

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA

USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA A
CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU

Ágatha Weinberg

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof. Iene Christie Figueiredo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO
2013

USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA A
CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU

Ágatha Weinberg

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof. Iene Christie Figueiredo, D. Sc.

Prof. Monica Pertel, M. Sc.

Marco Antônio Ribeiro Pessoa, M. Sc.

RIO DE JANEIRO – RJ, BRASIL

agosto/2013

Weinberg, Ágatha

Uso de Índices de Qualidade de Água para a Caracterização da Bacia Hidrográfica do rio Guandu / Ágatha Weinberg - Rio de Janeiro. UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

xii, 166 p. :il.; 29,7 cm.

Orientadora: Prof. Iene Christie Figueiredo, D. Sc.

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Ambiental, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 109-116.

1. Qualidade de Água 2. Índices de Qualidade de Água 3. Bacia Hidrográfica 4. Rio Guandu I. Figueiredo, Iene Christie. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico a todos que sempre acreditaram em mim e me apoiaram.
Mesmo nos momentos em que eu mesma não acreditava.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

À minha orientadora, professora, e amiga Iene Christie Figueiredo, por acreditar na minha capacidade e por me orientar nessa jornada chamada Projeto de Final de Curso. Seus conselhos e apoio foram fundamentais para trilhar esse caminho de conhecimento e aprendizagem durante a minha graduação, em especial, nesses últimos meses.

À professora Monica Pertel por aceitar, prontamente, o convite para participar desta banca e pela atenção com que sempre me recebeu. Ao Marco Antônio Ribeiro Pessoa, meu supervisor no meu primeiro estágio profissional como aluna de Engenharia Ambiental, por aceitar, também, o convite para participar desta banca. Além disso, agradeço por ter dedicado seu tempo transmitindo seus conhecimentos e seus pensamentos positivos a mim, sempre com uma palavra amiga em todas as horas.

A todos os analistas e técnicos da Gerência de Avaliação de Qualidade das Águas do Instituto Estadual do Ambiente, que me receberam com muita simpatia e cumplicidade, na minha primeira experiência profissional, e que contribuíram na elaboração deste trabalho.

Aos eternos amigos feitos ao longo da vida. Especialmente às valiosas amizades iniciadas no colégio Sagrado Coração de Maria e mantidas até hoje, por preencher minha memória com as melhores lembranças. Também aos meus queridos e amados colegas de faculdade, que fizeram da minha graduação em Engenharia Ambiental uma etapa inesquecível da minha vida, repleta de aprendizado, amadurecimento, alegrias e sucessos. Em especial, aos queridos Kella, Diego, Friburgo, Juan, Paulo, Rodrigo Peixoto, Rodrigo Amado e Tomás, e as amadas Nina, Bel, Camila, Fê, Bia, Luiza, Mini, Nanda e Hélinah, por todos os momentos de companheirismo, parceria e felicidade.

À oportunidade de ingressar e concluir minha graduação em uma das melhores universidades do Brasil e a todos os envolvidos com o curso de Engenharia Ambiental que, de alguma maneira, colaboraram com a minha formação por mais de cinco anos.

Ao meu namorado e companheiro César, por todo o amor e carinho partilhado nesses mais de 3 anos. Por me passar confiança e sempre acreditar em mim, por me trazer lucidez e foco nas horas de angústias e fraquezas. Pelo suporte e incentivo para enfrentar todos os desafios encontrados nessa jornada e pela certeza de que sempre estará comigo, caminhando ao meu lado.

Aos meus pais e familiares, pelo amor e incentivo que recebi durante toda a minha vida. De maneira muito especial, agradeço à minha mãe Rosana, que sempre se desdobrou e proporcionou as melhores condições para que eu seguisse minhas aspirações e anseios, além de me apoiar em todos os momentos, mesmo naqueles difíceis. Dedico essa conquista a ela.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à POLI/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Uso de Índices de Qualidade de Água para a Caracterização da
Bacia Hidrográfica do rio Guandu

Ágatha Weinberg
agosto/2013

Orientadora: Prof. Iene Christie Figueiredo, D. Sc.

Curso: Engenharia Ambiental

Resumo: A pressão antrópica crescente na região da bacia hidrográfica do rio Guandu, principal manancial de abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, impõe a necessidade de monitorar a qualidade dos corpos d'água da bacia, devido à contaminação por efluentes industriais e esgotos domésticos. O desenvolvimento de Índices de Qualidade de Água tem como objetivo transformar resultados amostrais individuais em informações consolidadas e simplificadas para os gestores e usuários das águas, visando refletir a condição ambiental dos corpos hídricos. Foram selecionadas 10 estações de amostragem representativas da bacia hidrográfica e, utilizando a série história entre 2000 e 2010, aplicou-se a metodologia de cálculo dos índices: IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP} , IQA_{FAL} , IET e ICT. Apesar das distinções de cada metodologia, os resultados finais se alinham no sentido de convergir na representação da qualidade dos cursos d'água avaliados, ou seja, ambas as metodologias apontam para uma depreciação da qualidade de água mais acentuada no caso dos rios Queimados, Cabuçu e Ipiranga. Os rios dos Poços e Macacos apresentam uma situação relativamente melhor em relação à condição de seus recursos hídricos. O rio Guandu e o Ribeirão das Lajes são considerados os de melhor situação ambiental dentre todos os corpos hídricos analisados nesse trabalho. O IQA_{NSF} foi considerado o mais apropriado ao contexto da bacia hidrográfica do rio Guandu, tendo como índices complementares o IQA_{FAL} e o ICT.

Palavras-chave: Qualidade de Água, Índices de Qualidade de Água, Bacia do Rio Guandu.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Use of Water Quality Indices for Characterization of Watershed of river Guandu

Ágatha Weinberg

august/2013

Advisor: Prof. Iene Christie Figueiredo, D. Sc.

Course: Environmental Engineering

Abstract: The increasingly anthropic pressure on the Guandu's watershed, the main resource of water to the Rio de Janeiro's Metropolitan Region, imposes the necessity of monitoring the quality of the watershed's bodies of water, because of the contamination by industrial effluents and domestic sewage. The development of Water Quality Indexes has the goal of turning individual sample results into easy-to-understand concrete information to the administrators and the users of the water, with the intention of showing the environmental condition of the water bodies. Were selected 10 representative sample sites of the watershed and, by using the historical data series that belong to 2000 and 2010 the methodology to calculate the following indexes was applied: IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP} , IQA_{FAL} , IET and ICT. Despite the distinctions of each methodology, the final results align themselves in the sense of converging into the representation of the evaluated water bodies' quality, i.e., both methodologies show the prominent depreciation of the water quality of the Queimados, Cabuçu and Ipiranga rivers. Poços and Macacos rivers have a better situation when we talk about the quality of their water resources. Guandu river and Ribeirão das Lajes are considered to be the ones with a better environmental situation, between all the water bodies that were analyzed in this work. The IQA_{NSF} was considered the most appropriate to the context of river Guandu's Watershed, having as the supplementary indices IQA_{FAL} and ICT.

Keywords: Water Quality, Water Quality Indexes, River Guandu's Watershed.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	4
3	Revisão Bibliográfica	5
	3.1 Padrões de Qualidade de Água.....	5
	3.2 Variáveis de Qualidade de Água	12
	3.2.1 Parâmetros Físicos	12
	3.2.2 Parâmetros Químicos	15
	3.2.3 Outros parâmetros.....	20
	3.3 Índices e Indicadores de Qualidade de Água.....	21
4	Estudo de Caso	38
	4.1 Área de Estudo.....	38
	4.1.1 Caracterização da Bacia Formadora do rio Guandu	38
	4.1.2 Sistema Guandu	47
	4.1.3 Situação Ambiental.....	53
	4.2 Dados de Qualidade.....	59
	4.2.1 Monitoramento da Qualidade de Água.....	59
	4.2.2 Rede de Amostragem.....	60
	4.2.3 Variáveis de Qualidade de Água Monitoradas	64
5	Metodologia.....	65
6	Resultados e Discussões	67
	6.1 Séries Históricas e Avaliação Estatística.....	67
	6.2 Resultado da Aplicação dos Índices de Qualidade de Água.....	72
	6.3 Avaliação da Condição dos Recursos Hídricos	88
	6.4 Comparação entre os Resultados dos Índices de Qualidade de Água	95
	6.5 Avaliação da Aplicabilidade dos Índices de Qualidade de Água	102
7	Conclusões.....	106
8	Referências Bibliográficas.....	109
9	Anexos	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classes de enquadramento e usos e qualidade da água. Fonte: (ANA, 2009b).....	9
Figura 2: Classes de enquadramento das águas doces e usos respectivos. Fonte: (ANA, 2009b).	10
Figura 3: Curvas médias de variação de qualidade da água utilizadas no IQA _{NSF} . Adaptado de (NSF, 2007).....	25
Figura 4: Curvas médias de variação de qualidade da água utilizadas no IQA _{CETESB} . Fonte: (CETESB, 2013).	29
Figura 5: Fluxograma dos subíndices que formam o IQA _{FAL} . Fonte: (PESSOA, 2010).	33
Figura 6: Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Autoria própria.	38
Figura 7: Municípios integrantes da Região Hidrográfica II. Autoria própria.	39
Figura 8: Bacias Hidrográficas integrantes da Região Hidrográfica II. Autoria própria.	42
Figura 9: Bacia Hidrográfica do rio Guandu e seus principais corpos d'água. Autoria própria. .	43
Figura 10: Esquema geral das unidades integrantes do sistema de geração de energia elétrica e abastecimento de água. Fonte: (LIGHT, 2013).	49
Figura 11: Esquema ilustrativo da transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu. Fonte: (PINTO, 2010).	50
Figura 12: Estações de Amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Autoria própria. ..	61
Figura 13: Estações de Amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu com seus respectivos códigos de identificação. Autoria própria.....	62
Figura 14: Medianas das séries históricas de resultados da variável Coliformes Termotolerantes nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	68
Figura 15: Medianas das séries históricas de resultados da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	69
Figura 16: Medianas das séries históricas de resultados da variável Oxigênio Dissolvido nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	69
Figura 17: Medianas das séries históricas de resultados da variável Fósforo Total nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	70
Figura 18: Medianas das séries históricas de resultados da variável Nitrogênio Total nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	70
Figura 19: Medianas das séries históricas de resultados da variável Sólidos Totais nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	71
Figura 20: Medianas das séries históricas de resultados da variável Turbidez nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.	71
Figura 21: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQA _{NSF} . Autoria própria.	74
Figura 22: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQA _{CETESB} . Autoria própria.	76
Figura 23: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQA _{FAL} . Autoria própria.	78
Figura 24: Mapa temático com os resultados da aplicação do IET. Autoria própria.....	80
Figura 25: Propriedades dos índices e indicadores como critérios de seleção. Fonte: (MARANHÃO, 2007).....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis de qualidade de água do IQA_{NSF} e respectivos pesos e unidades.	26
Tabela 2: Classificação dos valores do IQA_{NSF} em faixas de qualidade. Adaptado de (NSF, 2007).	27
Tabela 3: Variáveis de qualidade de água do IQA_{NSF} e IQA_{CETESB} e respectivos pesos e unidades de medida. Autoria própria.	29
Tabela 4: Classificação dos valores do IQA_{CETESB} em faixas de qualidade. Adaptado de (CETESB, 2013).	30
Tabela 5: Variáveis de qualidade de água do IQA_{FAL} . Adaptado de (COIMBRA, 2011).	32
Tabela 6: Classificação dos valores do IQA_{FAL} em faixas de qualidade. Adaptado de (PESSOA, 2010).	33
Tabela 7: Classificação do Estado Trófico para rios, utilizada pelo IET. Adaptado de (CETESB, 2013).	34
Tabela 8: Intervalos de densidade de cianobactérias e suas respectivas taxações. Adaptado de (SILVA, AURELIANO e LUCENA, 2012).	36
Tabela 9: Classificação dos valores do IQA_{BP} em faixas de qualidade. Adaptado de (SILVA, AURELIANO e LUCENA, 2012)	36
Tabela 10: Classificação dos valores do ICT em faixas de qualidade. Adaptado de (ANA, 2009a).	37
Tabela 11: Disponibilidade Hídrica e Vazões Médias no rio Guandu. Adaptado de (SONDOTÉCNICA, 2006).	52
Tabela 12: Caracterização da situação sanitária atual de rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Parte 1. Adaptado de (FEEMA, 2001).	57
Tabela 13: Caracterização da situação sanitária atual de rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Parte 2. Adaptado de (FEEMA, 2001).	58
Tabela 14: Descrição das estações de amostragem contidas nos rios contribuintes da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Autoria própria.	63
Tabela 15: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{NSF} , para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.	75
Tabela 16: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{CETESB} , para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.	77
Tabela 17: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{FAL} , para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.	79
Tabela 18: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IET, para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.	81
Tabela 19: Consolidação dos resultados do IQA_{BP} , para o período entre 2000 e 2010, na estação de amostragem GN200 (Parte 1). Autoria própria.	83
Tabela 20: Consolidação dos resultados do IQA_{BP} , para o período entre 2000 e 2010, na estação de amostragem GN200 (Parte 2). Autoria própria.	84
Tabela 21: Consolidação dos resultados do ICT, para o período entre 2000 e 2010, nas estações de amostragem dos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 1). Autoria própria.	87

