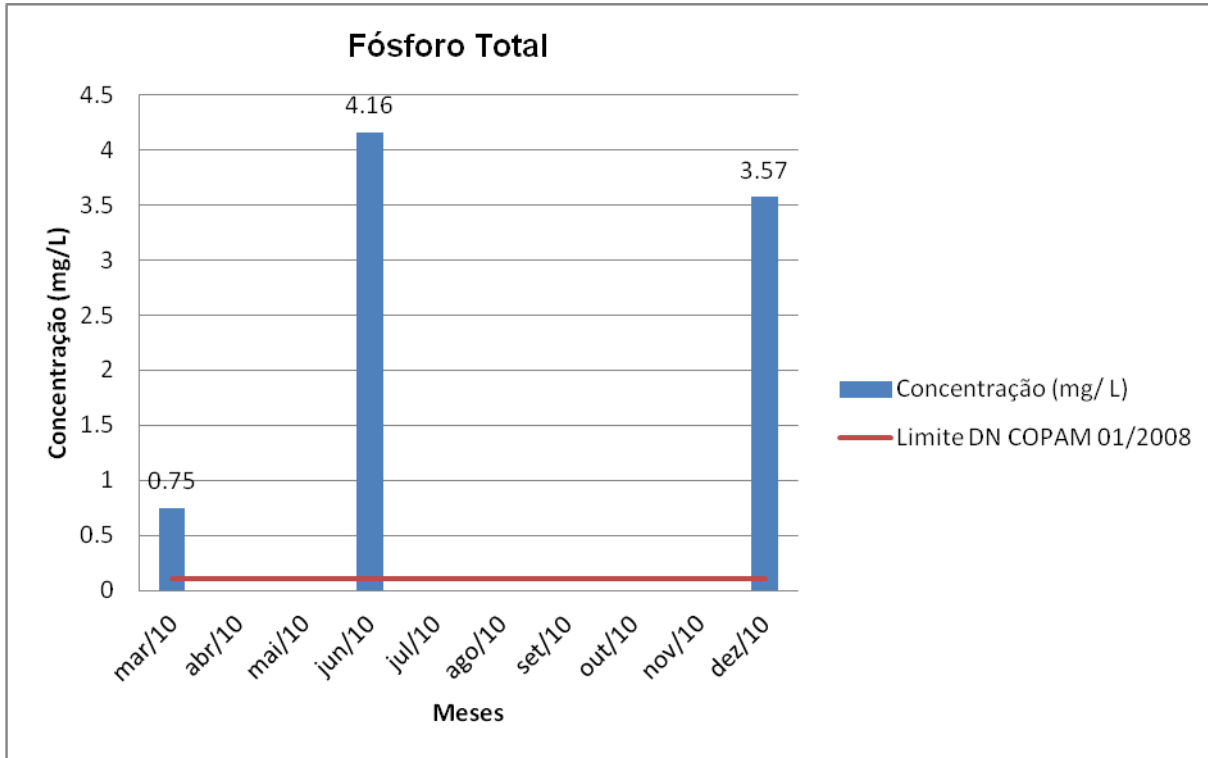
No período chuvoso, na coleta do mês de março, em relação ao vento, sua origem é no sentido nordeste e a média de velocidade diária de velocidade de 3.1 metros por segundo. A temperatura máxima foi de 34,9 °C e a mínima 20,8 °C, e apresentou céu claro durante o período de coleta. Na coleta de dezembro, a média foi próxima a zero, apontando que não ocorreu ventos fortes frequentes durante o dia e, a direção do vento predominante foi de sentido norte. A temperatura máxima registrada foi de 29,3 °C e a mínima 20,8 °C, apresentando menor amplitude térmica em relação a primeira coleta. Neste dia, o céu estava encoberto por nuvens e ocorreu 13,7 milímetros de precipitação.

A coleta no mês de junho, no período seco, apresentou uma média de velocidade dos ventos próxima a zero e direção norte. A temperatura máxima registrada foi de 31,1 °C e mínima de 12,4 °C, com alta amplitude térmica. O céu encontrava-se encoberto por nuvens, mas não houve registro de chuvas durante o dia.

Em relação à desconformidade da concentração de fósforo encontrada na água no ponto de monitoramento, a maior concentração foi encontrada no período

de junho, com 4,16 mg/L, enquanto no período chuvoso apresentou 0,75 mg/L no mês de março e 3,57 mg/L no mês de dezembro (gráfico 11).

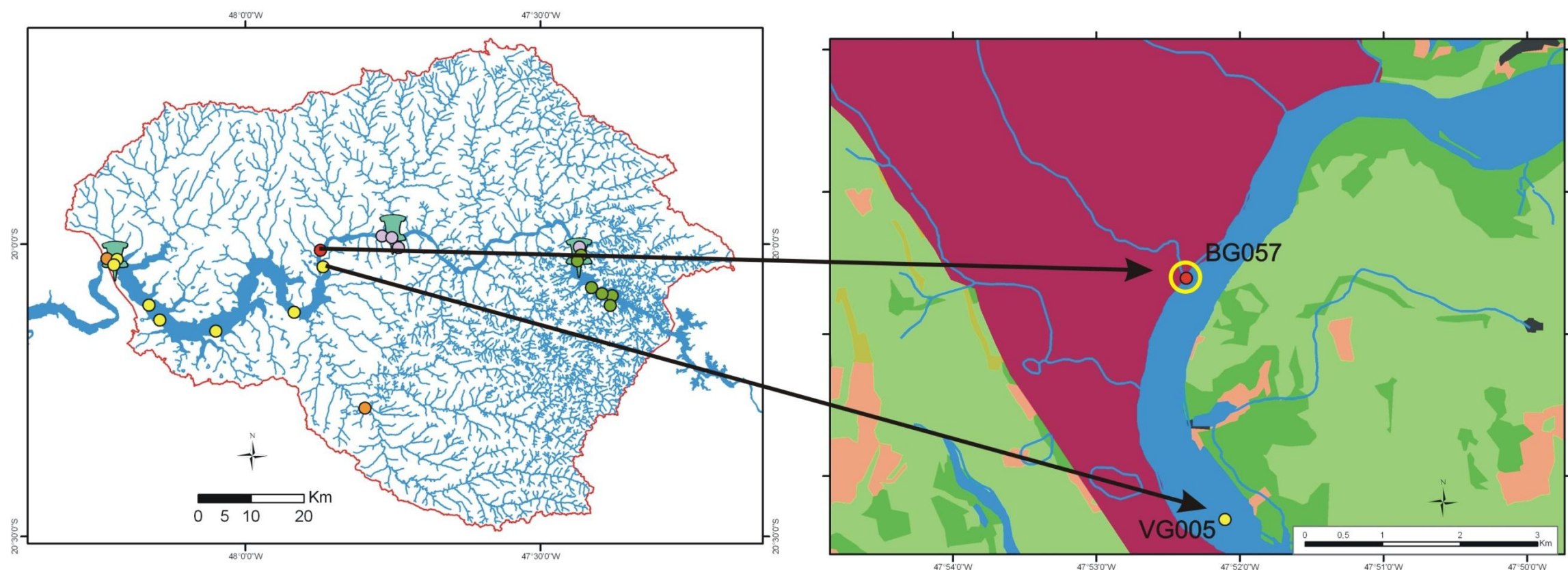
Gráfico 11: Concentração de fósforo total em 2010



Fonte: dados da pesquisa

O mapa 7 destaca o ponto de monitoramento localizado no Córrego Gameleiras que possui altos teores de concentração de fósforo total, estando em desconformidade com a legislação vigente.

Mapa 7: Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável fósforo e uso e ocupação do solo em 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

O alto teor de fósforo encontrado pode ter relação com os seguintes fatores: “o solo possuir alto teor desse elemento, decomposição de matéria orgânica, despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes” (SPERLING, 1996, p.32). No Córrego Gameleiras, localizado no município de Uberaba, ao longo de todo o córrego até Rio Grande, ele sofre grande pressão relacionado às atividades antrópicas, já que, em sua nascente, encontra-se em uma fazenda de criação de bovinos e, próximo a ela, encontram-se grandes plantações de cana-de-açúcar e indústrias de fertilizantes (figura 24).

Figura 24: Área próxima a nascente do Córrego Gameleiras



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.3 Oxigênio dissolvido

É essencial para a vida de seres vivos bióticos na água, encontra-se em desconformidade com a legislação em sete amostras, sendo quatro em período chuvoso (duas coletas do mês de março, no mês novembro e dezembro), e três coletas no período seco (duas no mês de junho e uma no mês de novembro).