Tabela 22: Consolidação dos resultados do ICT, para o período entre 2000 e 2010, nas estações de amostragem dos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 2). Autoria própria.....	87
Tabela 23: Comparação entre as categorias de resultados do IQANSF e IQACETESB.....	96
Tabela 24: Composição dos percentuais de resultados do IQANSF e IQACETESB, para as estações de amostragem GN201 e GN200. Autoria própria.	98
Tabela 25: Composição dos percentuais de resultados do IQA _{FAL} , IQA _{NSF} e IQA _{CETESB} , para as estações de amostragem QM270 e QM271. Autoria própria.	100
Tabela 26: Parâmetros de qualidade de água que foram analisados nesse trabalho como variáveis discretas ou constituintes dos índices de qualidade de água.	118
Tabela 27: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 1). Autoria Própria.	119
Tabela 28: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 2). Autoria própria.....	120
Tabela 29: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 3). Autoria própria.....	121
Tabela 30: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 4). Autoria própria.....	122
Tabela 31: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem LG350. Autoria própria.	123
Tabela 32 Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem LG351. Autoria própria.	124
Tabela 33: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem MC410. Autoria própria.	125
Tabela 34: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem GN201. Autoria própria.....	126
Tabela 35: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem PO290. Autoria própria.	127
Tabela 36: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem QM271. Autoria própria.	128
Tabela 37: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem QM270. Autoria própria.	129
Tabela 38: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem CU650. Autoria própria.	130
Tabela 39: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem IR251. Autoria própria.	131
Tabela 40: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA _{NSF} , IQA _{CETESB} , IQA _{FAL} e IET, para a estação de amostragem GN200. Autoria própria.....	132
Tabela 41: Consolidação dos resultados finais da aplicação do ICT, para todas as estações de amostragem selecionadas. Autoria própria.	133

1 Introdução

A água é um elemento essencial para todos os processos metabólicos dos organismos vivos e um recurso natural indispensável para a sobrevivência de todos os indivíduos. A água tem como função primordial manter a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e terrestres, sustentando também a produção agrícola ao redor do planeta. Portanto, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são estratégicos para o homem e todas as plantas e animais (TUNDISI, 2003).

Na natureza, a água está em um movimento constante denominado de ciclo hidrológico e se mantém através de diversos mecanismos de transferência de água, como por exemplo: a precipitação, o escoamento superficial, a infiltração, a evaporação e a transpiração. As propriedades de dissolução e transporte, que são inerentes ao meio aquoso e estabelecem um caráter extremamente dinâmico para a questão da qualidade de água, conduz ao fato de que as características de um curso d'água são resultantes tanto dos processos que ocorrem na massa líquida, quanto dos fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem do mesmo corpo hídrico. Dessa forma, o sistema aquático de uma bacia hidrográfica não é composto unicamente por um rio e engloba toda sua bacia de contribuição.

Nas últimas décadas, tem ocorrido uma crescente aceleração na degradação dos recursos hídricos disponíveis para uso e consumo no país. Essa deterioração é anunciada através do aumento do desenvolvimento econômico e da renda per capita de determinadas regiões, que notadamente é sempre acompanhada pelo incremento da pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Para a população, a disponibilidade de água de boa qualidade se traduz em garantia de sobrevivência através do consumo direto e constitui um suporte básico para o desenvolvimento econômico e social (FROTA, 2000).

Tal pressão sobre a água e os ecossistemas aquáticos é evidenciada através da alteração da qualidade das águas. Segundo Sperling (2005), a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e das interferências dos seres humanos na região. Tais interferências são decorrência da poluição das águas que é definida, pelo mesmo autor,

como a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modifiquem a natureza do manancial de maneira que cause transtornos aos legítimos usos que dele são feitos. A poluição das águas pode ocorrer, basicamente, de três formas: introdução de substâncias artificiais e estranhas ao meio, como, por exemplo, o lançamento de agrotóxicos em rios ou a contaminação por organismos patogênicos; introdução de substâncias naturais e estranhas ao meio, como o aporte de sedimentos às águas de um lago; e alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio meio, como, por exemplo, a diminuição do teor de oxigênio dissolvido nas águas de um rio em decorrência da presença de matéria orgânica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). As atividades humanas que causam impactos na qualidade de água, de acordo com Turner et al. (1990) citado por Tundisi (2006), são: atividades industriais; urbanização e despejos de águas residuárias não tratadas; atividades agrícolas; navegação; recreação; turismo; remoção da cobertura vegetal; mineração; construção de diques e canais; construção de represas; drenagem de áreas alagadas; despejo de poluentes no ar; despejos de resíduos sólidos e líquidos de origem industrial e doméstica em cursos d'água; dentre outros.

Os impactos das atividades humanas no ciclo hidrológico e na qualidade das águas de um rio ou de uma bacia hidrográfica decorrem de um grande conjunto de atividades humanas, resultado dos usos múltiplos da água (TUNDISI, 2006). Os principais usos da água são: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística, diluição e transporte de despejos.

Nesse contexto de crescente degradação dos corpos hídricos, aumento e diversificação das fontes de poluição, se faz necessário um acompanhamento das alterações da qualidade de água de um rio ou bacia hidrográfica, de maneira a embasar ações de proteção e recuperação ambiental, com vistas à garantia dos usos atuais e futuros. Estas ações devem fazer parte de um plano integrado de gestão de recursos hídricos, apoiado em programas e políticas governamentais. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente (1997), a gestão de recursos hídricos no país tem, entre outras finalidades, acompanhar as condições dos recursos hídricos disponíveis, definir seus usos e propor melhorias.

Para uma gestão eficiente e controle dos recursos hídricos é imprescindível um monitoramento contínuo e sistemático da qualidade das águas, capaz de fornecer as informações necessárias a um adequado manejo dos ambientes aquáticos (PESSOA, 2010). A avaliação da qualidade da água deve ser feita de forma contínua para assegurar que a geração de dados informe o real estado do corpo hídrico e do seu ambiente aquático, levando em consideração todas as alterações sazonais, como variações climatológicas ou regimes de chuvas. Além disso, tal avaliação tem como referência as condições naturais do corpo hídrico analisado, todavia vai além da comparação com as características originais, já que leva em consideração a qualidade desejada para essa água em função dos usos previstos e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica ou da região de contribuição do rio. Consequentemente as características qualitativas esperadas para a água dependem do uso que se deseja para a mesma, ou seja, é variável (PESSOA, 2010).

Com a finalidade de solucionar conflitos entre os usos da água e alavancar a preservação ou recuperação qualitativa e quantitativa de rios e bacias hidrográficas, faz-se preciso um programa de monitoramento da qualidade da água com o objetivo de fornecer subsídio para avaliar as condições e características atuais do corpo hídrico e, além disso, propiciar informações para tomada de decisões com relação ao gerenciamento deste recurso. A caracterização de um manancial se dá por um estudo sistemático qualitativo das águas, através de informações em relação às características físicas, químicas e biológicas da água, por meio de amostragens dos corpos d'água. Ao se estabelecer um sistema de monitoramento é preciso estar bem claro o seu objetivo, assim como estabelecer os parâmetros a serem monitorados e qual a metodologia a ser adotada (ALVES, 2012).

É evidente que pela natureza multifatorial da problemática da degradação da qualidade dos corpos hídricos, a gestão desses recursos é feita de forma a envolver diversos atores sociais e frentes de ação. Dessa forma, se faz ainda mais necessário que as informações resultantes de um sistema de monitoramento de qualidade de água sejam extremamente objetivas e claramente interpretáveis, a fim de serem bem utilizadas pelas partes responsáveis, não somente por técnicos ou especialistas em qualidade de água.

Atualmente, a maioria dos relatórios confeccionados com o objetivo de agregar informações sobre avaliação e interpretação de dados de qualidade de água são extremamente extensos e detalhados, utilizando técnicas estatísticas, séries históricas de parâmetros e modelos matemáticos. Ao longo do tempo e do espaço, são gerados uma gama diversa de informações analíticas dispersas em um banco de dados que precisam ser convertidas em dados de caráter mais sintético, para conseguir descrever e representar de forma mais eficiente o estado atual e as tendências da água.

Nesse sentido, a aplicação de Índices de Qualidade de Água (IQA) tem a finalidade de transformar as informações oriundas dos monitoramentos em uma forma mais acessível, incorporando uma visão sistêmica, e de fácil entendimento pelos gestores deste recurso e também pelas populações que utilizam estes mananciais (COIMBRA, 2011). Assim, aqueles que não são especialistas no assunto podem valer-se dessas informações para subsidiar suas ações gerenciais ou simplesmente adquirir tal conhecimento.

Diante do exposto, esse trabalho se propõe a avaliar a qualidade de água de um conjunto de rios formadores de uma importante bacia hidrográfica do país, a bacia hidrográfica do rio Guandu, por meio da aplicação de diversos índices de qualidade de água encontrados na literatura mundial e nacional. A bacia hidrográfica do rio Guandu é responsável pelo abastecimento de mais de 80% da população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, através do tratamento das águas do rio Guandu realizado pela Estação de Tratamento ETA-Guandu. Os rios formadores desta bacia hidrográfica atravessam áreas com grande desenvolvimento urbano e industrial e, conseqüentemente, com grandes problemas ambientais que repercutem de forma negativa nas características das águas destes corpos hídricos.

2 Objetivos

Dentro do contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a qualidade das águas da bacia hidrográfica formadora do rio Guandu baseada na utilização de índices de qualidade de água.

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- Avaliar a condição dos recursos hídricos da bacia formadora do rio Guandu através de séries históricas e estatísticas básicas das principais variáveis de qualidade de água monitoradas na bacia de estudo durante o período entre 2000 e 2010;
- Aplicar a metodologia de cálculo de índices de qualidade de água através do cálculo dos índices: IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP} , IQA_{FAL} , IET e ICT;
- Comparar as condições da qualidade de água através dos resultados dos índices de qualidade de água dos rios Macacos, dos Poços, Queimados, Cabuçu, Ipiranga e Guandu, além do ribeirão das Lajes (cursos d'água formadores da bacia de estudo);
- Avaliar a influência dos cursos d'água formadores da bacia hidrográfica do Rio Guandu na qualidade de água na captação da ETA Guandu;
- Avaliar a aplicabilidade dos índices de qualidade de água utilizados nesse trabalho. Verificar qual índice é o mais adequado em relação à gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica responsável pelo abastecimento de água de uma importante região, considerando alguns critérios para seleção e aplicação de índices.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Padrões de Qualidade de Água

Existem inúmeros marcos regulatórios sobre os recursos hídricos no Brasil, representados por uma série de leis e normas que consolidam uma política de valorizações dos recursos naturais. Em 10 de julho de 1934, foi instituído pelo Decreto nº 24.643, o Código das Águas, que é o marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e estabeleceu uma política hídrica moderna, para a época em questão,

abrangendo alguns aspectos como aplicação de penalidades, aproveitamento das águas, regras para concessões e autorizações, fiscalizações, desapropriação e derivações (MIZUTORI, 2009).

Promulgada em 1988, a Constituição Federal em vigência modificou em alguns aspectos o Código das Águas. Uma das principais alterações foi a extinção de alguns casos, previstos no Código das Águas, do instrumento legal de domínio privado da água. Segundo a atual Constituição, todos os corpos d' água são de domínio público. O artigo 225 da Constituição Federal afirma que todas as pessoas têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum e essencial à manutenção da qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Em 31 de agosto de 1981, foi sancionada a Lei nº 6938 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) tem por objetivo basal a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, compatibilizando o desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

A Política Nacional do Meio Ambiente também constituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), que tem como órgão consultivo e deliberativo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A finalidade do CONAMA é assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo do SISNAMA diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (SANTOS e JÚNIOR, 2008).

Em 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), através da Lei nº 9433, com a finalidade de atender ao princípio constitucional da criação e implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A PNRH se baseia em alguns princípios gerais como:

- A água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; e
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação dos instrumentos da PNRH (BRASIL, 1997).

A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos relativos à quantidade e qualidade de água, além da articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários são algumas das diretrizes gerais de ação da PNRH. Ainda são elencados alguns instrumentos a serem empregados para o alcance dos objetivos da PNRH, como:

- Os planos de recursos hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- O sistema de informações sobre recursos hídricos (BRASIL, 1997).

No ponto de vista da gestão de recursos hídricos, para se alcançar a disponibilidade de água (levando em conta os aspectos qualitativo e quantitativo) para a atual e para as gerações futuras é necessário o estabelecimento de padrões de qualidade de água adequados aos respectivos usos dos corpos hídricos, visando à utilização racional e integrada.

Para se definir a qualidade das águas dos sistemas aquáticos é preciso enquadrar os sistemas em classes, considerando seus usos preponderantes e estabelecendo critérios. O enquadramento de corpos d'água foi previsto, inicialmente, na Resolução CONAMA 20/1986, sendo o instrumento que tem como propósito estabelecer o nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de um corpo hídrico ao longo do

tempo, assegurando seus usos prioritários (PNMA II, 2006). O enquadramento de um corpo d'água deve ser baseado não necessariamente no seu estado atual, mas no nível de qualidade que deveria possuir para atender às necessidades da comunidade. As classes de água correspondem a uma determinada qualidade que deve ser mantida, expressa sob a forma de padrões de qualidade como, por exemplo, concentração de poluentes, concentrações de parâmetros de qualidade e limites máximos permissíveis (MIZUTORI, 2009).

A Resolução CONAMA 357/2005 revoga a Resolução CONAMA 20/1986 e dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento. Estabelece, ainda, as condições e padrões de lançamento de efluentes, que foram alteradas e complementadas posteriormente com a Resolução CONAMA 430/2011. Os padrões de qualidade das águas determinados pela Resolução CONAMA 357, em vigência a partir do dia 17 de março de 2005, estabelecem limites individuais para cada substância em cada uma de suas classes de enquadramento.

A Resolução CONAMA 357/2005 considera que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração (CONAMA, 2005). A resolução define classe de qualidade como o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros. Baseada nessa definição, a resolução estabeleceu para o território brasileiro treze classes, sendo cinco para águas doces, quatro classes para água salobras e quatro para águas salinas. Conceitualmente, águas doces são as águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, águas salobras são águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ e águas salinas são as águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (CONAMA, 2005).

O modelo de enquadramento dos corpos hídricos por classes de qualidade faz com que os padrões estabelecidos para cada classe sejam formados pelos padrões mais restritivos dentre todos os usos contemplados naquela classe. Entretanto, a sistematização das classes de qualidade no caso de águas doces, observando o uso a que se destinam, tem em vista que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em usos menos exigentes, desde que não prejudique a qualidade da água (MIZUTORI, 2009).

As águas doces foram classificadas em classe especial e classes 1, 2, 3 e 4. As outras classes relacionadas às águas salobras e salinas não são abordadas nesse trabalho, porém podem ser encontradas de forma detalhada nas fontes bibliográficas deste projeto. A Figura 1 ilustra o conceito disposto acima que relaciona a qualidade de água e seus usos preponderantes com as classes de enquadramento:



Figura 1: Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água. Fonte: (ANA, 2009b).

Nos corpos hídricos em que a condição de qualidade de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias e progressivas de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos. Enquanto não aprovadas as propostas de enquadramento, as águas doces são consideradas classe 2. De forma sintetizada, a Figura 2 trás a caracterização das classes de enquadramento dos corpos d'água e seus respectivos usos preponderantes, no caso das águas doces.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Figura 2: Classes de enquadramento das águas doces e usos respectivos. Fonte: (ANA, 2009b).

As águas destinadas ao abastecimento público, como declarado nas legislações sobre recursos hídricos, são consideradas de uso mais nobre e necessitam de atenção especial devido aos padrões mais restritivos de qualidade de água. Desde 1977, foi atribuída ao Ministério da Saúde (MS) a imputação de criar normas e estabelecer o padrão de potabilidade da água para consumo humano, bem como zelar pelo seu efetivo cumprimento. A legislação vigente é a Portaria MS nº 2914/2011 que define o padrão de potabilidade e os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A Portaria MS nº 2914/2011 é resultado de um amplo processo de discussão para revisão da Portaria MS nº 518/2004, realizado no período entre 2009 a 2011, sob a coordenação do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (RIBEIRO, 2012). A Portaria MS nº 518/2004 foi considerada um significativo avanço por induzir a atuação integrada entre os responsáveis pelo controle e pela vigilância da qualidade da água, sempre sob a perspectiva da avaliação de riscos à saúde humana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

A Portaria MS nº 2914/2011 apresenta algumas alterações como a afirmação de que, para parâmetros físico-químicos, é necessário considerar o histórico de resultados para avaliar se a água está atendendo ou não aos padrões da Portaria, diferente das últimas normas que afirmavam que qualquer resultado unitário fora dos padrões já poderia desclassificar a potabilidade da água. Além disso, a Portaria MS nº 2914/2011 traz avanços importantes com relação ao monitoramento de cianobactérias, introduzindo a necessidade de identificação dos gêneros com a finalidade de se avaliar a presença de algas produtoras de toxinas através da padronização do método para quantificação. Também foi introduzida a recomendação da análise de Clorofila-A no manancial como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias, permitindo maior agilidade no controle da qualidade da água captada (RIBEIRO, 2012). Ainda foram destacadas entre as obrigações específicas dos responsáveis ou operadores do sistema de abastecimento de água para consumo humano, o exercício da garantia do controle da qualidade da água e encaminhamento à autoridade de saúde pública relatórios das

análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água.

3.2 Variáveis de Qualidade de Água

A qualidade da água é comumente definida pela mensuração de suas características físicas, químicas e biológicas, correspondentes a um curso d'água ou um conjunto de rios contribuintes de uma bacia hidrográfica. As características de uso e ocupação do solo da bacia de drenagem e o objetivo do plano de monitoramento são aspectos importantes a serem considerados na escolha das variáveis a serem monitoradas sistematicamente. Essas variáveis indicam a qualidade de água e sinalizam problemas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinados uso específico do corpo hídrico analisado.

No Brasil, o documento que legisla sobre a classificação de corpos d'água e as condições de qualidade de água de acordo com os usos previstos e preponderantes é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357, de 17 de março de 2005. Na seção 3.2, as leis e resoluções pertinentes às condições de qualidade de água e padrões dos corpos hídricos serão tratadas em detalhe.

A seguir, estão descritos alguns dos parâmetros químicos, físicos e biológicos mencionados na CONAMA 357/2005, assim como outros parâmetros que não constam nesta, mas que são importantes na avaliação da qualidade hídrica de sistemas ambientais e são utilizados nas metodologias de índices de qualidade de água aplicadas no próximo capítulo deste trabalho.

3.2.1 Parâmetros Físicos

Cor:

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos (CETESB, 2010). A coloração se dá através da decomposição parcial da matéria orgânica presente nos sólidos, que origina uma série de compostos orgânicos complexos, como ácidos

húmicos e fúlvicos. A presença de coloração também pode ser ocasionada por compostos inorgânicos, como óxidos de ferro e manganês.

A coloração pode ser proveniente de fontes naturais ainda que, quando de origem antropogênica ocorre em maiores riscos pelas características das substâncias. Tal origem antropogênica se dá por meio do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, especialmente de curtumes, indústrias têxteis e de produção de papel (SPERLING, 2005). Na maioria dos casos, a cor da água não representa grandes riscos ambientais ou à saúde humana. Todavia os consumidores ou pessoas que estão em contato com uma água que possui coloração diferenciada pode questionar sua confiabilidade baseada no fator estético.

Turbidez:

A turbidez é conceituada como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma determinada parcela de água, por meio de mecanismos de espalhamento ou absorção de distintos comprimentos de onda. Esse enfraquecimento de intensidade advém da presença de sólidos em suspensão como partículas inorgânicas de rocha, areia, silte ou argila, e detritos orgânicos, tais como algas e outros microrganismos. Também pode ser de origem antrópica, como lançamento de despejos domésticos e industriais ou atividades de mineração, que podem estar associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Além disso, o processo de erosão das margens dos rios e do solo das bacias de contribuição, ação intensificada em períodos chuvosos, além do manejo inadequado do solo incide em aumento excessivo de turbidez que, em último caso, promove alterações geomorfológicas no sistema aquático que recebe esse aporte de sólidos em suspensão.

Elevados níveis de turbidez são esteticamente desagradáveis e prejudiciais ao processo de fotossíntese da vegetação mais enraizada ou submersa. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes, influenciando as comunidades aquáticas (CETESB, 2010) e todo o equilíbrio das condições de qualidade da água e seus processos biológicos.

Temperatura:

Representa a medição da intensidade de calor. A variação de temperatura em um corpo hídrico, normalmente, é um evento natural de acordo com variações sazonais e climáticas. Contudo, acentuadas elevações de temperatura de um curso d'água sugerem o lançamento de despejos industriais e efluentes de sistemas de resfriamento. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2010).

A temperatura afeta processos químicos, físicos e biológicos os quais influenciam outras variáveis de qualidade da água. A elevação de temperatura, na maior parte das vezes, aumenta as taxas de reações físicas, químicas ou biológicas, e diminuem a solubilidade de diversos gases, como o exemplo do oxigênio. É observada mudança na taxa de transferência de gases com o acréscimo de temperatura, podendo gerar mau cheiro em alguns casos. Além disso, organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica, temperaturas ótimas para crescimento e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo, ou seja, variações de temperatura não esperadas podem desencadear alterações nas comunidades aquáticas e conseqüentemente nas condições de qualidade da água devido ao desequilíbrio do sistema.

Série de sólidos:

Na temática de qualidade de água, a série de sólidos corresponde a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação de uma parcela de água. De acordo com Sousa (2001), para o entendimento analítico, a concentração total de sólidos em uma amostra é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação de 103 a 105 °C. Esses resíduos são chamados de sólidos totais, pela literatura pertinente, e são divididos entre sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis), posteriormente empregando métodos gravimétricos para determinação precisa das diferentes frações.

Para um recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Além disso, a presença de sólidos em um corpo d'água aumenta a turbidez, ocasionando o declínio das taxas de fotossíntese influenciando a produção primária e o teor de oxigênio dissolvido.

3.2.2 Parâmetros Químicos

Oxigênio Dissolvido (OD):

Todos os organismos do planeta estão dependentes, de alguma forma, do oxigênio para manter a atividade metabólica que produz energia para o crescimento e para a reprodução (SOUSA, 2001). Essa variável representa a concentração de oxigênio dissolvido (OD) em uma parcela de água, sendo seu resultado estreitamente ligado a outros parâmetros condicionantes, como por exemplo, salinidade, temperatura, pressão atmosférica e atividade fotossintética.

As principais fontes de oxigênio na água são: troca com a atmosfera (aeração); produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese e; a própria água (PEREIRA, 2004). O processo de troca com a atmosfera se dá pela diferença de pressão parcial entre o ar e a água que impulsiona a introdução de oxigênio na água. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de organismos através da conversão de energia e gás carbônico em glicose e oxigênio puro. Além dessas possibilidades, o oxigênio por ser dissolvido na massa d'água por meio da aeração promovida por cachoeiras, quedas d'água ou outros mecanismos de turbulência.

O oxigênio dissolvido é uma das principais variáveis utilizadas no controle dos níveis de poluição nas águas e na caracterização de seus efeitos, principalmente no caso de despejos industriais ou lançamentos irregulares, de origem doméstica, que contem elevadas taxas de matéria orgânica. No processo de decomposição do material orgânico feito por bactérias e outros organismos, grandes taxas de oxigênio dissolvido são consumidas através de processos respiratórios dos indivíduos atuantes. Dessa forma, valores baixos de OD podem ser associados com a presença de material orgânico,

provavelmente advindo de esgotos ou despejos irregulares, e grande quantidade de biomassa de bactérias aeróbicas decompositoras.

Deve se ressaltar que, no caso de um corpo hídrico eutrofizado, o crescimento excessivo de algas pode “mascarar” a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido (CETESB, 2010). Como descrito anteriormente, uma baixa concentração de oxigênio dissolvido acusa a presença de material orgânico e conseqüentemente, fontes de poluição domésticas ou industriais, enquanto que altas concentrações, entre os valores considerados médios e o valor correspondente à concentração de saturação, representam águas teoricamente “limpas”. No entanto, o crescimento exacerbado de algas e macrófitas, devido à eutrofização, pode alavancar os valores de OD para concentrações superiores à 10mg/L, induzindo uma conclusão errônea sobre a condição da qualidade da água em questão. Além disso, a solubilidade do oxigênio decresce à medida que a temperatura e a salinidade aumentam, surgindo como fator limitante da capacidade de autodepuração dos sistemas hídricos.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO):

A DBO e a DQO são variáveis de qualidade de água que possibilitam determinar a quantidade de matéria orgânica presente nos corpos hídricos através da medição do consumo de oxigênio de um corpo hídrico, assim sendo considerada uma medição indireta. Como já mencionado, a matéria orgânica presente nos corpos d'água é uma das principais causas do problema da poluição das águas, tendo como origem plantas, animais e despejos domésticos ou industriais. Na realização dos processos metabólicos de estabilização e decomposição da matéria orgânica é inerente o consumo de oxigênio dissolvido, desequilibrando o meio.