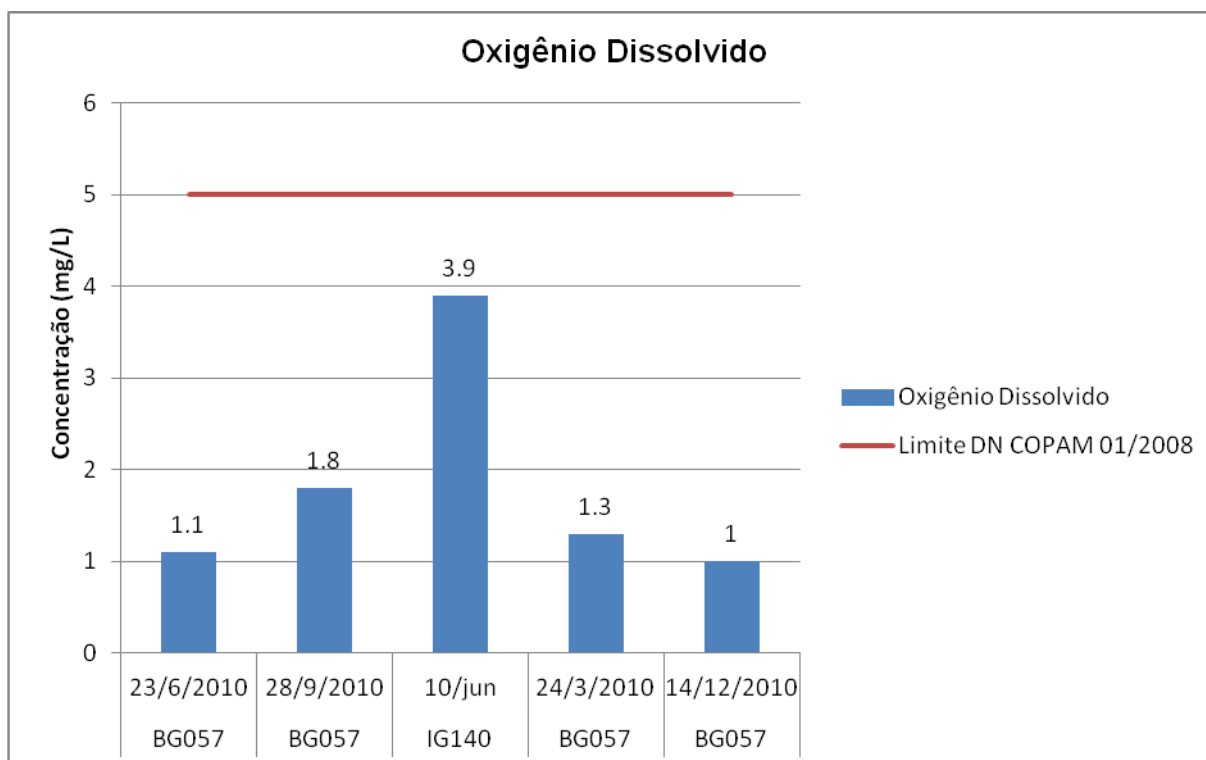
No período chuvoso, as coletas do mês de março apresentaram desconformidade nos pontos BG057 (IGAM) e GRDE 02300 (CETESB). Nos dias de coleta, a velocidade média dos ventos não foi significativa, tendo sua média próxima a zero e, a direção dos ventos, originadas de norte. Apenas na coleta do BG057 o dia encontrava-se encoberto por nuvens e concentração de chuvas de 13,7 mm. A temperatura máxima no BG057 foi de 29,3 °C e a mínima de 20,8 °C, enquanto a coleta de GRDE02300 a temperatura máxima foi de 32,3 °C e a mínima de 14 °C. Na coleta do mês de novembro, no ponto IG140, em relação aos ventos, a velocidade foi de 5,1 metros por segundo e direção de origem nordeste e o céu encontrava-se claro durante a coleta. A temperatura máxima registrada foi de 25,9 °C e mínima de 18,1 °C. No mês de dezembro, a coleta no ponto BG057, em relação ao vento, a média fica próxima a zero, com predominância da direção norte.

As coletas do período seco foram do ponto de monitoramento do Igam BG057. As coletas do mês de junho foram realizadas nos pontos BG057 e IG140. A coleta no ponto de monitoramento do Igam, em relação aos ventos, tem a média de velocidade próxima a zero com a direção do vento originada de norte. O céu na data estava encoberto sem chuvas durante o dia. Em relação à temperatura, houve grande amplitude térmica durante o dia, apresentando temperatura máxima de 31,1 °C e mínima de 12,4 °C. A outra coleta do mês, no ponto IG140, foi calculada com média de 2,1 metros por segundo com velocidade dos ventos de origem predominante a nordeste. O céu no dia encontrava-se claro, não tendo registrado chuvas até o momento da coleta. A temperatura máxima foi de 28,7 °C e mínima de 10 °C. A coleta do mês de novembro, do ponto BG057, apresentou uma média de velocidade do vento de 2,1 metros por segundo de origem nordeste. O céu encontrava-se claro sem presença de chuvas. A temperatura máxima foi registrada 28,7 °C e a mínima de 10 °C.

Em relação a desconformidade legal de concentração da variável oxigênio dissolvido, o gráfico 12 aponta menor concentração no ponto de monitoramento

BG057 com 1,1 mg/L, sendo um nível bastante crítico em relação ao mínimo de concentração exigido por lei. A variável indica que o valor mínimo para se enquadrar dentro da legislação é igual ou maior a 5, sendo menor essa concentração ela estará fora dos padrões legais.

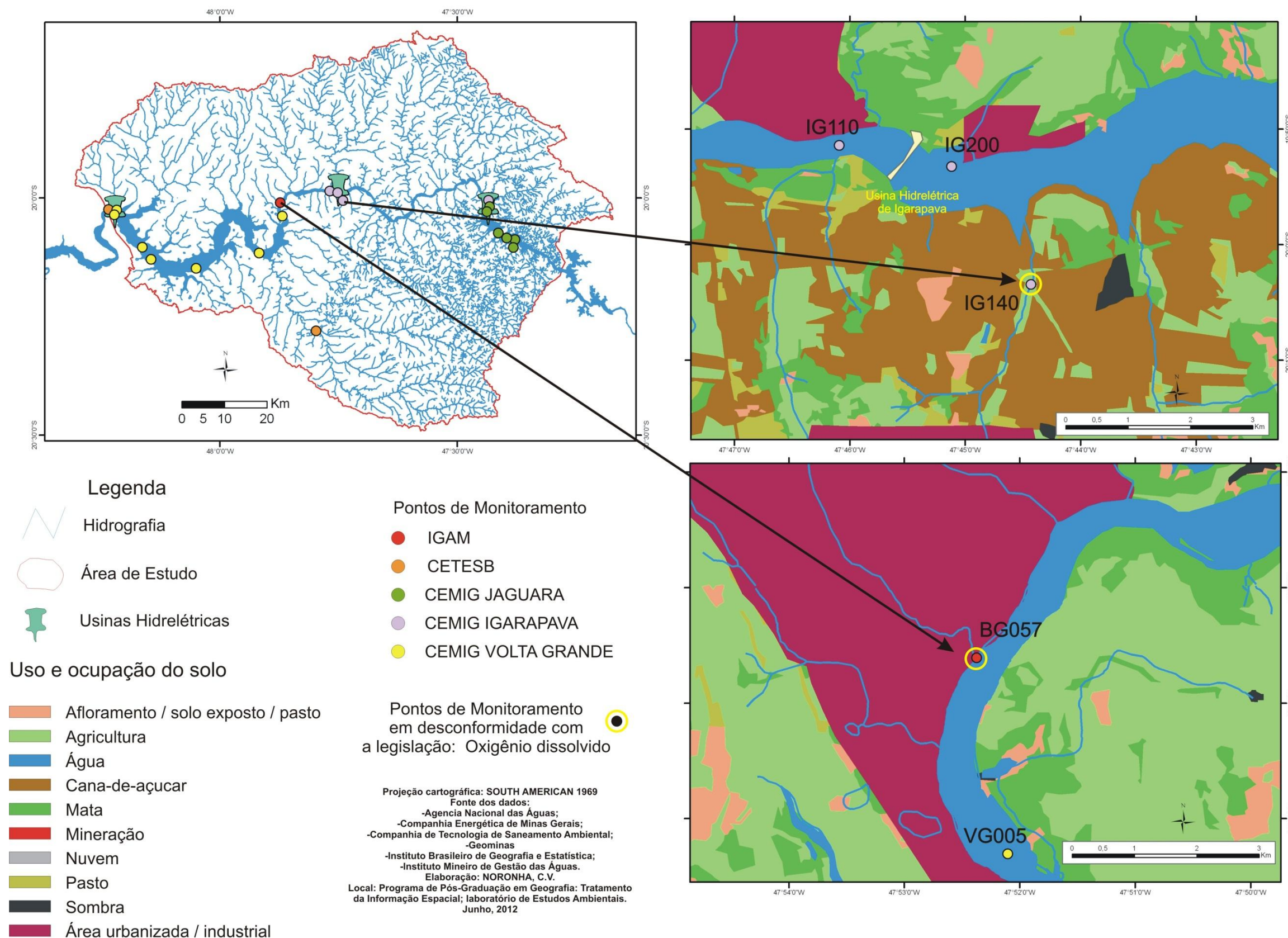
Gráfico 12: Concentração de oxigênio dissolvido em desconformidade no ano de 2010



Fonte: dados da pesquisa

Podemos analisar que todas as coletas de 2010 no ponto BG057 (mapa 8) apresentaram índices abaixo dos padrões legais. A falta de oxigênio dissolvido pode comprometer a vida dos seres aquáticos aeróbicos. Segundo Sperling (1996, p.34), a variável é utilizada para a “caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos”. O ponto IG140 (figura 15), localizado próximo ao centro urbano de Igarapava, pode ter como justificativa os efluentes oriundos da cidade.

Mapa 8: Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação da variável oxigênio dissolvido e uso e ocupação do solo em 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.4 pH

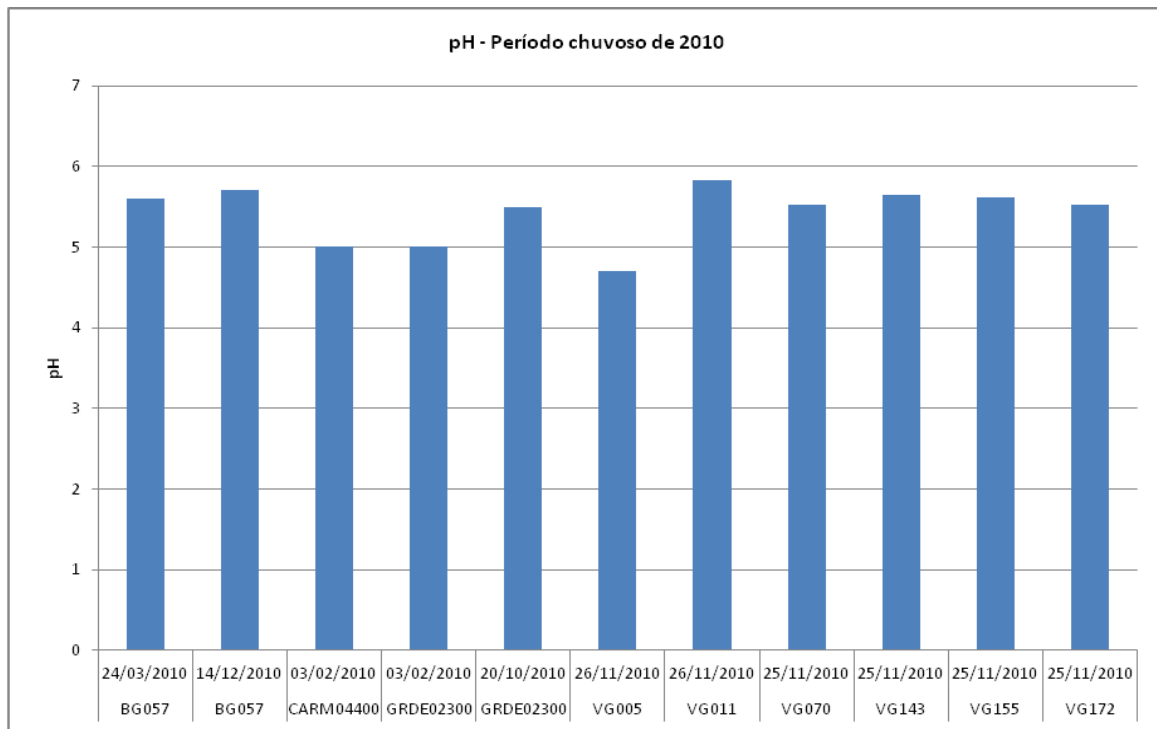
Em comparação a todas as variáveis analisadas, o pH foi o que apresentou maior número de coletas fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Foram, no total, 16 amostras, 5 em período seco e 11 em período chuvoso.

No período seco, as coletas foram realizadas em três dias nos meses de junho, agosto e setembro. A velocidade média dos ventos só foi significativa no mês de agosto, sendo os ventos de origem norte. Em relação à nebulosidade, o céu encontrava-se claro somente na coleta de agosto e a concentração de chuvas somente no mês de setembro. Em relação à temperatura máxima, a média das coletas foi de 28,1 °C, com a máxima de 31,1 °C no mês de junho e a mínima com uma média de 13,6 °C com a mínima de 12,4 °C em junho.

No período chuvoso, foram coletadas amostras nos meses de fevereiro, março, junho, novembro e dezembro. Durante os dias de coleta, a velocidade média do vento só obteve velocidade significativa na coleta de março, sendo, os ventos de outubro, novembro e dezembro de origem da direção norte, e os ventos de fevereiro e março de origem nordeste. Em relação à nebulosidade, somente os dias dos meses de novembro e dezembro, período considerado chuvoso, apresentaram céu encoberto,. A temperatura máxima média foi de 32,4 °C, sendo a máxima de 33,3 °C no mês de novembro e, para a temperatura mínima, a média foi de 19,2 °C, e a temperatura mínima durante a coleta foi de 14 °C no mês de outubro.

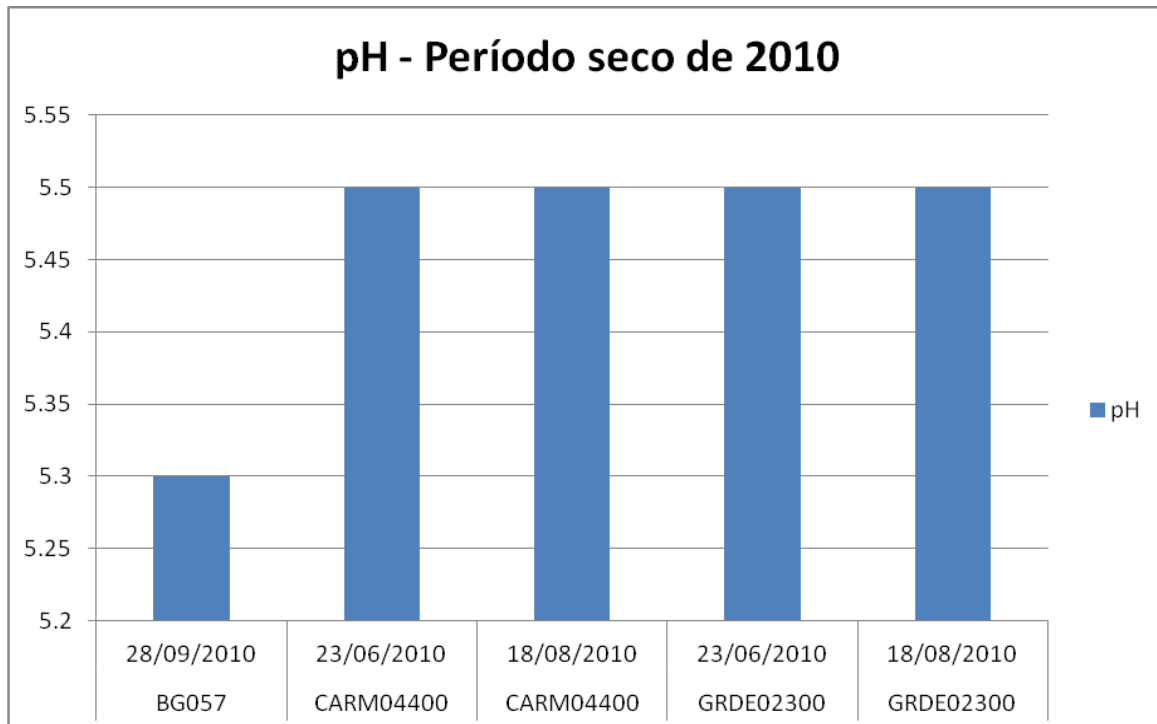
Os resultados apontam valores abaixo de 6, ou seja, apresentam pH ácido em todas as amostras que se apresentaram fora dos limites legais (gráficos 13 e 14). O mapa 9 apresenta os pontos de monitoramento nos períodos seco e chuvoso.

Gráfico 13: pH: Período chuvoso de 2010



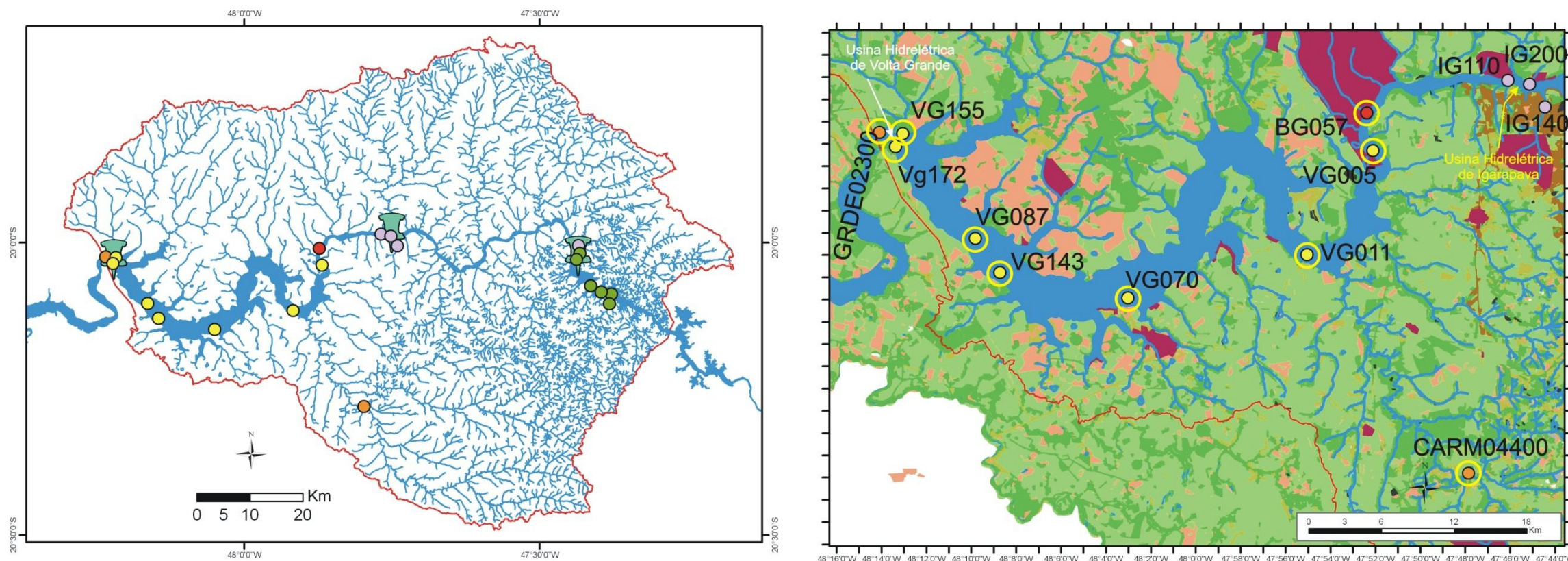
Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 14: pH: Período seco de 2010



Fonte: dados da pesquisa

Mapa 9: Mapa de localização dos pontos de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável pH e uso e ocupação do solo em 2010



Legenda

- Hidrografia
- Área de Estudo
- Usinas Hidrelétricas

Projeção cartográfica: SOUTH AMERICAN 1969
Fonte dos dados:
 -Agência Nacional das Águas;
 -Companhia Energética de Minas Gerais;
 -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;
 -Geominas
 -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
 -Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
 Elaboração: NORONHA, C.V.
 Local: Programa de Pós-Graduação em Geografia: Tratamento da Informação Espacial; laboratório de Estudos Ambientais. Junho, 2012

Uso e ocupação do solo

- Afloramento / solo exposto / pasto
- Agricultura
- Água
- Cana-de-açúcar
- Mata
- Mineração
- Nuvem
- Pasto
- Sombra
- Área urbanizada / industrial