O material orgânico pode ser classificado entre fração biodegradável e não biodegradável. Fundamentada nessa classificação, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização e metabolização da fração de material orgânico biodegradável existente em uma amostra ou parcela de água. Esta metabolização é responsável por transformar os compostos orgânicos biodegradáveis em matéria inorgânica estável como água e gás carbônico. Por conseguinte, a grande presença de matéria orgânica pode impulsionar uma condição de

anoxia para o corpo hídrico, provocando o desaparecimento e morte de espécies e a desarmonia do sistema. Valores elevados de DBO podem indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (CETESB, 2010).

Da mesma forma, a demanda química de oxigênio (DQO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química da fração de material orgânico não biodegradável existente em uma amostra ou parcela de água. Segue o mesmo preceito de oxidação de matéria orgânica e consumo de oxigênio descrito acima, servindo de indicador de poluição hídrica e qualidade de água.

pH:

O chamado potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ , assinalando para condições de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. Os valores de pH são capazes de oferecer indícios sobre a qualidade de um corpo hídrico ou sobre que tipo de poluição química está presente na água. Em um curso d'água, a variação do pH depende de vários fatores naturais, como clima, geologia e vegetação, porém também pode ser resultado de interferências antropogênicas.

A forma constituinte responsável, comumente, por conferir à água valores diferenciados de pH são os sólidos e os gases dissolvidos (SPERLING, 2005). De tal modo que valores de pH afastados dos valores rotineiros afetam a vida aquática, em diferentes proporções. Em sistemas hídricos, altos valores de pH podem estar associados à proliferação de algas e processos de eutrofização, já que o maior número de plantas causa o aumento da fotossíntese, elevando o consumo de gás carbônico e, portanto, diminuindo o teor de ácido carbônico da água, conseqüente aumentando o pH (PEREIRA, 2004). No caso de valores baixos de pH, a principal causa é a presença de CO_2 , ácidos minerais e sais hidrolisados, que são claros indicativos de presença de efluentes industriais ou despejos domésticos.

Série Fosforada:

O fósforo é um elemento fundamental ao ecossistema aquático, sendo parte essencial e fator limitante de diversos processos biológicos que ocorrem na coluna d'água. É assinalado como um dos nutrientes primordiais para o crescimento de microrganismos

responsáveis pela estabilização de matéria orgânica e para a produção primária de um corpo hídrico.

Em ambientes aquáticos, o fósforo apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. As principais fontes naturais desses compostos são a dissolução de partículas de solo e a decomposição de matéria orgânica. Todavia, o aporte de compostos fosforados nos cursos d'água é, em sua maior parte, de origem antropogênica através de despejos domésticos e industriais, lançamentos de substâncias detergentes ou fertilizantes (SPERLING, 2005). Ainda pode ter sua origem na drenagem de áreas agrícolas, com o escoamento de excrementos de animais, elevando também os índices de fósforo nos cursos hídricos.

A ocorrência de fósforo em corpos hídricos lânticos e lóticos se dá, em sua maioria, na forma de fosfatos provenientes do descarte de esgotos domésticos e despejos industriais (MIZUTORI, 2009). O lançamento de despejos ricos em fosfatos num curso d'água pode, em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes nitrogenados, estimular o crescimento de organismos fotossintetizantes, chegando até o desencadeamento do processo de eutrofização com florações indesejáveis e oportunistas (PEREIRA, 2004). O crescimento descontrolado de algas modifica algumas características físicas, químicas e biológicas do corpo aquático, promovendo, por exemplo, odores ocasionais, mudanças na cor da água, diminuição da concentração de OD, diversas secreções tóxicas, mortandade de peixes, que podem chegar a diminuir a biodiversidade do ambiente.

Série Nitrogenada:

Assim como a série fosforada, os compostos nitrogenados são considerados nutrientes para os processos biológicos e podem ser encontrados, nos corpos hídricos, nas seguintes formas: nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão), nitrogênio amoniacal ou amônia (livre ou ionizada), nitrito e nitrato. Possuem, basicamente, a mesma procedência dos compostos fosforados, através de despejos domésticos e industriais, e lançamentos de substâncias fertilizantes. Além disso, a presença das diferentes formas de nitrogênio nos ecossistemas aquáticos pode se dar por fenômenos naturais e fatores não antrópicos como a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, a fixação química e a dissolução de outros compostos.

Em um corpo hídrico, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer algumas informações sobre a qualidade desta água e respectivo estágio de poluição, associando às atividades desenvolvidas nas margens desse corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como um todo.

O nitrogênio amoniacal é encontrado em duas formas dissolvidas: a amônia livre (NH_3) e a amônia ionizada (NH_4^+). A amônia livre tem caráter extremamente tóxico, dependendo das condições de pH e de temperatura para se manter dentro de certos limites que não impactam negativamente no ambiente aquático. No entanto, altos valores de amônia ionizada são encontrados em ambientes anóxicos, caracterizados por uma intensa mineralização da matéria orgânica. O nitrogênio amoniacal ainda pode ser associado, e servir como um indicador, de poluição ou contaminação de caráter recente já que a amônia representa uma forma do nitrogênio em seu estágio de oxidação mais inicial. Uma vez que os esgotos sanitários e os lançamentos industriais apresentam a amônia como forma de nitrogênio dominante, o monitoramento sistemático dessa variável pode assinalar a presença de contaminação recente.

Avançando nos estágios de oxidação dos compostos nitrogenados, o nitrito é o estado intermediário entre a amônia e o nitrato. Altas concentrações de nitrito podem significar uma grande atividade bacteriana e carência de oxigênio. Já o nitrato é a forma mais estável do nitrogênio em estágio final de oxidação, sendo um dos principais nutrientes dos produtores primários (PEREIRA, 2004).

Metais Pesados:

Os metais pesados são classificados como micropoluentes inorgânicos que apresentam características de toxicidade e bioacumulação na cadeia trófica. Através de despejos domésticos e industriais não controlados, as atividades antropogênicas acrescentam aos corpos hídricos quantidades de metais que se somam aos pequenos teores correspondentes ao intemperismo natural de rochas. A poluição da água por metais pesados é a causa de sérios problemas ecológicos em vários países, o que é agravado pela falta de processos naturais para a eliminação destes elementos.

Dentre os metais considerados mais tóxicos para os ecossistemas aquáticos, incluem-se os metais cádmio, cromo, mercúrio, níquel, chumbo e zinco. Possuem como principais

fontes os despejos industriais de diversas tipologias, como indústrias metalúrgicas, bélicas, refinarias, garimpos, entre outros.

3.2.3 Outros parâmetros

Coliformes Termotolerantes:

Os coliformes termotolerantes representam um parâmetro microbiológico muito importante para o monitoramento da qualidade de água. As bactérias do grupo coliforme são consideradas indicadores primários da contaminação fecal das águas, servindo para assinalar, de forma indireta, a existência de alguns organismos patogênicos, especialmente vírus, bactérias e protozoários que são mais dificilmente localizados e caracterizados. Portanto, a presença de coliformes termotolerantes não indica necessariamente a existência de organismos patogênicos, porém indica essa probabilidade.

Coliformes termotolerantes compreendem apenas uma porção do grupo coliforme e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente já que são bons indicadores de qualidade das águas em termos de poluição por despejos domésticos e esgotos sanitários (PEREIRA, 2004). As principais alterações causadas pelo aumento do nível de coliformes termotolerantes incluem: o declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, a elevada concentração de micropoluentes e a presença de organismos patogênicos.

Cianobactérias:

As cianobactérias são microrganismos com características celulares procariontes (bactérias), porém com um sistema fotossintetizante semelhante ao das algas (eucariontes). Daí a dupla denominação utilizada: algas cianofíceas ou cianobactérias. A fotossíntese é o principal modo de obtenção de energia para o metabolismo, entretanto, sua organização celular comprova que esses microrganismos são procariontes, sendo muito semelhantes bioquimicamente e estruturalmente às bactérias (RIBEIRO, 2007). Algumas espécies de algas cianofíceas são capazes, além de realizar a redução de dióxido de carbono através da fotossíntese, de promover a fixação biológica de

nitrogênio atmosférico, contribuindo, assim, para o aumento do teor de nutrientes nas águas (GENUÁRIO, 2010).

Várias espécies de cianobactérias podem apresentar um crescimento exagerado conhecido como florações de cianobactérias em corpos d'água, decorrente do acelerado processo de eutrofização. Entre as condições favoráveis para que aconteça o crescimento acelerado de cianobactérias estão temperaturas médias acima de 25°C, pH do meio em torno de 7,5, exposição prolongada à radiação solar e, principalmente, a presença abundante de compostos nitrogenados e fosfatados (RIBEIRO, 2007). A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações em mananciais é a capacidade que estes organismos têm de produzir e liberar toxinas, chamadas nesse caso de cianotoxinas (SILVA, 2009). As florações têm trazido sérios problemas aos sistemas de abastecimento público, não só pela presença de toxinas na massa algal que chega às captações, mas também pela existência de compostos que causam gosto e odor e pela carga de matéria orgânica que acompanha as florações (RIBEIRO, 2007).

3.3 Índices e Indicadores de Qualidade de Água

Atualmente, existe uma busca generalizada por indicadores que sirvam de orientação para os diversos planejamentos setoriais e regionais. O uso de indicadores vem tendo larga aplicação e divulgação na sociedade, para sinalizar o estado de uma feição particular de interesse ou, ainda, aferir a condição de uma variável, comparando as diferenças observadas no tempo e no espaço. Podem ser utilizados para avaliar políticas públicas ou para comunicar ideias aos tomadores de decisão e ao público, em geral de forma direta e simples. Em síntese, os indicadores são tão variados quanto os fenômenos, processos e fatos que eles monitoram, provêm de diferentes fontes e têm três funções básicas – quantificação, simplificação da informação e comunicação (MARANHÃO, 2007).

Segundo Mueller *et al.* (1997), um indicador é definido como uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, podendo ser um dado individual ou um agregado de informações, sendo que um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e

comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado. De acordo com Siche *et al.* (2007), o termo índice representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. Ou seja, a diferença conceitual dos termos “indicador” e “índice” é evidente, já que um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem.

Pelo seu caráter reducionista, em que vários itens de qualidade são convertidos em uma nota ou avaliação única, os índices são bastante polêmicos, uma vez que mascaram ou atenuam a multiplicidade de condições que ocorrem em um corpo hídrico. Por outro lado, a capacidade de síntese proporcionada por um índice, desde que entendidas suas limitações intrínsecas, é de grande importância para a comunicação com o público (LERMONTOV, 2009).

No caso da gestão dos recursos hídricos, procura-se medir, com os indicadores, as condições dos recursos hídricos de uma determinada bacia e o estado da gestão dos mesmos, bem como as transformações observadas, tanto por esses recursos quanto pela sua gestão (MARANHÃO, 2007). A maioria dos índices de qualidade de água é expressa por valores adimensionais, numa faixa de variação pré-estabelecida e buscam descrever a qualidade da água para um ou mais propósitos específicos (PESSOA, 2010). De acordo com ANA (2012), existe uma grande variedade de índices que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe índice único que sintetize todas as variáveis de qualidade de água, ou seja, geralmente são usados índices para usos específicos como o abastecimento público, preservação da vida aquática ou recreação de contato primário (balneabilidade).

Os relatórios tradicionais de qualidade de águas são técnicos e detalhados e na maioria das vezes são voltados ao público técnico, devido às tecnicidades envolvidas na interpretação dos resultados. A compreensão e interpretação dos dados apresentados podem ser bastante complexas. Esta demanda exigiu a elaboração de indicadores que pudessem ser facilmente entendidos pelos autores institucionais de uma bacia hidrográfica, fossem eles os comitês das bacias hidrográficas, as organizações não

governamentais, os órgãos ambientais, o estado, as prefeituras ou a sociedade civil. Na sua grande maioria, os autores institucionais responsáveis pela gestão e tomadas de decisões no âmbito da bacia hidrográfica são normalmente leigos nos assuntos técnicos e necessitam de dados mais sintéticos para suporte em suas decisões (LERMONTOV, 2009).

Destaca-se, ainda, que não se deve fazer uso exclusivo de índices de qualidade das águas em detrimento de uma análise mais detalhada dos dados gerados em um monitoramento ambiental, muito menos considerar somente um índice como uma ferramenta gerencial para os corpos d'água já que os mesmos apresentam características distintas a cada trecho, devido a sua vazão, ocupação das margens, existência de fontes de poluição, entre outros (COIMBRA, 2011).