Pontos de Monitoramento

- IGAM
- CETESB
- CEMIG JAGUARA
- CEMIG IGARAPAVA
- CEMIG VOLTA GRANDE

Pontos de Monitoramento em desconformidade com a legislação: pH

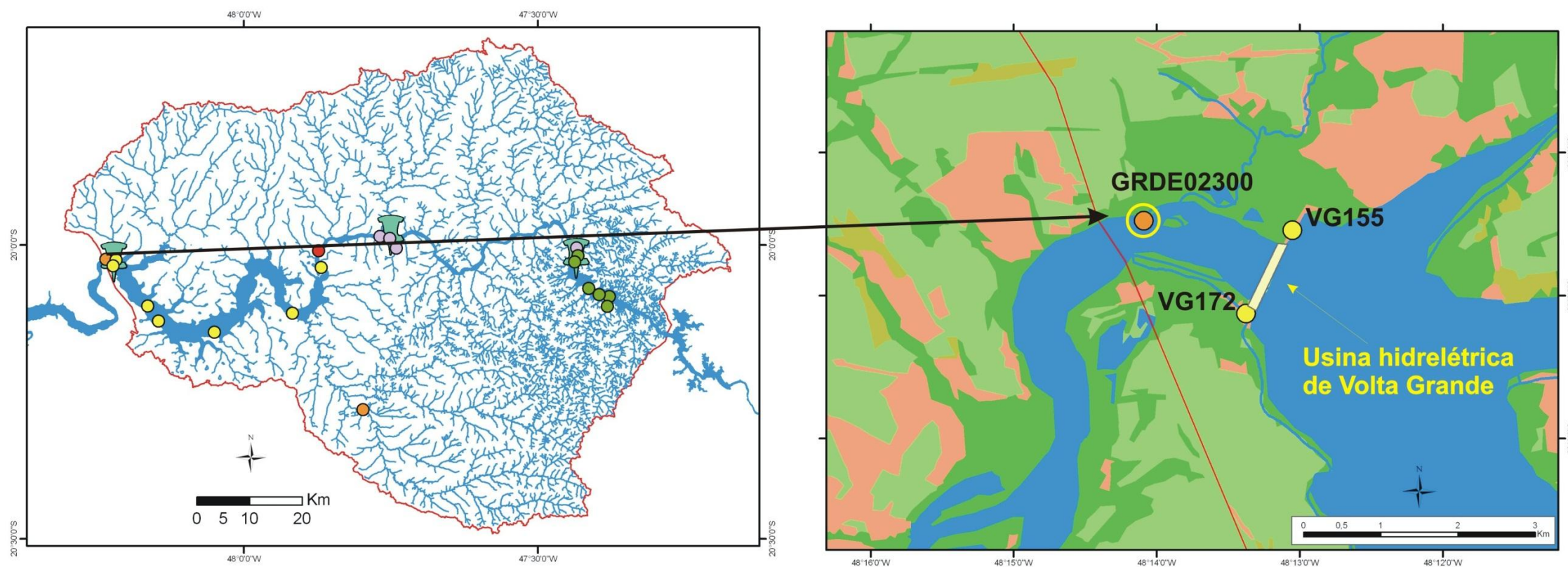
Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.5 Sólidos Totais Dissolvidos

A variável apresenta desconformidade em apenas uma coleta, no ano de 2010, no período chuvoso do mês de março. No dia da coleta, a velocidade média do vento foi de aproximadamente 1 metro por segundo, com origem de nordeste. O céu encontrava-se claro e sem registros de chuvas. A temperatura máxima foi de 33,5 °C e a mínima de 20 °C.

O ponto de coleta que apresentou esse contaminador foi o GRDE02300 do Cetesb, encontrando-se 5.426 mg/ L, sendo que o tolerado é 500 mg/L, ultrapassando mais de 10 vezes o que a legislação tolera. O mapa 10 apresenta a localização do ponto com o uso e ocupação do solo.

Mapa 10: Mapa de localização do ponto de monitoramento em desconformidade com a legislação na variável sólidos totais dissolvidos e uso e ocupação do solo em 2010



<p>Legenda</p> <p> Hidrografia</p> <p> Área de Estudo</p> <p> Usinas Hidrelétricas</p>		<p>Uso e ocupação do solo</p> <p> Afloramento / solo exposto / pasto</p> <p> Agricultura</p> <p> Água</p> <p> Cana-de-açúcar</p> <p> Mata</p> <p> Mineração</p> <p> Nuvem</p> <p> Pasto</p> <p> Sombra</p> <p> Área urbanizada / industrial</p>		<p>Pontos de Monitoramento</p> <p> IGAM</p> <p> CETESB</p> <p> CEMIG JAGUARA</p> <p> CEMIG IGARAPAVA</p> <p> CEMIG VOLTA GRANDE</p> <p> Pontos de Monitoramento em desconformidade com a legislação: Sólidos Totais Dissolvidos</p>	
---	--	--	--	--	--

Projeção cartográfica: SOUTH AMERICAN 1969
 Fonte dos dados:
 -Agência Nacional das Águas;
 -Companhia Energética de Minas Gerais;
 -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;
 -Geominas
 -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
 -Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
 Elaboração: NORONHA, C.V.
 Local: Programa de Pós-Graduação em Geografia: Tratamento da Informação Espacial; laboratório de Estudos Ambientais. Junho, 2012

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Análise multivariada dos dados

Com o objetivo de analisar as variáveis de forma conjunta foi utilizada a análise multivariada. A tabela 3 apresenta as análises descritivas das variáveis

Tabela 3: Análise estatística das variáveis

	Mínimo	Mediana	Média-log	Média	Máximo	Desvio Padrão	Desvio da Mediana	Distância Interquartilica	Coefficiente de Variação	Coefficiente de Variação Relativo
DBO	0.05	1	1.142	2.177	29	3.493	1.038	0.8747	160.4	103.8
Fosforo	0	0.02	0.03809	0.316	14	1.445	0.01483	0.01483	457.2	74.13
NitrogAmon	0	0.05	0.07603	0.1224	1.5	0.2191	0.0593	0.1038	178.9	118.6
NitrogTotal	0.01	0.26	0.2458	0.4919	5.7	0.6677	0.2965	0.3781	135.7	114
OD	0.25	6.93	5.678	6.37	9.3	1.966	1.142	1.29	30.86	16.47
pH	4.51	6.79	6.678	6.751	12.72	1.039	0.9933	1.038	15.39	14.63
STD	3	32	32.27	70.41	5426	374.2	26.69	28.91	531.5	83.4
Turbidez	0	2.11	2.144	6.027	407	28.6	1.779	2.283	474.5	84.32
VelVent	0	2.1	3.536	2.113	6.2	2.192	3.113	2.965	103.7	148.3
DirVent	0	5	10.81	9.038	36	13.34	7.413	6.672	147.6	148.3
Nebul	0	3	5.432	3.795	10	4.015	4.448	5.93	105.8	148.3
Tmax	22.5	30	30.39	30.5	36.1	2.703	2.817	2.817	8.862	9.39
Tmin	8.8	18.1	16.29	16.77	22.4	3.75	3.113	4.893	22.36	17.2
Chuva	0	0	15.05	7.319	82.8	20.26	0	0	276.8	NA

Fonte: dados do trabalho

Pode ser observado que a variável Chuva apresenta MAD zero, ou seja, esta variável não pode ser utilizada nos cálculos estatísticos. Isto é facilmente explicado pelas normas de segurança da CEMIG, que não permitem coleta de amostras em dia de chuva. Assim, apesar da importância da variável, ela não será utilizada para os cálculos.

A análise dos dados pode ser simplificada utilizando-se a correlação robusta, apresentada na tabela 4:

Tabela 4: Correlação robusta dos dados

	DBO	Fosforo	NitrogAmoniac	NitrogTotal	OD	pH	STD	Turbidez	VelVent	DirVent	Nebul	Tmax	Tmin
DBO	1												
Fosforo	0.46	1											
NitrogAmon	0.81	0.35	1										
NitrogTotal	-0.25	0.32	-0.36	1									
OD	-0.17	-0.16	-0.11	0.22	1								
pH	-0.51	-0.19	-0.52	0.17	0.29	1							
STD	-0.06	0.2	-0.18	0.2	-0.22	0.15	1						
Turbidez	0.33	-0.08	0.21	-0.24	-0.5	-0.36	0.17	1					
VelVent	-0.22	0.09	-0.43	0.02	-0.06	0.58	0.09	0.04	1				
DirVent	-0.7	-0.61	-0.64	0.02	0.19	0.63	0.2	-0.22	0.31	1			
Nebul	-0.01	0.06	0.09	0.07	-0.18	-0.23	0.5	0.04	-0.51	0.21	1		
Tmax	0.74	0.49	0.8	-0.19	0.08	-0.48	-0.38	0.07	-0.22	-0.88	-0.37	1	
Tmin	-0.2	-0.76	-0.22	-0.46	-0.16	-0.01	0.14	0.47	-0.01	0.51	0.29	-0.51	1

Fonte: dados da pesquisa

Através da análise dos dados, podemos apontar a correlação positiva entre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o fósforo, podendo aferir que quanto maior a concentração de fósforo na água, maior será a demanda bioquímica de oxigênio. O aumento da concentração de fósforo, ocasionado pelas atividades antrópicas, pode estar relacionado aos esgotos domésticos e uso de fertilizantes agrícolas. Os dados que apresentam correlação negativa foram os dados climatológicos de temperatura máxima com a direção do vento.

A correlação entre a temperatura máxima e a demanda bioquímica de oxigênio pode ser explicada pelo aumento de micro-organismos em relação ao aumento da temperatura e em função da temperatura máxima quando, no período chuvoso, a matéria orgânica é arrastada e lixiviada para os reservatórios.

A correlação negativa entre fósforo e temperatura mínima pode ser explicada por ocorrer em função da temperatura mínima na época de seca, em que a concentração de fósforo aumenta, por ser a região contaminada pelo fósforo. O Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais salienta que

A concentração de fósforo total no trecho do córrego da Gameleira a montante da represa de Volta Grande (BG057) é o maior registrado no estado de Minas Gerais no primeiro trimestre de 2010 e associa-se principalmente aos efluentes das indústrias de fertilizantes do município de Uberaba, além do uso nas culturas de cana-de-açúcar da região. Ressalta-se, como fator agravante, o fato do córrego da Gameleira afluir para a represa de Volta Grande, potencializando o processo de eutrofização neste ambiente. (MINAS GERAIS, 2010a).

Tanto a mediana quanto o desvio absoluto da mediana são estimadores robustos. Esta transformação visou equiparar a ordem de grandeza das diferentes variáveis.

No Quadro 4 estão relacionados os autovalores, a porcentagem da variância explicada para os quatro primeiros componentes principais e a variância acumulada por essas componentes. Foram consideradas significativas as componentes que apresentaram auto valor maior que 1.

Tabela 5: Percentual de variância explicada pelas componentes

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4
Autovalor	1.901.763	1.517.206	1.321.587	1.039.842
Proporção da variância explicada	0.278208	0.17707	0.134353	0.083175
Proporção da variância acumulada	0.278208	0.455278	0.589631	0.672806

Fonte: dados do trabalho

Na tabela 5 estão indicadas a composição e as cargas das variáveis nas quatro primeiras componentes principais, que apresentaram autovalor maior que 1. Porém para fins de análise utilizamos as componentes 1 e 2 que conjuntamente explicam 45,52% da variabilidade dos dados.

Tabela 6: Cargas das componentes

(continua)

Variáveis	Comp.1	Comp.2
DBO	0.15312	-0.0465
Fosforo	0.13956	-0.1964
NitrogAmon	0.263	-0.0634
NitrogTotal	-0.0606	-0.2486

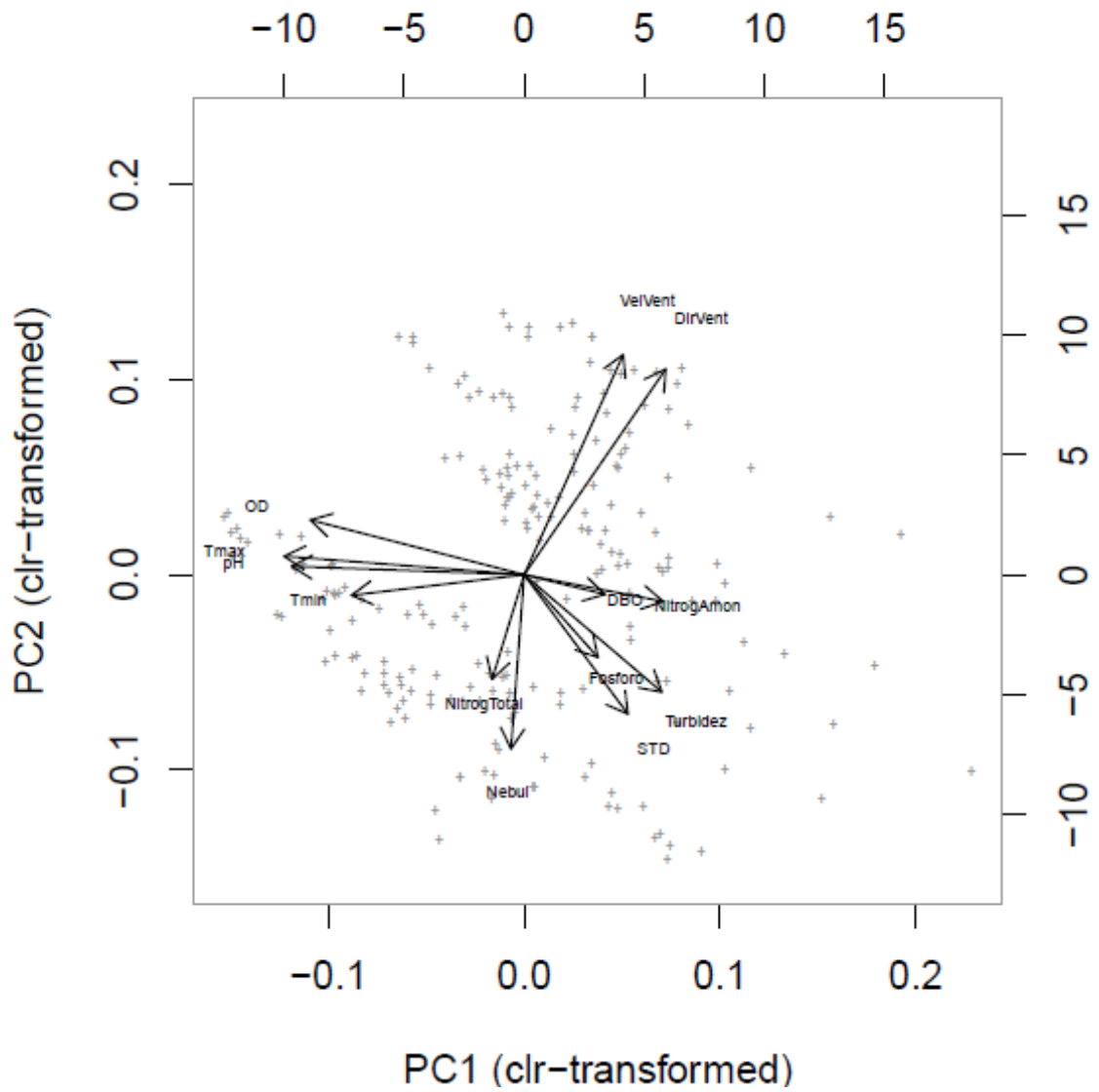
(conclusão)

Variáveis	Comp.1	Comp.2
OD	-0.4045	0.13021
pH	-0.4402	0.02012
STD	0.19639	-0.3311
Turbidez	0.26067	-0.279
VelVent	0.18734	0.52316
DirVent	0.26808	0.48913
Nebul	-0.0248	-0.4139
Tmax	-0.4539	0.04395
Tmin	-0.3267	-0.0488

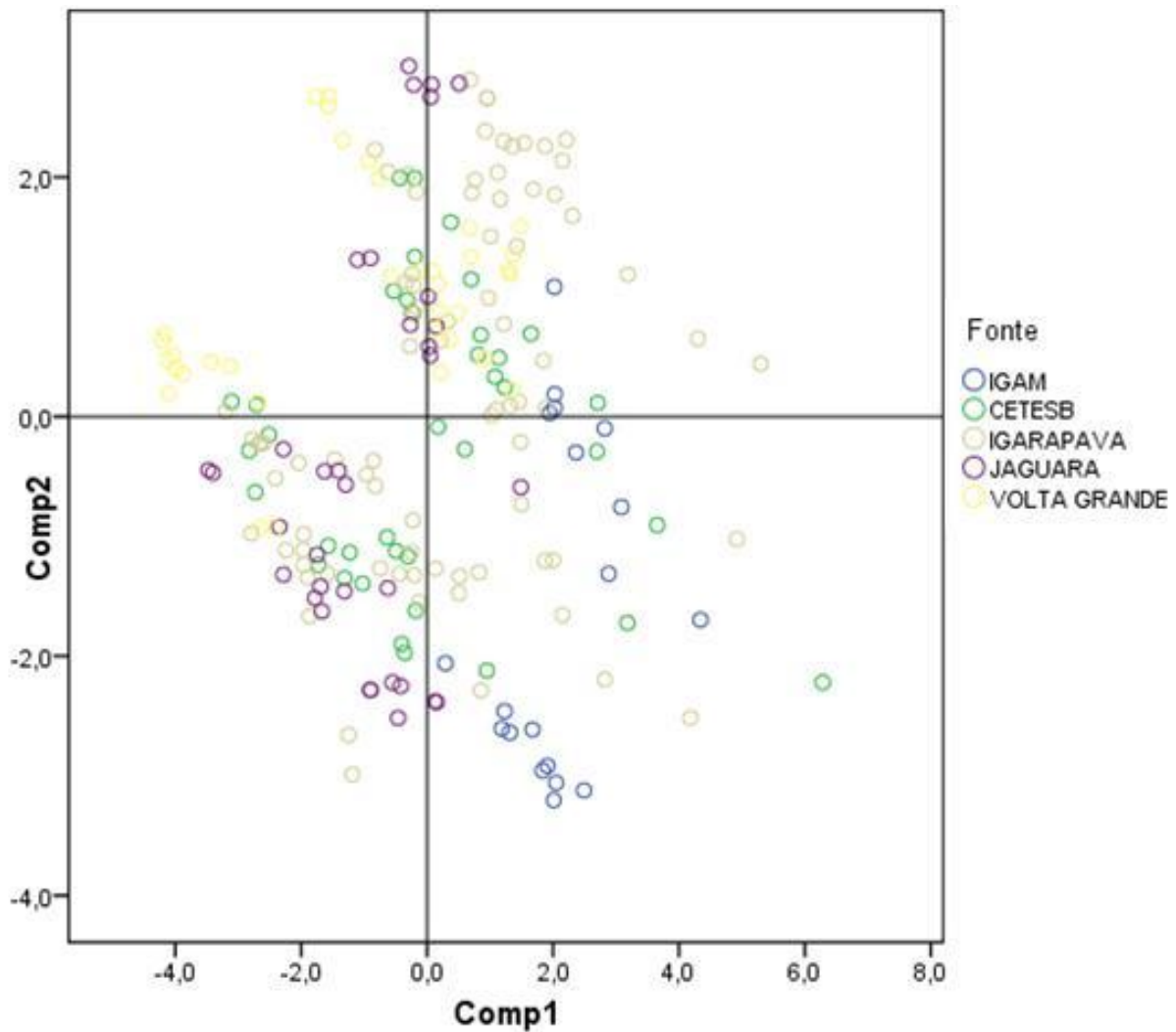
Fonte: dados do trabalho

A componente 1 indicam altos valores de nitrogênio amoniacal total, turbidez e sólidos totais dissolvidos, enquanto oxigênio dissolvido, pH e as temperaturas mínima e máxima apresentam valores negativos. A componente 2 apresenta valores positivos em oxigênio dissolvido, pH, velocidade e direção do vento e, valores baixos em nitrogênio total, sólidos totais dissolvidos, turbidez, nebulosidade e fósforo total. Os mapas 11 e 12 espacializam os resultados da componente em cada ponto de monitoramento.