Com relação aos índices que tratam especificamente da qualidade da água de uma bacia hidrográfica, o marco inicial se deu em 1965 quando Horton desenvolveu, através de um estudo pioneiro, índices gerais, selecionando e ponderando variáveis analíticas de qualidade de água diversas (LERMONTOV, 2009). Horton (1965) definiu um índice de qualidade das águas baseado em medidas físicas, químicas e biológicas, no qual os parâmetros relacionados foram: OD, pH, coliformes fecais, condutividade elétrica, alcalinidade e cloretos. Este índice não leva em consideração substâncias tóxicas, já que para Horton, em nenhuma circunstância, os cursos de água deveriam conter substâncias que fossem prejudiciais aos seres humanos, animais ou à vida aquática (SOUZA, 2008).

A partir dessa iniciativa, novos índices foram criados e testados em todo o mundo e, para os fins desse trabalho, alguns dos mais utilizados foram escolhidos para serem aplicados ao estudo de caso. Para melhor entendimento, estes estão descritos de forma detalhada, a seguir, e de forma resumida em uma tabela no Anexo E.

a) Índice da Qualidade de Água da National Sanitation Foundation (IQA_{NSF}):

Em 1970, Brown, McClelland, Deininger e Tozer apresentaram um índice de qualidade de água bastante similar em sua estrutura, ao Índice de Horton e o estudo foi financiado pela National Sanitation Foundation. Denominado de Water Quality Index (WQI_{NSF}) ou Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation (IQA_{NSF}), o índice

combinou as opiniões de 142 especialistas, baseado na técnica de Delphi da Rand Corporation, através das respostas a vários questionários, tabuladas e retornadas a cada participante, para comparação de sua resposta com a dos demais participantes a fim de se chegar a um consenso (PNMA II, 2006).

Os especialistas e pesquisadores avaliaram e opinaram sobre a agregação de variáveis analíticas de qualidade de água para a composição do IQA_{NSF} . De trinta e cinco variáveis indicadoras selecionadas no início da pesquisa, nove variáveis analíticas foram escolhidas para compor o índice. Além de instruídos a avaliar o peso relativo e a condição com a qual se apresentava cada variável analítica, segundo uma escala de valores, os especialistas também concluíram que algumas variáveis analíticas teriam uma importância maior sobre outros dentro da mesma formulação. A fim de solucionar esta problemática e combinar estes valores, decidiram aplicar uma média ponderada, com o uso de peso relativo. E finalmente, para que as medidas analíticas pudessem ser agregadas mais facilmente em índices, os especialistas foram solicitados a estabelecer curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada variável analítica. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada variável analítica, bem como seus pesos relativos correspondentes, foram consideradas como o melhor julgamento profissional dos especialistas questionados (LERMONTOV, 2009). As curvas médias de variação de qualidade confeccionadas pelos especialistas da NSF estão plotadas na Figura 3 a seguir:

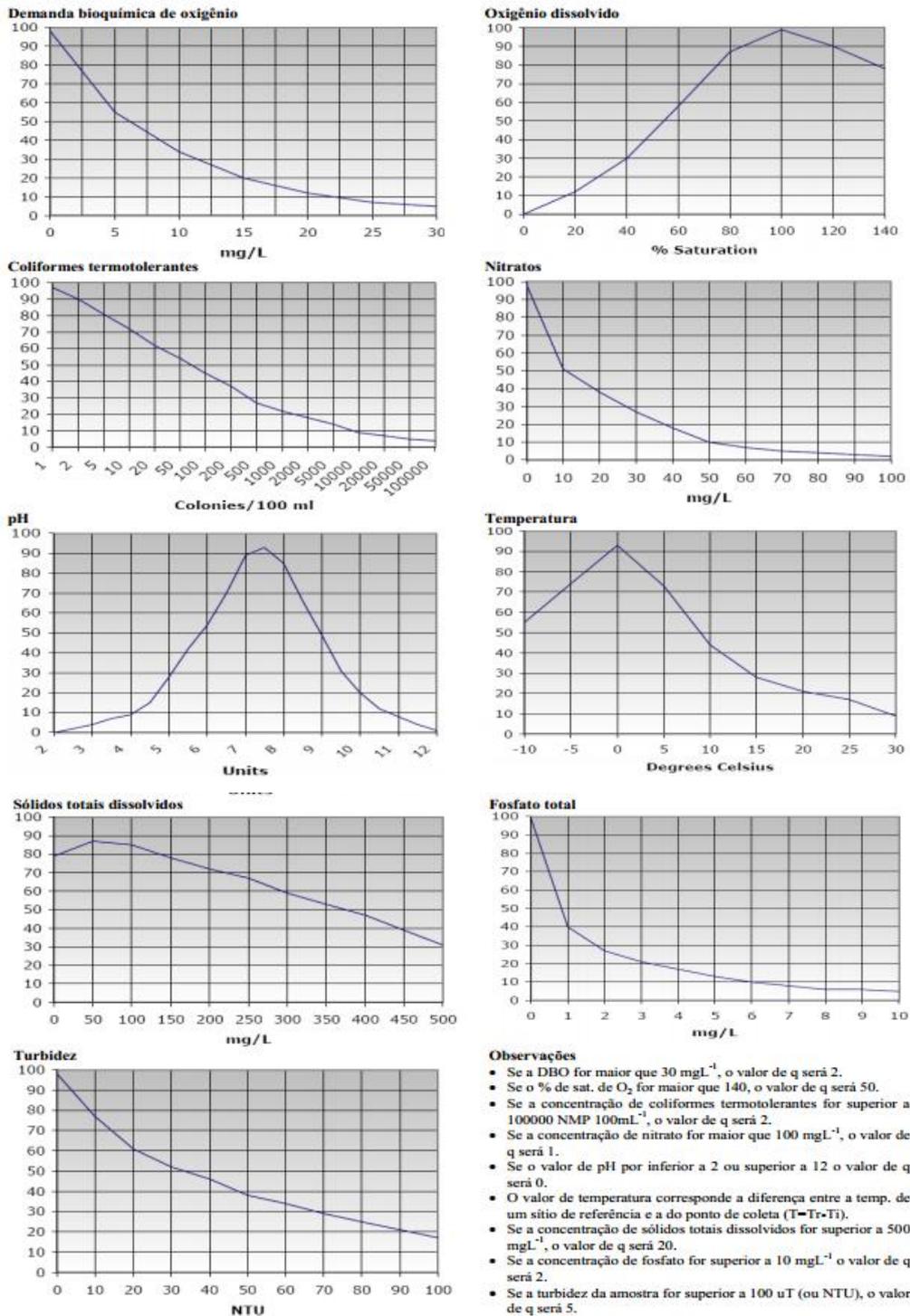


Figura 3: Curvas médias de variação de qualidade da água utilizadas no IQA_{NSF} . Adaptado de (NSF, 2007).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido através da curva média para cada variável analítica, em função de sua concentração ou medida. A Tabela 1 indica os pesos fixados para cada variável de qualidade de água que compõe o IQA_{NSF} .

Tabela 1: Variáveis de qualidade de água do IQA_{NSF} e respectivos pesos e unidades.

Adaptado de (NSF, 2007).

Variáveis - IQANSF	Unidade de medida	Pesos (wi)
Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 mL	0,16
DBO	mg /L O ₂	0,11
Fosfato Total	mg / L	0,10
Nitratos	mg / L	0,10
Oxigênio Dissolvido	% Saturação	0,17
pH	-	0,11
Sólidos Totais Dissolvidos	mg / L	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	uT	0,08

O IQA é calculado através do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo as equações 1 e 2:

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Sendo:

IQA = Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Apesar da forma aditiva, combinação linear com pesos dos subíndices, ter sido muito utilizada de início, atualmente a versão utilizada se baseia em uma forma multiplicativa para evitar eventuais problemas de resultados mascarados, que ocorriam quando um subíndice apresentava valores extremamente baixos de qualidade de água (PNMA II, 2006). Na forma multiplicativa, os mesmos pesos tornam-se potências dos subíndices, como visto acima. O cálculo do IQA fica comprometido caso qualquer uma das nove

variáveis envolvidas não esteja disponível, devido à função matemática do produtório (LERMONTOV, 2009).

A Tabela 2 apresenta os níveis de qualidade de água a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{NSF} , classificados em faixas.

Tabela 2: Classificação dos valores do IQA_{NSF} em faixas de qualidade. Adaptado de (NSF, 2007).

Categoria de Resultados	IQA_{NSF}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$	
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$	
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$	

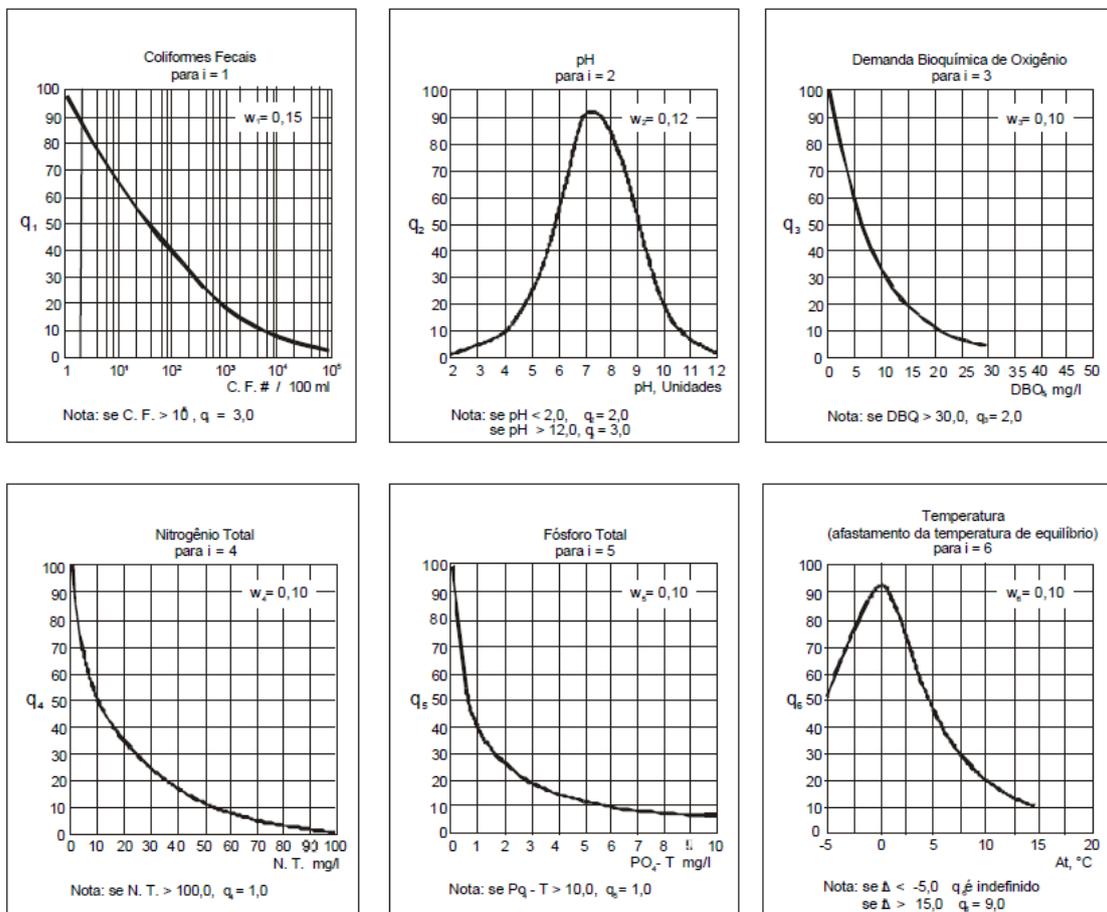
b) Índice da Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}):

No Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) de São Paulo utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do National Sanitation Foundation (IQA_{NSF}). Atualmente, ele é o índice de qualidade de água mais utilizado no Brasil. Os parâmetros de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA_{CETESB} refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, considerando um tratamento convencional dessas águas. Portanto, outros usos da água não são diretamente contemplados no IQA_{CETESB} (ANA, 2012).

Nessa adequação feita pela CETESB, algumas variáveis de qualidade e seus respectivos pesos foram alterados. A modificação dos pesos é verificada para os parâmetros Coliformes Termotolerantes, DBO e pH. Além disso, ocorreu a substituição da variável Nitrato pela variável Nitrogênio Total (somatório da concentração de Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Orgânico) e a troca de Sólidos Totais Dissolvidos por Sólidos Totais. Nos quase trinta anos que se seguiram, outros estados brasileiros adotaram esse índice como principal indicador da condição de seus corpos d'água (ANA, 2005). No cálculo

original do IQA_{NSF} , considera-se o parâmetro Nitrato. No entanto, a CETESB realizou uma adaptação desse parâmetro para o Nitrogênio Total para os cursos d'água do estado de São Paulo uma vez que, nesse caso, grande parte dos rios se mostra comprometida por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de Nitrogênio, como Nitrogênio Orgânico e o Nitrogênio Amoniacal (CETESB, 2007).

As curvas médias de variação de qualidade da água utilizadas pelo IQA_{NSF} foram mantidas, no caso das variáveis que não foram substituídas. Tais curvas correlacionam o valor do resultado obtido através das medições de cada variável e sua implicação em relação à qualidade do sistema hídrico estudado. As curvas médias de variação de qualidade confeccionadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo estão apresentadas na Figura 4.



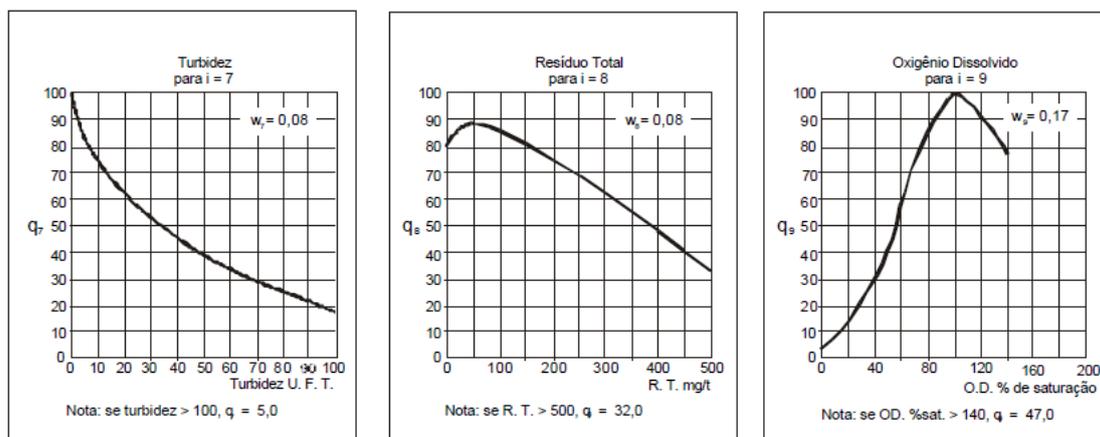


Figura 4: Curvas médias de variação de qualidade da água utilizadas no IQA_{CETESB} . Fonte: (CETESB, 2013).

A Tabela 3 indica os pesos fixados para cada variável de qualidade de água que compõe o IQA_{CETESB} , comparando com o IQA_{NSF} para a verificação de suas adaptações.

Tabela 3: Variáveis de qualidade de água do IQA_{NSF} e IQA_{CETESB} e respectivos pesos e unidades de medida. Autoria própria.

Parâmetros Analíticos	Unidade de medida	NSF Pesos (w_i)	CETESB Pesos (w_i)
Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 mL	0,16	0,15
DBO	mg / L O ₂	0,11	0,10
Fosfato Total	mg / L	0,10	0,10
Nitrato	mg / L	0,10	Não aplica
Nitrogênio total	mg / L	Não aplica	0,10
Oxigênio Dissolvido	% Saturação	0,17	0,17
pH	-	0,11	0,12
Sólidos Totais Dissolvidos	mg / L	0,07	Não aplica
Sólidos Totais	mg / L	Não aplica	0,08
Temperatura	°C	0,10	0,10
Turbidez	uT	0,08	0,08

O IQA_{CETESB} também é calculado através do produtório ponderado resultando em um valor entre 0 e 100, entretanto essa versão do índice apresenta faixas de classificação dos níveis de qualidade de água diferenciadas, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: Classificação dos valores do IQA_{CETESB} em faixas de qualidade. Adaptado de (CETESB, 2013).

Categoria de Resultados	IQA_{CETESB}	Faixas
ÓTIMA	$100 \geq IQA \geq 80$	
BOA	$80 > IQA \geq 52$	
REGULAR	$52 > IQA \geq 37$	
RUIM	$37 > IQA \geq 20$	
PÉSSIMA	$20 > IQA \geq 0$	

Como já mencionado anteriormente, os nove parâmetros que compõem o IQA_{CETESB} refletem, principalmente, a poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial. As atividades agrícolas e industriais, entre outras, também geram um maior número de poluentes (ex.: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), que não são analisados pelo índice. Além disso, mesmo se considerando apenas o uso para abastecimento público, o IQA_{CETESB} não analisa outros parâmetros importantes para esse uso, tais como os compostos orgânicos com potencial mutagênico, as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos e a presença de parasitas patogênicos (ANA, 2005).

c) Índice *Fuzzy* de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}):

Atualmente existem algumas propostas de índices de qualidade de água desenvolvidos com base na lógica nebulosa. O termo “lógica nebulosa” ou *Fuzzy Logic* pode ser usado em vários sentidos. Em sentido estreito, lógica nebulosa refere-se aos sistemas que generalizam a lógica clássica bivariada para raciocínio sob incertezas que utiliza conjuntos nebulosos, conjuntos estes de classes com fronteiras indefinidas. A lógica nebulosa estende a lógica tradicional com a introdução do conceito da verdade parcial, permitindo uma pertinência simultânea e parcial em vários conjuntos em vez de uma inclusão total em um conjunto definido (LERMONTOV, 2009).

Lermontov propôs um novo índice de qualidade das águas, o Índice Nebuloso de Qualidade das Águas (INQA), baseado em lógica nebulosa e comparou os resultados obtidos com índices calculados através das diversas metodologias já propostas como, por exemplo, a do IQA_{CETESB} . No INQA foram utilizados os nove parâmetros que

compõem o IQA_{CETESB} e os respectivos conjuntos nebulosos foram criados com base nos intervalos, curvas e equações utilizados no IQA_{CETESB} (LERMONTOV, 2009).

Pessoa (2010) propôs o Índice de Qualidade de Água, para ambiente lótico, usando lógica *fuzzy*. O desenvolvimento do Índice de Qualidade de Água, para ambiente lótico, usando lógica *fuzzy*, o IQA_{FAL} , foi realizado nas cinco etapas:

1. Escolha das variáveis de qualidade de água consideradas determinantes;
2. Definição dos universos de discursos e dos conjuntos nebulosos para cada variável de qualidade de água;
3. Definição das funções de pertinência para cada conjunto nebuloso;
4. Determinação dos subíndices usados como entradas para o índice de qualidade de água final;
5. Construção das bases de regras para o cálculo do índice de qualidade de água final (PESSOA, 2010).

Todas as etapas foram desenvolvidas a partir de um amplo debate com a equipe de especialistas em qualidade de água do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A versão final do IQA_{FAL} utiliza sete variáveis de qualidade de água na sua formulação, descritas a seguir e resumidas na Tabela 5:

- Duas variáveis biológicas que buscam descrever o equilíbrio do ecossistema aquático.
- Duas variáveis químicas que representam o potencial de eutrofização do ambiente.
- Duas variáveis representativas da dinâmica de oxigênio (disponibilidade e consumo).
- Uma variável indicadora do grau de contaminação da água por fezes, que representa indiretamente o nível de risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica (COIMBRA, 2011).

Tabela 5: Variáveis de qualidade de água do IQA_{FAL}. Adaptado de (COIMBRA, 2011).

Tipo	Nome
Biológicas	Índice de Diversidade de Shannon-Weaver
	Densidade de Cianobactérias
Nutrientes	Fósforo Total
	Nitrogênio Amoniacal
Oxigênio	Oxigênio Dissolvido
	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Bacteriológica	Coliformes Termotolerantes

Faz-se necessário destacar a variável biológica chamada “Índice de Diversidade de Shannon-Weaver”, que não foi citada no capítulo sobre parâmetros de qualidade de água. A Diversidade de Shannon-Weaver é calculada com base no número de taxa identificado no fitoplâncton e no número de indivíduos de cada táxon, ou seja, é a relação quantitativa entre a riqueza de diferentes categorias biológicas e a abundância relativa de espécies dentro das comunidades (COIMBRA, 2011).

A modelagem que usa a lógica *fuzzy* não costuma ser prática com mais de quatro variáveis de entrada devido ao crescimento exponencial das bases de regras. Para contornar essa limitação, costuma-se dividir as variáveis de entrada em sistemas *fuzzy* intermediários e usar a saída desses sistemas como entrada para o sistema final. No desenvolvimento do IQA_{FAL}, optou-se por usar apenas subsistemas com, no máximo, duas variáveis de entrada, divididas em grupos, que deram origem a subíndices que por sua vez foram usados como entrada para o índice final, como ilustrado na Figura 5 (PESSOA, 2010).

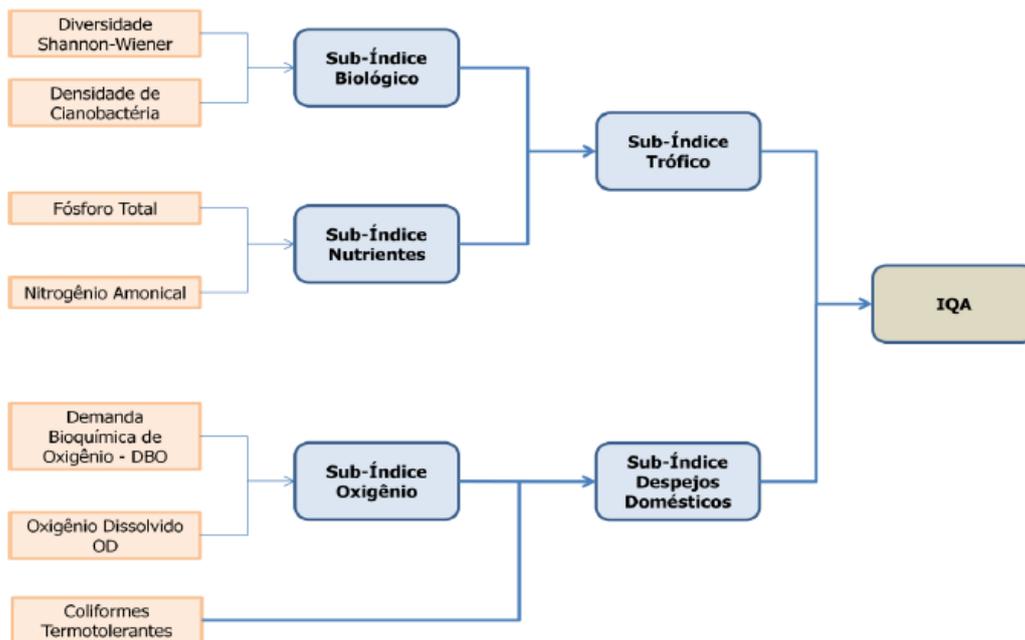


Figura 5: Fluxograma dos subíndices que formam o IQA_{FAL} . Fonte: (PESSOA, 2010).

Em seguida foram estipulados os conjuntos nebulosos e foram determinadas as respectivas funções de pertinência para cada subíndice e para o índice final e seus resultados foram representados por valores de 0 até 100, como os outros índices supracitados. A Tabela 6 apresenta as categorias de resultados, classificados em faixas, dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{FAL} .

Tabela 6: Classificação dos valores do IQA_{FAL} em faixas de qualidade. Adaptado de (PESSOA, 2010).

Categoria de Resultados	IQA_{FAL}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$	
REGULAR	$70 > IQA \geq 50$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$	
PÉSSIMA	$25 > IQA \geq 0$	

d) Índice do Estado Trófico (IET):

O Índice do Estado Trófico (IET) aponta diferentes graus de trofia, que significa a presença excessiva de nutrientes na água, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Apesar de avaliar o estado trófico, o IET não necessariamente reflete a degradação da qualidade da água causada

pelo processo de eutrofização, as quais dependem de outras variáveis, tais como temperatura, turbidez, entre outros (ANA, 2012).

Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, os resultados do IET podem apresentar variações no decorrer do ano. Por exemplo, em geral no Brasil, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, é comum se observar valores mais elevados de IET (CETESB, 2013).

O IET é composto pelo Índice do Estado Trófico para o Fósforo Total (IET_{PT}) e o Índice do Estado Trófico para a Clorofila-A (IET_{CL}), propostos por Lamparelli (2004). Nesse trabalho, o IET foi formado apenas pelo índice calculado pela variável Fósforo Total, já que não existe um montante de resultados suficientes, no banco de dados do INEA, para o cálculo do Índice do Estado Trófico utilizando o parâmetro Clorofila-A.

Os resultados correspondentes ao IET_{PT} devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. O IET_{PT} é estabelecido segundo a equação 3:

$$IET_{PT} = 10 \times 6 - \frac{0,42 - 0,36 \times \ln PT}{\ln 2} - 20 \quad (3)$$

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Classificação do Estado Trófico para rios, utilizada pelo IET. Adaptado de (CETESB, 2013).