Os gráficos 15 e 16 do biplot das duas primeiras componentes apresentam-se da seguinte maneira:

Gráfico 15: Componente 1 x Componente 2 – Cargas das variáveis

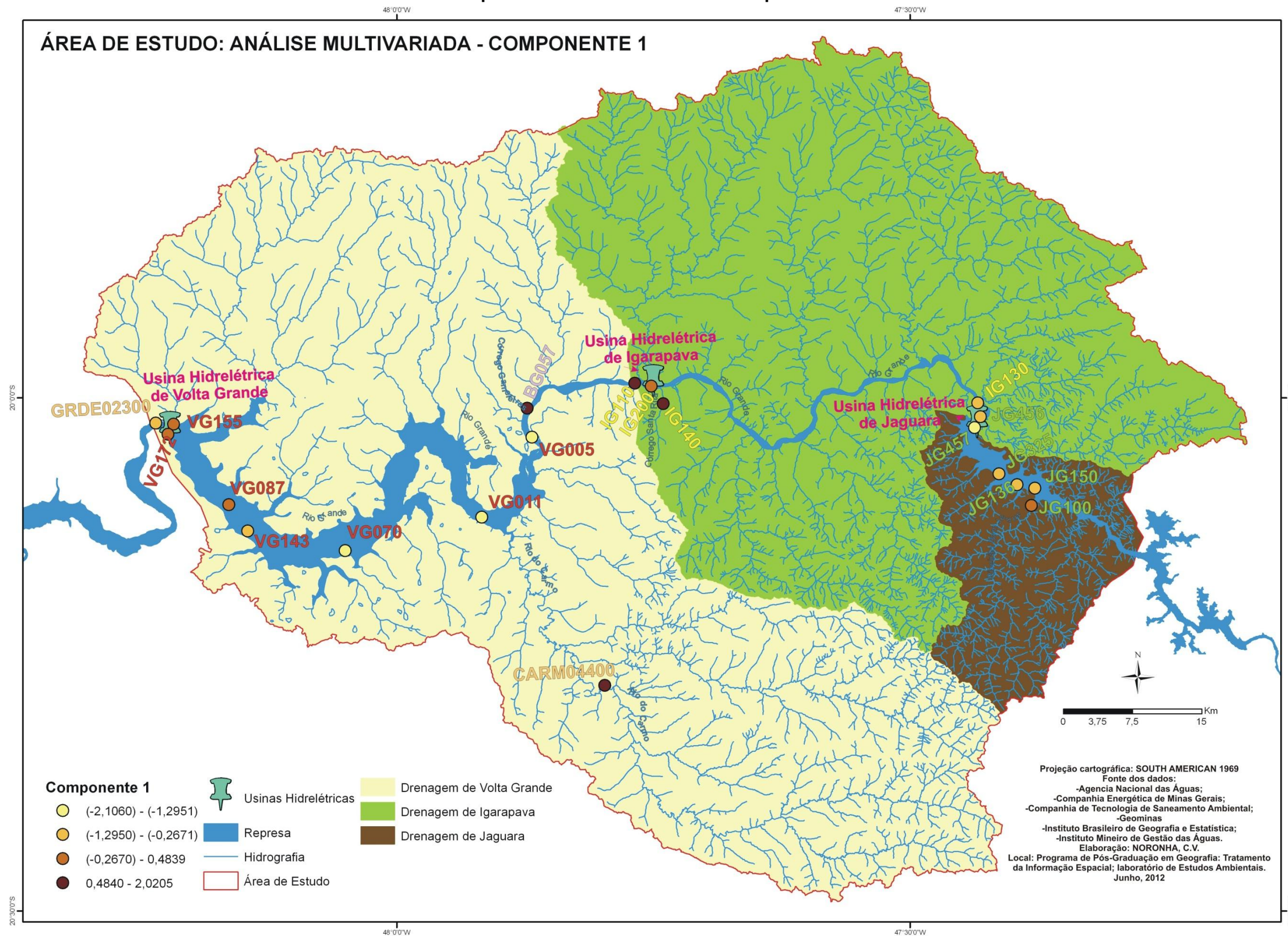
Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 16: Componente 1 x Componente 2

Fonte: dados da pesquisa

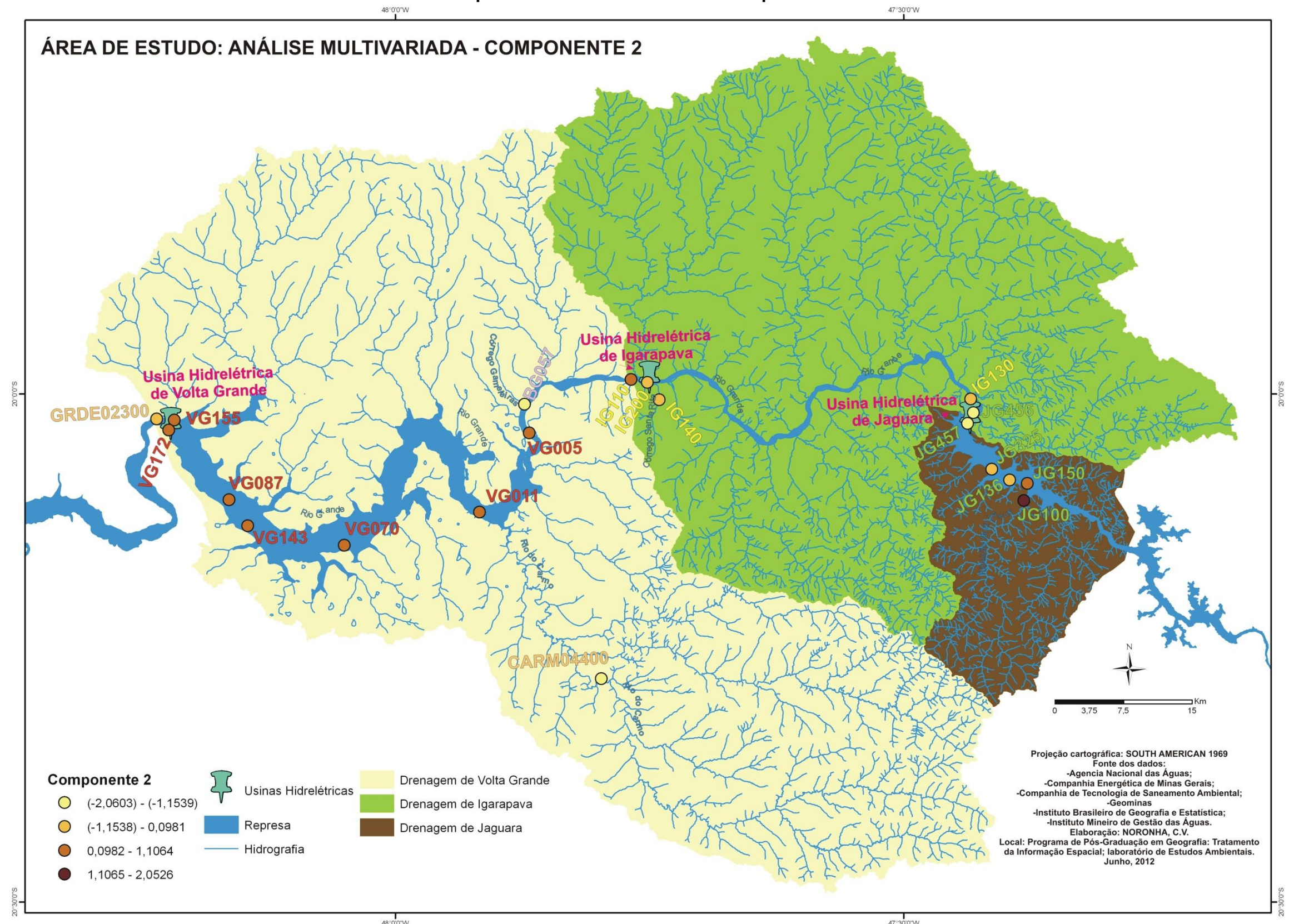
O gráfico 16 indica que a amostra do ponto de monitoramento do IGAM apresenta teor mais elevado de turbidez, fósforo e sólidos totais dissolvidos. O mapa 11 apresenta a espacialização dos resultados obtidos na componente 1, enquanto o mapa 12 demonstra os resultados da componente 2.