Categoria de Resultados	IET	Faixas
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	Azul
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	Verde
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	Amarelo
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	Marrom
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	Vermelho
Hipereutrófico	$IET > 67$	Púrpura

Segundo a classificação acima, um curso d'água classificado como ultraoligotrófico através do cálculo do IET é considerado um corpo d'água limpo, de produtividade

muito baixa e concentrações de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água. Por sua vez, cursos d'água classificados como oligotróficos e mesotróficos são considerados, respectivamente, corpos hídricos de baixa e intermediária produtividade. Os sistemas hídricos avaliados como eutrófico ou supereutrófico, diferentes dos anteriores, são considerados corpos d'água com alta produtividade, com redução da transparência da coluna d'água, com condições naturais afetadas por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água. A última faixa de classificação do IET, denominada de hipereutrófico, corresponde a sistemas aquáticos significativamente afetados por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, comprometendo os usos múltiplos da água, associado a episódios de florações de algas e mortandade de peixes (ANA, 2012).

e) Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}):

Com o objetivo de contribuir com o processo de melhoria contínua do sistema de gestão ambiental das agências de controle, considerando que as florações de cianobactérias representam riscos a saúde da população, o Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}) propõe a inclusão do parâmetro Densidade de Cianobactérias ao Índice de Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}) já detalhado anteriormente. Foi utilizado, como indicador, o número de células de cianobactérias e a respectiva taxação, usadas no cálculo do Índice de Substância Tóxica e Organoléptico ($ISTO_{CETESB}$), criando-se o Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}).

O cálculo do IQA_{BP} é feito por meio do produtório ponderado de dez parâmetros (os nove parâmetros que compõem o cálculo do IQA_{CETESB} e a densidade de cianobactérias), segundo a equação 4:

$$IQA_{BP} = IQA_{CETESB} \times q_i w_i \quad (4)$$

Sendo:

IQA_{BP} = Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público,
um valor entre 0 e 100;

IQA_{CETESB} = Índice de Qualidade de Água CETESB, um valor entre 0 e 100, calculado através da metodologia detalhada nesse trabalho;

$q_i w_i$ = taxaço correspondente à densidade de cianobactérias (Tabela 8), usada no cálculo do Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO-CETESB).

Tabela 8: Intervalos de densidade de cianobactérias e suas respectivas taxaços. Adaptado de (SILVA, AURELIANO e LUCENA, 2012)

Densidade de Cianobactérias (cél / mL)	Taxaço ($q_i w_i$)
Nº de células ≤ 20.000	1,00
$20.000 < \text{Nº de células} \leq 50.000$	0,80
$50.000 < \text{Nº de células} \leq 100.000$	0,70
$100.000 < \text{Nº de células} \leq 200.000$	0,60
$200.000 < \text{Nº de células} \leq 500.000$	0,50
Nº de células > 500.000	0,35

A Tabela 9 apresenta as categorias de resultados, classificados em faixas, dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA_{BP} .

Tabela 9: Classificação dos valores do IQA_{BP} em faixas de qualidade. Adaptado de (SILVA, AURELIANO e LUCENA, 2012)

Categoria de Resultados	IQA_{BP}	Faixas
ÓTIMA	$100 \geq IQA \geq 80$	
BOA	$80 > IQA \geq 52$	
REGULAR	$52 > IQA \geq 37$	
RUIM	$37 > IQA \geq 20$	
PÉSSIMA	$20 > IQA \geq 0$	

Observa-se que o parâmetro Densidade de Cianobactérias causa pouco impacto no IQA_{BP} quando comparado ao IQA_{CETESB} , até o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, ou seja, quando a Densidade de Cianobactérias não ultrapassa 20.000 cél/mL. Quando excede o valor de cerca de 20.000 células por mililitro, o parâmetro densidade de cianobactérias causa impactos relevantes ao IQA_{BP} , como por exemplo, ocasionar a modificação dos valores finais do índice, deslocando-o para categorias de resultados e faixas diferentes.

Assim, quando o IQA_{BP} indicar água para abastecimento público de boa qualidade, a população terá a garantia que a toxicidade provocada pelas florações tóxicas de cianobactérias estará dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

f) Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT):

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) criou uma classificação dos corpos d'água em função das concentrações observadas dos seguintes parâmetros: Amônia, Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livre, Cobre total, Cobre dissolvido, Cromo hexavalente, Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Nitritos, Nitratos e Zinco total. As concentrações destes parâmetros são comparadas aos limites estabelecidos para as classes de enquadramento dos corpos de água determinadas pela Resolução CONAMA nº 357/05 (ANA, 2009a).

A contaminação por tóxicos é classificada em baixa, média ou alta. Na classe baixa as substâncias tóxicas apresentam concentrações iguais ou inferiores a 20% dos limites de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza o ponto de amostragem. Na classe média ocorrem concentrações entre 20% e 100% dos limites mencionados, e na classe alta às concentrações são superiores a 100% dos limites (ANA, 2009a).

A pior situação do conjunto de resultados define a faixa de contaminação. Assim, se um dos parâmetros apresentou um valor acima de 100%, ou seja, o dobro da concentração limite pela legislação, em pelo menos uma das campanhas do ano, a contaminação no ponto de amostragem será classificada como alta (ANA, 2009a). Sendo “P” o padrão definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para determinada variável de qualidade de água, correspondente a uma classe de enquadramento do corpo d'água em questão. As categorias do ICT estão listadas na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação dos valores do ICT em faixas de qualidade. Adaptado de (ANA, 2009a).

Categoria de ICT	Valores de Concentração	Faixas
BAIXA	Concentração $\leq 1,2.P$	Verde
MÉDIA	$1,2.P < \text{Concentração} \leq 2.P$	Azul
ALTA	Concentração $> 2.P$	Vermelho

4 Estudo de Caso

4.1 Área de Estudo

4.1.1 Caracterização da Bacia Formadora do rio Guandu

Localizada na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, a bacia hidrográfica do rio Guandu está localizada na Região Hidrográfica II (RH II) do estado do Rio de Janeiro. A área de abrangência da RH II passa totalmente pelos municípios de Mangaratiba, Itaguaí, Seropédica, Queimados, Engenheiro Paulo de Frontin, Japeri e Paracambi e parcialmente pelos municípios de Miguel Pereira, Vassouras, Mendes, Nova Iguaçu, Piraí, Barra do Piraí, Rio Claro e Rio de Janeiro (VIANA, 2009). As Figuras 6 e 7 representam a localização da Região Hidrográfica II em relação ao estado do Rio de Janeiro e os municípios integrantes da Região Hidrográfica II.

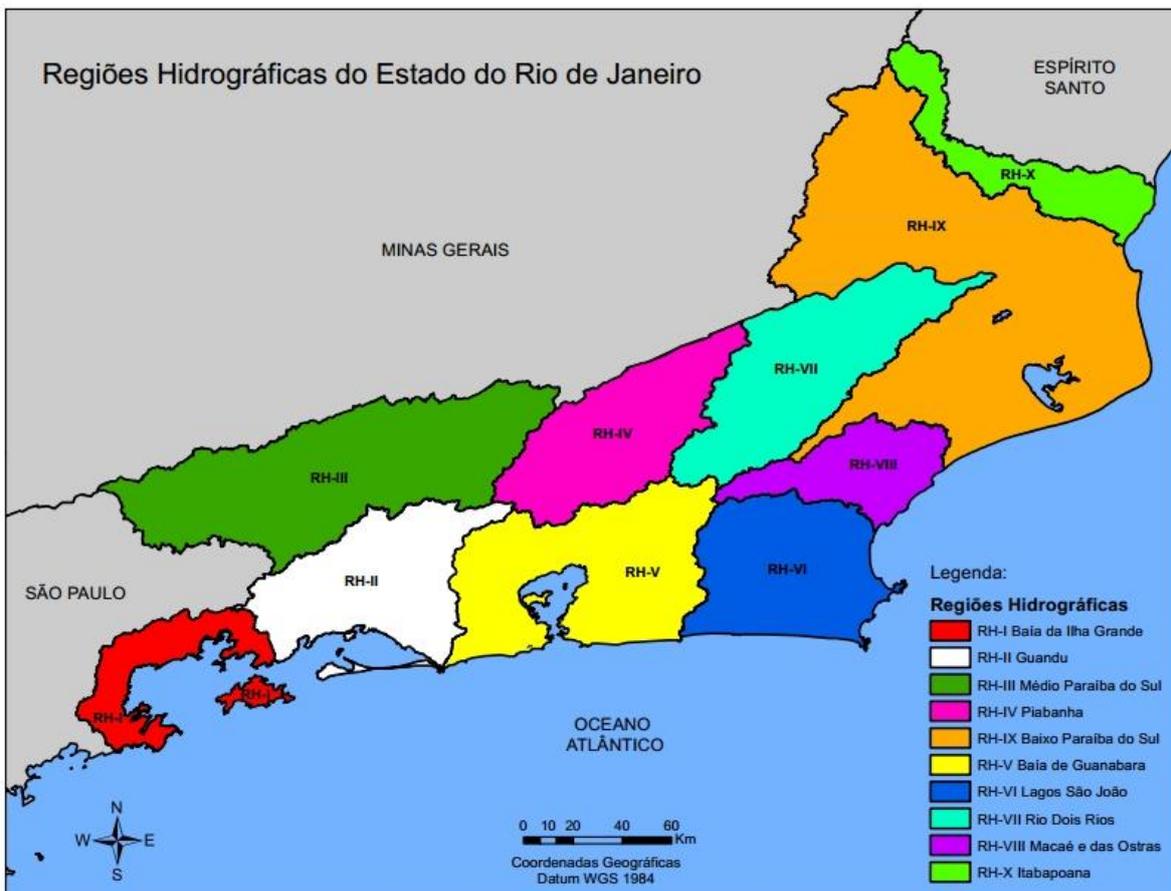


Figura 6: Regiões Hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Autoria própria.

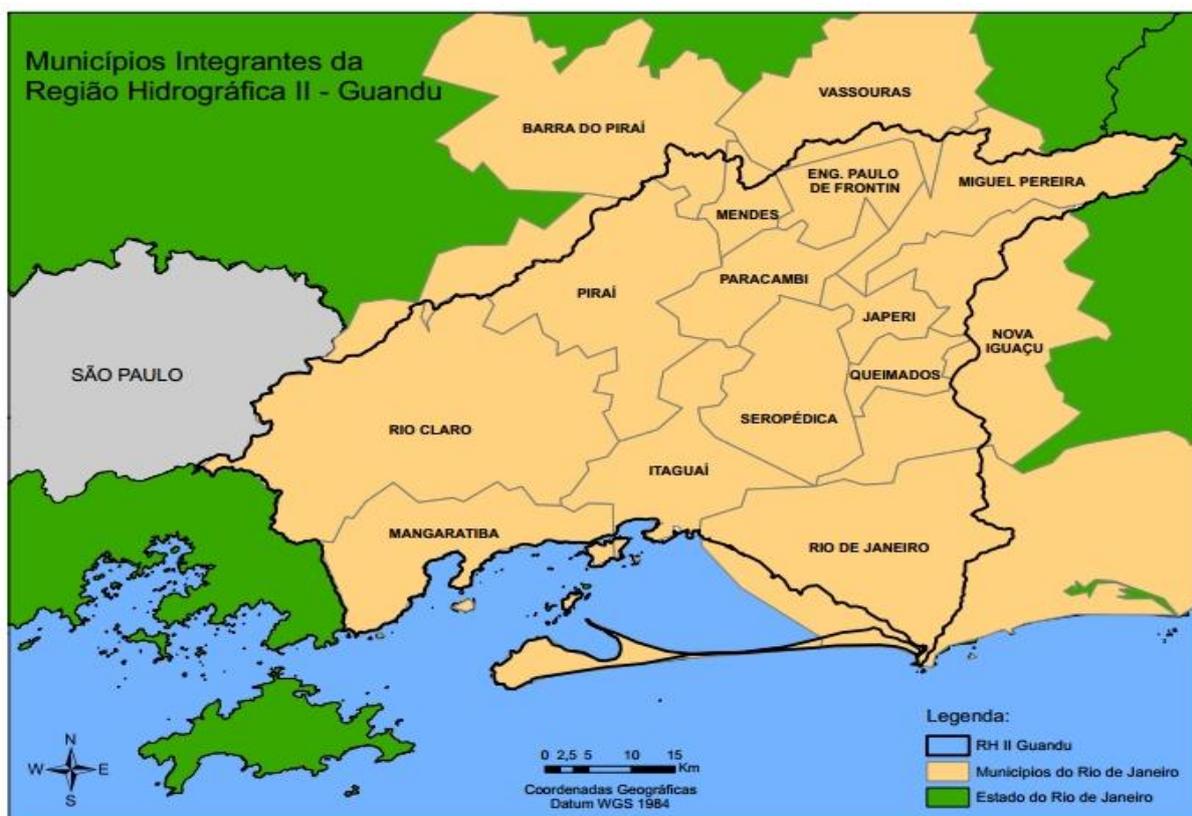


Figura 7: Municípios integrantes da Região Hidrográfica II. Autoria própria.