Mapa 11: Análise multivariada – componente 1



Fonte: Elaborado pelo autor

Mapa 12: Análise multivariada – componente 2



Fonte: Elaborado pelo autor

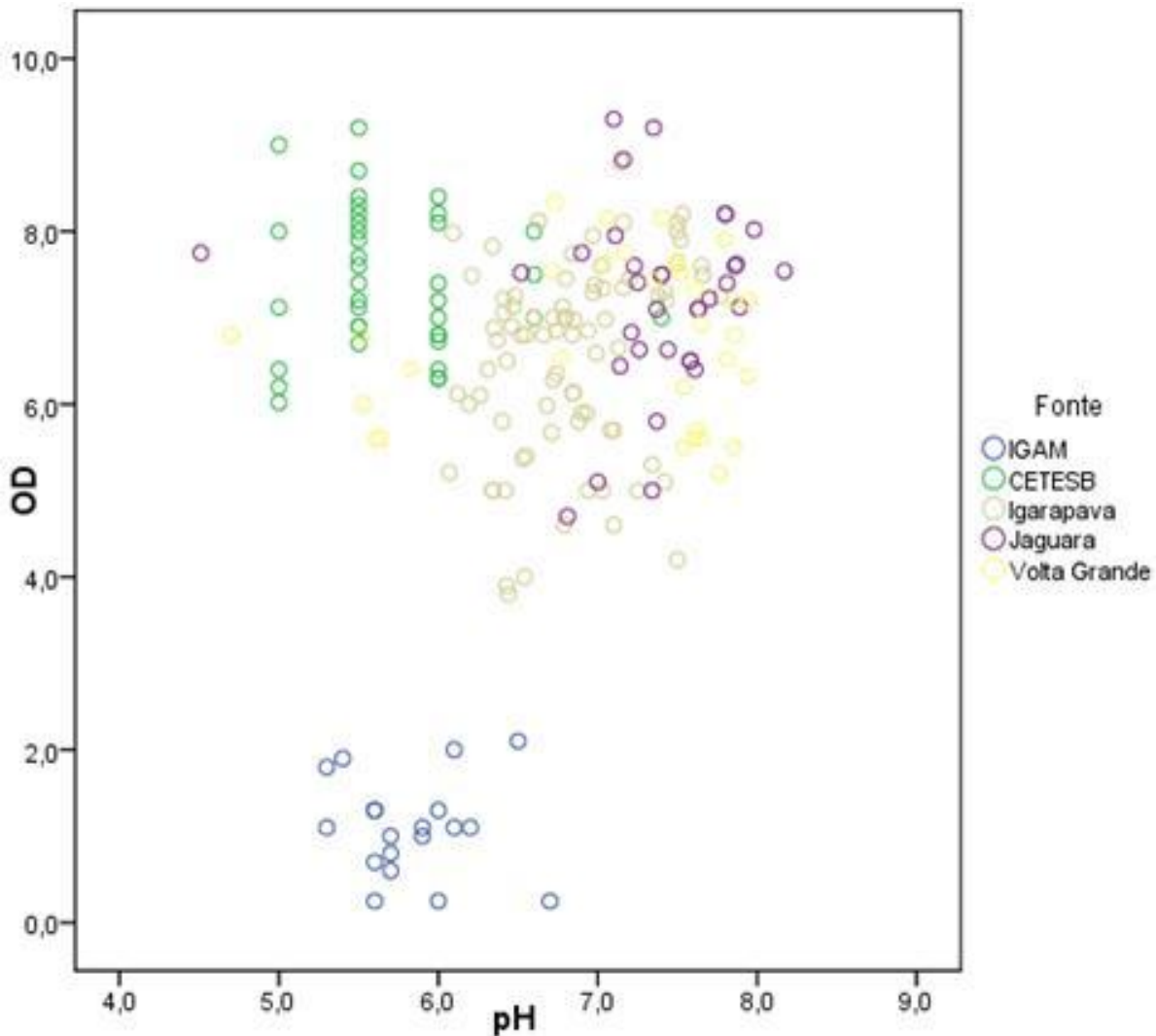
As variáveis de maior carga no componente 1 é de oxigênio dissolvido e pH, ambos negativos.

A componente 2 é caracterizada pelas variáveis climáticas, sendo que os resultados apresentados de velocidade e direção do vento possuem carga positiva e a nebulosidade apresenta carga negativa. Foi considerado que estes fatores foram constantes para toda a região. De acordo com Paolillo Neto (2006), a importância do pH na água deve-se a:

Por outro lado, por meio do valor do pH, verificou-se a estreita interdependência entre as comunidades vegetais e animais com o meio aquático. Este fenômeno sempre ocorre na medida em que as comunidades aquáticas interferem no pH, assim como o pH interfere em diferentes formas no metabolismo dessas comunidades. A interferência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente, em razão de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. O efeito indireto do pH também é muito importante, uma vez que determinadas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, tais como metais pesados, ou mesmo, alterar a solubilidade de nutrientes. (PAOLILLO NETO, 2006).

O gráfico de espalhamento de pH e oxigênio dissolvido está apresentado no gráfico 17 e mostra discriminação entre os locais de amostragem. (Kruskal-Wallis=0,000). A amostra do Igam apresenta valor de OD sensível menor e a do Cetesb menor pH. As três represas apresentam valores igualmente distribuídos.

Gráfico 17: Oxigênio dissolvido x PH



Fonte: dados da pesquisa

Analisando o gráfico, podemos observar que os menores índices de oxigênio dissolvido das coletas são do IGAM, enquanto outros pontos de coleta de Igarapava e de Jaguará encontram os níveis de oxigênio dissolvido bem próximos do limite estabelecido ou, no caso de Igarapava, até o ultrapassando. Em relação ao pH, os piores níveis encontrados, em relação aos órgãos ambientais que realizam o monitoramento, foram os pontos da CETESB, apresentando um pH ácido ($\text{pH} < 7$). As maiores concentrações encontram-se na faixa legal, que compreende de 6 a 9, porém, os pontos de monitoramento do IGAM e CETESB são os que apresentam maiores níveis fora da legislação.

A análise dos dados univariados de 2010 no trabalho foi importante para que cada amostra fosse analisada especificamente de acordo com a legislação. Assim,

foi constatado que as variáveis que indicaram desconformidade foram: pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos totais dissolvidos. Já a análise multivariada dos dados das amostras dos anos de 2006 a 2012 foi importante para a análise em uma contextualização geral na área de estudo, demonstrando quais as variáveis possuíam maior correlação entre essas amostras e quais os pontos de monitoramento apontaram para as amostras contaminadas.

6 CONCLUSÃO

O monitoramento das águas mostrou-se importante para a manutenção e conservação da qualidade das águas no Rio Grande e seus afluentes. O monitoramento realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais é importante para conhecer a atual situação dos cursos de água que eles utilizam nos reservatórios para a geração de energia elétrica, já que o recurso hídrico é responsável por 98% da matriz renovável utilizada pela empresa na geração de energia. Apesar da implantação do monitoramento das águas nos reservatórios de Jaguára, Igarapava e Volta Grande, apenas em Igarapava o mesmo é obrigatório, já que esta é a única que possui licenciamento ambiental, o que tira a obrigatoriedade legal de se realizar o monitoramento nos outros dois reservatórios podendo, se não houver coleta, interromper uma série histórica e prejudicar as análises anuais.

O armazenamento dos dados no Siságua, sistema de armazenamento de dados digitais da Companhia Energética do Estado de Minas Gerais, das coletas e análise das águas precisa ser reformulado devido à dificuldade de consultas, aquisição dos dados e problemas relacionados à atualização desses dados no sistema, realizadas de forma automática ou manual, o que pode comprometer na digitalização dos resultados de forma equivocada. A empresa disponibiliza, então, os resultados dos seus pontos de monitoramento para o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, contribuindo para que gestores públicos, comitês e comunidade científica possam analisar e monitorar a qualidade das águas nos reservatórios, ampliando os dados de monitoramento no Estado de Minas Gerais. Essa parceria poderia ser elaborada em conjunto com o Cetesb, o qual acrescentaria o monitoramento das bacias federais, sendo que, nesse trabalho, a utilização do banco de dados desses três órgãos contribuiu para essa questão na área de estudo.

A utilização das variáveis climatológicas no banco de dados contribuiu significativamente para os resultados obtidos na pesquisa. Um exemplo que podemos citar está relacionado à variável direção dos ventos em que, sua origem predomina de norte e nordeste, ou seja, da vertente mineira da área de estudo, podendo ser constatado que a ação dos ventos teve maior intensidade no Estado de Minas. Porém, essa análise deve ser realizada conjuntamente com o uso e ocupação do solo na área, para o conhecimento dos tipos e a origem dos sedimentos que estão sendo transportados pelo vento. Outro fator importante na

presente pesquisa foi a delimitação dos períodos seco e chuvoso, visto que algumas variáveis apresentaram maior concentração em um dos respectivos períodos.

Os órgãos ambientais dos Estados de Minas Gerais e São Paulo deverão analisar e diagnosticar acerca dos problemas relacionados à qualidade da água, utilizando-se como base o uso e ocupação do solo nas proximidades dos rios e córregos. As variáveis que apresentaram desconformidades em relação ao estabelecido pela legislação vigente foram o pH, o fósforo total, o oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio. Através da análise do uso e ocupação do solo, como foi realizada na pesquisa, pôde-se detectar qual a fonte principal de contaminação das águas.

No contexto geral da área de estudo, o Rio Grande não apresentou contaminação e algumas amostras isoladas apresentaram desconformidade com a legislação, principalmente em relação ao pH. Os cursos de água localizados na área de estudo que necessitam de proteção e ações para a melhoria na qualidade da água são o Córrego Gameleiras, localizado em Uberaba, no Estado de Minas Gerais, e o Córrego Santa Rita, localizado em Igarapava, no Estado de São Paulo, visto que ambos são receptores de efluentes, despejos domésticos e industriais. A situação do Córrego Gameleiras é a mais preocupante, devido à sua baixa concentração de oxigênio dissolvido na água.

Um problema ambiental enfrentado atualmente no Rio Grande, e que foi constatado na área de estudo, é a proliferação do mexilhão dourado, sendo esta uma espécie de fácil adaptação e, como não possui predadores naturais na região, acaba se reproduzindo com facilidade. Essa temática poderá ser abordada pelo projeto Cemig, com a realização de um programa de educação ambiental nos municípios limítrofes aos reservatórios, conscientizando a população sobre a proliferação da espécie, os problemas que ela causa e as formas de combatê-la.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Ben hur Luttembarck. **Controle da qualidade da água para consumo humano**: bases conceituais e operacionais. São Paulo: Cetesb, 1977.

BERNARDI, José Vicente Elias. et al. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23, n.1, p. 79-90, 2009. Disponível em: < <http://www.biogeoquimica.unir.br/?secao=62&id=91>> Acesso em: 16 Mai. 2012.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, 27 jul. 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 02 maio. 2012

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 jun. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 02 mai. 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988. 168 p. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 20 mar. 2012.

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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 05 maio. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. Resolução nº 05, de 10 de abril de 2000. Estabelece as diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica. **Conselho Nacional dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 25 mai. 2012.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 10 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 jul. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm#art30>. Acesso em: 05 mai. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Estabelece uma base organizacional que contemple bacias

hidrográficas como unidade do gerenciamento de recursos hídricos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Conselho Nacional dos Recursos Hídricos**. Disponível em: < http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=74&Itemid=>. Acesso em: 26 mai. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção I, p.266. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf> . Acessado em: 25. jan. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Água Brasil**: Sistema de avaliação da água, saúde e saneamento. Glossário saneamento e meio ambiente. Fundação Oswaldo Cruz, 2010. Disponível em: <<http://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php?pag=sane>> Acesso em: 17 jan. 2012.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Bacias hidrográficas**: Região Hidrográfica do Paraná. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/parana.aspx>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

CHERNETSKIY, Maxim. et al. Investigations of the krasnoyarsk reservoir waters based on the multispectral satellite data. **Journal of environmental sciences**, v.43, p. 206-213, 2009. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117708002147>>. Acesso em: 30 mai. 2012.

COMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA RIO GRANDE. **CBH Grande**: A Bacia. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/Bacia.aspx>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Relatório de monitoramento da qualidade das águas da UHE Jaguará**: Relatório final – 2006. Patos de Minas: CEMIG, 2007a.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Relatório de monitoramento da qualidade das águas da UHE Volta Grande**: 1º Relatório parcial – 2007. Patos de Minas: CEMIG, 2007b.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Sistema Cemig de monitoramento e controle de qualidade da água dos reservatórios**: Manual de Procedimentos de Coleta e Metodologias de Análise de Água. Belo Horizonte: CEMIG, 2009a.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Monitoramento da qualidade** das águas da UHE Volta Grande: amostragem – setembro / 2009. Patos de Minas: CEMIG, 2009b.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Programa de Limnologia:** Relatório final – relatório de coleta referente ao programa de limnologia da UHE Igarapava. Uberlândia: CEMIG, 2009c.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Peixe vivo:** Usinas da Bacia do Rio Grande. Companhia Energética de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/Sustentabilidade/Programas/Ambientais/PeixeVivo/Paginas/usinasGrande.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Cemig integrará banco de dados sobre qualidade da água com IGAM.** Companhia Energética de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://1.bp.blogspot.com/-p0c2x-OWJTW/T3sAwpDkq2I/AAAAAAAAABKU/IMXcE6U3nUo/s1600/UHE+Jaguara+2+IT.jpg>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

CONSÓRCIO DA USINA ELÉTRICA DE IGARAPAVA. **Relatório anual:** Programa de limnologia. Relatório anual consolidado de 2010. Uberlândia: Leserpa, 2011.

COUTO, Leandro. **Geoprocessamento:** conceito e prática. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://www.crea-mg.org.br/03_Gab_GCM_publicaes/Geoprocessamento.pdf> Acesso em: 11 jun.2012.

COUTO, José Luiz Viana do. **Limnologia:** parâmetros físicos. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/luz.htm>>. Acesso em: 25 mai.2012.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interferência, 1998.

FLORENZANO, Teresa Galloti. Introdução. In: FLORENZANO, Teresa Galloti. (Org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008, 318 p.

GALO, M.L.B.T. et al. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Planta daninha,** Viçosa, v. 20, p. 07-20, 2002.

GOOGLE EARTH. **Cnes / Spot image, 2012.** Disponível no software Google Earth. Acesso em: 25 mai. 2012

GUIMARÃES, Alfredo Arantes. **Gestão de recursos hídricos – Utilizando o Arcmap para a delimitação de bacias hidrográficas e a extração de redes de drenagem.** 9 de julho de 2010. Disponível em: <<http://blog.geoprocessamento.net/2010/07/delimitacao-de-bacias-hidrograficas-e-a-extracao-de-redes-de-drenagem/#comments>> . Acesso em: 25 mai. 2012.

GUIMARÃES, Daniel Pereira; REIS, Rui Bran Januário dos; LANDAU, Elena Charlotte. **Índices pluviométricos em Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 88 p. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/879085>> . Acesso em: 12 jun. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico: 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010rpv.asp?o=4&i=P>>. Acesso em: 25 fev. 2012.

LOPES, Luis Felipe Dias. **Análise de componentes principais aplicada à confiabilidade de sistemas complexos**. 2001. 138f. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Santa Catarina. Disponível em:<http://www.qualimetria.ufsc.br/teses_arquivos/luis.pdf> Acesso em: 18. Mai. 2012

MARGALEF, Ramón. **Limnología**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão Das Águas. **Glossário de Termos da Tecnologia da Informação**: Publicação específica para a I Oficina do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. 2008a. Disponível em: < http://comites.igam.mg.gov.br/images/glossario/glossario_termos.pdf >. Acesso em: 19 jan. 2012.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental; Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário do Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 20 mai.2008b. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 30 abr. 2012

MINAS GERAIS. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais: relatório trimestral**. Sistema Estadual de Meio Ambiente, 2010a. Disponível em: <<http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Congressos/RMM/relatorio-trimestral2-3o-trim-2010.pdf>> . Acesso em: 25 maio. 2012

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão Das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Grande em 2009**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010b. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/qualidade-das-aguas>> . Acesso em: 05 maio. 2012

MORAIS, Marcos Antônio de; CASTRO, Wagner Antonio Chiba de; TUNDISI, José Galizia. Climatologia de frentes frias sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua influência na limnologia dos reservatórios de abastecimento de água. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p. 205 - 217, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a05v25n2.pdf>> .Acesso em: 25 mar. 2012

MOURA, Ana Clara Mourão. Silva, Jorge Xavier da. Geoprocessamento aplicado à caracterização e planejamento urbano de Ouro Preto – MG. In: SILVA, Xavier da. Jorge; Z AidAN. Ricardo Tavares (Org). **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, Cap.6, p. 217-256

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Séries históricas de vazões**. Operador nacional do sistema elétrico, 2011. Disponível em: < http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx> Acesso em: 20 jan. 2012

PAOLLILO NETO, Victor. Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho bovino na Embrapa pecuária sudeste. Colégio São Carlos; Embrapa pecuária sudeste; Universidade de São Paulo – Centro de Recursos hídricos e ecologia aplicada. São Carlos, 2006. In: Instituto Construir e conhecer. Goiânia: **Enciclopédia Biosfera**, n.5, 2008. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2008/avaliacao%20da%20qualidade1.pdf>> Acesso em: 05 jul. 2012

PARREIRAS, Mateus. Rios são ignorados e estradas estão saturadas em Minas. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 26 jun. 2012. Disponível em: < http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/06/26/interna_gerais,302365/rios-sao-ignorados-e-estradas-estao-saturadas-em-minas.shtml>. Acesso em: 27 jun. 2012.

PIRES, José Salatiel. R.; SANTOS, José Eduardo.; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002, Cap. 1, p. 17-35

PORTO, Monica. F. A; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. São Paulo: v.22, n. 63, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>>. Acesso em: 15 mai. 2012

PROGRAMA ÁGUA AZUL. **Programa Água azul: Nitrogênio Total**. Disponível em: < http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_06.php>. Acesso em: 23 Jul. 2012.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Panorama da água doce no Brasil**. In **Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, IEA/USP, 1997.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha ; BRAGA, Benedito ; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2002. Cap.1, p. 1-37.

REIS, Rui Bran. J. **Apostila de Climatologia**. Belo Horizonte: PUC Minas, 1992.

SABINO, Claudia de Vilhena Schayer. et al. Análise de alguns aspectos da qualidade da água da Bacia do Rio Paraopeba utilizando estatística multivariada. **Revista de biologia e ciências da terra**, v.8, n. 2, p. 6-18, 2008. Disponível em: <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/Estatisticamultivariada.pdf>>

Acesso em: 18. maio 2012

SANTA CATARINA. Departamento Estadual de Infraestrutura. **O que são barragens**. 2010. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/barragens/o-que-sao-barragens/>>. Acesso em: 15 jan.2012.

SÃO PAULO. Companhia de tecnologia e saneamento ambiental. **A situação das UGRHis**. São Paulo: Companhia de tecnologia e saneamento ambiental, 2004. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh2204_2207/perh08.pdf> Acesso em: 05 Maio. 2012.

SÃO PAULO. Companhia de tecnologia e saneamento ambiental. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010** . São Paulo: CETESB, 2011. 298 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso: 20 dez. 2011.

SÃO PAULO. Companhia de tecnologia e saneamento ambiental. **Leis e decretos**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/63-Leis-e-Decretos>>. Acesso em: 02 maio. 2012.

SÃO PAULO. Companhia de tecnologia e saneamento ambiental. **Programa de Monitoramento**. São Paulo: Companhia de tecnologia e saneamento. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/124-programa-de-monitoramento>> Acesso em: 05. Maio 2012.

SAUSEN, Tania Maria. Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais. In: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/idades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 05 maio. 2012.

SILVA, Elmo Rodrigues da. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz/ ENSP, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsarg/p/fulltext/brasil/brasil.pdf>> Acesso em: 25 jan. 2012

SILVA, Jonas Guedes Borges da. **Aplicação da Análise de Componentes Principais (PCA) no diagnóstico de Defeitos em rolamento através da Assinatura Elétrica de motores de indução**. 2008. 109f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Itajubá. Disponível em: <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0032606.pdf>> Acesso em: 18 maio. 2012.

SILVA, Xavier da. Jorge; Z Aidan. Ricardo Tavares (Org). **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SISTEMA BASE DE HIDRODINÂMICA AMBIENTAL. **Manual do usuário do sisbahia**: Modelo de qualidade da água. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007. Disponível em: <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/Arquivos_Gerais/Modelo%20de%20Qualidade%20de%20Agua.htm>. Acesso em: 25 maio. 2012

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TEODORO, Valter Luis Lot. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, 2007. Disponível em: < www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf >. Acesso em: 15 maio. 2012

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Lake and Reservoir Bioassessment and Biocriteria: Technical Guidance Document**. EPA, 2011. Disponível em: <<http://water.epa.gov/type/lakes/assessmonitor/bioassessment/lakes.cfm>>. Acesso em: 25 jan. 2012

VIGIL, Kenneth M. **Clean Water: An introduction to water quality and water pollution control**. 2. ed. Corvallis: Oregon State University, 2003.

WANG, Xiao-Long et al. Exploration of relationships between phytoplankton biomass and related environmental variables using multivariate statistic analysis in a eutrophic shallow lake: a 5-years study. **Journal of environmental sciences**, v.19, 2007, p. 920-927. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074207601521> >. Acesso em: 30 maio. 2012

WATANABE, Fernanda Sayuri Yoshino. et al. Avaliação do comportamento espectral da água: estudo de caso do alto curso do rio Paraná (Presidente Epitácio -SP). In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife, 2010. p. 01-08. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/A_22.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2012.