Os municípios do Rio de Janeiro e Nova Iguaçu, embora com suas sedes municipais fora da bacia, possuem importantes parcelas de seus territórios nela incluídas. Do município do Rio de Janeiro, situa-se na bacia a área correspondente à chamada Zona Oeste, formada pelas regiões administrativas de Campo Grande, Santa Cruz e Guaratiba, além de pequena parcela da região administrativa de Bangu. Do município de Nova Iguaçu, situa-se dentro da bacia parte do distrito de Vila de Cava e do antigo distrito de Cabuçu, o qual teve uma parcela de seu território emancipada pela criação do município de Queimados em 1993. Note-se, ainda, que além de Queimados, emancipado do município de Nova Iguaçu, dois outros constituem desmembramentos municipais recentes, são eles: Japeri, desmembrado também do município de Nova Iguaçu; e Seropédica, desmembrado do município de Itaguaí (CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP, 1998).

Em termos geológico-geomorfológicos, a Região Hidrográfica do rio Guandu apresenta dois conjuntos fisiográficos distintos: o domínio serrano representado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar, maciços costeiros (Pedra Branca,

Mendanha, Ilha da Marambaia); e o domínio de baixada, representado por uma extensa planície flúvio-marinha, atravessada por rios que desembocam na Baía de Sepetiba. Ocorrem ainda colinas residuais de transição entre os domínios serrano e de baixada (SEMADS, 2001).

As planícies costeiras encontram-se nas baixadas quase planas e contornando elevações constituídas de rochas pré-cambrianas, formando a Baixada de Sepetiba e a Restinga de Marambaia. Mostram uma variedade de ambientes deposicionais representados por sedimentos quaternários aluviais de origem fluvial, flúvio-marinho, flúvio-lacustre e de estuários e sedimentos marinhos. As declividades acentuadas das encostas, os elevados índices de pluviosidade e a degradação da cobertura vegetal, proporcionam alta suscetibilidade à erosão por movimentos de massa (escorregamento de solo e rocha, quedas de blocos e lascas de rocha) deixando cicatrizes erosivas associadas a esse evento (SEMADS, 2001).

O clima característico da Região Hidrográfica do rio Guandu é o tropical úmido com temperatura média anual entre 20°C e 27°C e elevados índices pluviométricos, cuja média anual varia de 1000mm a 2300mm. O período de precipitação máxima vai de novembro a março e o de mínima de junho a agosto, sendo que o mês de julho é o mais seco, com precipitação média mensal de 50mm, e janeiro, o mais chuvoso, com média mensal de 300mm. As temperaturas e pluviosidades são mais altas nas planícies, diferente do que é verificado nas vertentes da serra do mar, nos divisores e no reverso da Serra (região do Reservatório e Ribeirão de Lajes, municípios de Rio Claro e Piraí), onde as temperaturas caem e os períodos secos tornam-se maiores (SONDOTÉCNICA, 2006).

Do ponto de vista biogeográfico terrestre, a Região Hidrográfica II situa-se integralmente no bioma da Mata Atlântica, que, no estado do Rio de Janeiro ocupava 97% do território, no ano de 1500. Na atualidade, as florestas existentes abrangem cerca de 40% da área da RH II e são representadas por fragmentos de diversos tamanhos e estágios sucessionais, situados quase que exclusivamente nos topos e encostas das serras, raramente alcançando as margens dos rios nos trechos de baixada. Os fragmentos florestais em melhor estado são encontradas nos seguintes locais:

- Serra do Tinguá, nas cabeceiras dos rios Santana, São Pedro, Santo Antônio e Douro;
- Serra de Mangaratiba, em especial nos vales de Ingaíba e São Brás;
- Serra de Paracambi, na bacia do rio Macacos, a meio caminho entre as cidades de Engenheiro Paulo de Frontin e Paracambi;
- Alto da serra do Mendanha;
- Morro da Marambaia (encostas voltadas para o mar);
- Arredores do Reservatório de Lajes (CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP, 1998).

O Consórcio ETEP-ECOLOGUS-SM (1998) diagnosticou os seguintes tipos remanescentes de vegetação nativa e de classes de uso da terra na bacia de Sepetiba: Floresta Densa e em Estágio Médio de Regeneração, Floresta em Estágio Inicial de Regeneração; Comunidades Vegetais de Afloramento Rochoso, Comunidades Vegetais de Restinga; Vegetação de Mangue; Vegetação de Mangue Degradado; Campo/Pastagem; Áreas Inundadas e Inundáveis; Reflorestamento; Áreas Agrícolas; Solos Exposto e Áreas Urbanas. Intervenções públicas marcantes na região são também as unidades de conservação criadas pelo Poder Público. Dentre elas destacam-se: Reserva Biológica do Tinguá, Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba, Parque Estadual da Pedra Branca, Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba, Estação Ecológica de Pirai e, em projeto, o Parque Estadual do Mendanha (SEMADS, 2001).

A Região Hidrográfica II é composta por sub-bacias, que são: Bacia do Santana, Bacia do São Pedro, Bacia do Macaco, Bacia do Ribeirão das Lajes, Bacia do Guandu (Canal São Francisco), Bacia do Rio da Guarda, Bacias Contribuintes à Represa de Ribeirão das Lajes, Bacia do Canal do Guandu, Bacias Contribuintes ao Litoral de Mangaratiba e de Itacurussá, Bacia do Mazomba, Bacia do Piraquê ou Cabuçu, Bacia do Canal do Itá, Bacia do Ponto, Bacia do Portinho, Bacias da Restinga de Marambaia e Bacia do Pirai (CERHI-RJ, 2006). A Figura 8 ilustra, de forma resumida, a localização da Bacia Hidrográfica do rio Guandu em relação à Região Hidrográfica II.

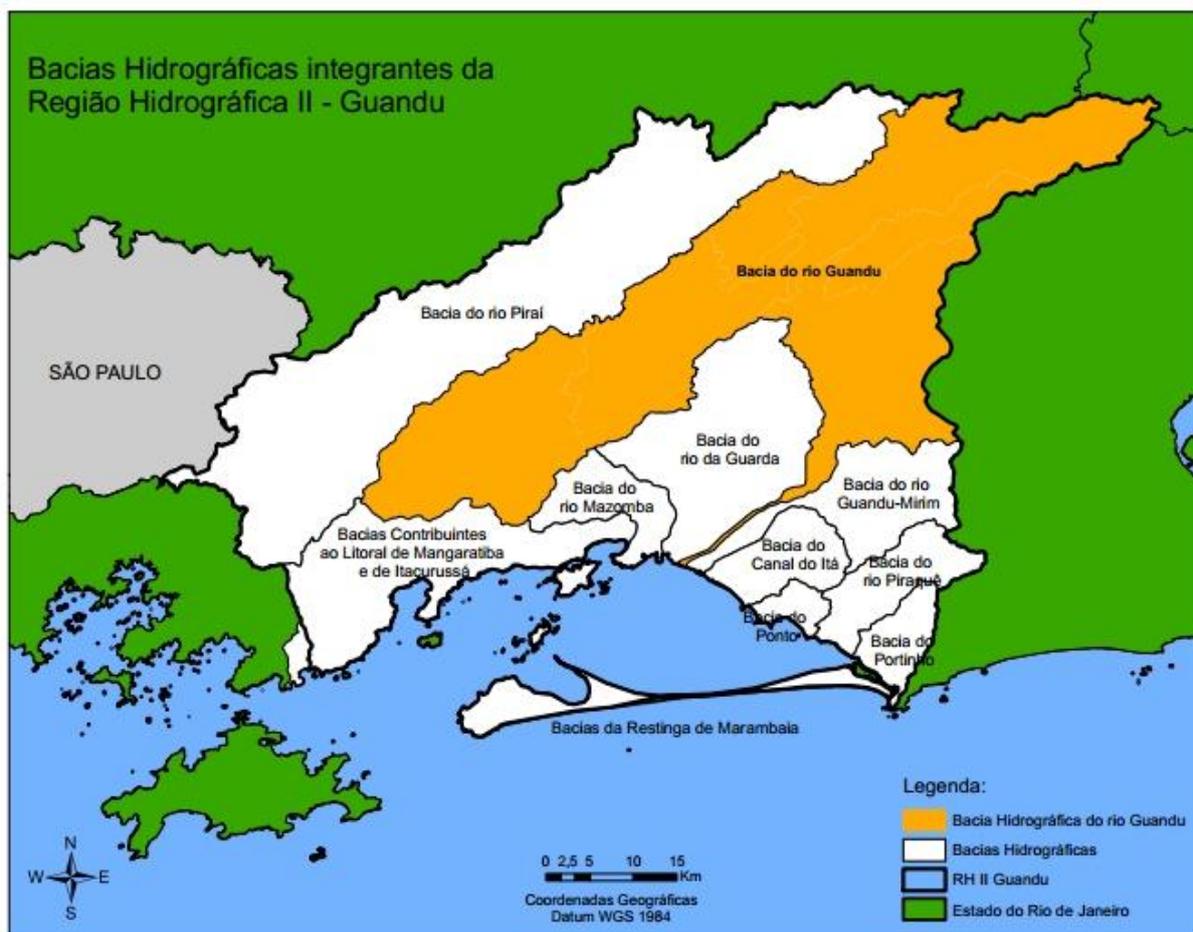


Figura 8: Bacias Hidrográficas integrantes da Região Hidrográfica II. Autoria própria.

A Bacia Hidrográfica do rio Guandu conta com uma área de 1.385 km² e é constituída, integralmente ou parcialmente, por 12 municípios do estado do Rio de Janeiro, como Rio Claro, Rio de Janeiro, Pirai, Paracambi, Engenheiro Paulo de Frontin, Vassouras, Miguel Pereira, Seropédica, Itaguaí, Japeri, Nova Iguaçu e Queimados. Tem como corpo hídrico principal o rio Guandu, formado pelo Ribeirão das Lajes, e como principais afluentes, os rios Macacos, Santana, Cabuçu, Pirai, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga e seu curso final retificado leva o nome de canal de São Francisco (VIANA, 2009). A Figura 9 destaca os principais rios formadores da Bacia Hidrográfica do rio Guandu.



Figura 9: Bacia Hidrográfica do rio Guandu e seus principais corpos d'água. Autoria própria.

Ribeirão das Lajes:

A Bacia do Ribeirão das Lajes abrange cerca de 670 km². Deste total, 326 km² correspondem à área de captação da barragem da Represa de Lajes. O Ribeirão das Lajes, no passado, era um rio contínuo com cerca de 60 km, considerando o Rio Pires como seu formador principal. A foz do Ribeirão das Lajes se dá no encontro com o Rio Santana, na cota de 30 m. As sucessivas obras realizadas na bacia, iniciadas em 1905, com o seccionamento do Ribeirão das Lajes pela Barragem de Salto, formando o Reservatório do Ribeirão das Lajes; os posteriores alteamentos deste reservatório em 1940 e 1943; as obras de desvio Paraíba-Piraí, concluídas em 1952 junto com a construção da Usina Hidrelétrica de Nilo Peçanha e, em 1962, com a entrada em operação da usina de Pereira Passos; promoveram uma segmentação do rio (SEMADS, 2001).

Assim, do comprimento total de 60,5 km: 34 km correspondem ao trecho da cabeceira do Rio do Pires, formador do reservatório, até a barragem do Reservatório de Lajes, incluindo o canal submerso; 2,5 km é a extensão de leito seco entre esta barragem e o remanso do Reservatório da UHE Pereira Passos; 4 km é o comprimento do Reservatório de Pereira Passos e 20 km é o segmento entre a barragem da UHE Pereira Passos e a confluência com o Rio Santana.

Rio Macacos:

A Bacia do Rio Macacos compreende cerca de 80 km². O Rio Macacos nasce na Serra de Paulo de Frontin, em altitude de 800 metros, próximo à localidade de Graminha, e se desenvolve por 16 km. Tem como principais afluentes pela margem direita os Rios Adrianino, São Lourenço, Palmeiras, Sabugo e a Vala da Fazenda Rio Novo e pela margem esquerda, os Rios Santa Clara e Retiro. Depois de percorrer 4 km desde a nascente, ingressa na área urbana de Paulo de Frontin, com planos de várzea mais largos, com margens cobertas de capim. Em Paulo de Frontin sofre problemas de erosão generalizados, pois sua topografia não é favorável à urbanização. Após passar por Paulo de Frontin e percorrer a área urbana de Paracambi, retoma o seu leito normal, com destaque para o remanso na região sul de Paracambi na confluência com o Ribeirão das Lajes, em seu trecho final (SEMADS, 2001).

Rio Santana:

A Bacia do Rio Santana compreende cerca de 320 km², sendo delimitada pelas Serras do Pau Ferro, de Miguel Pereira, Cruz das Almas, do Couto e Bandeiras. O Rio Santana nasce na Serra do Couto, a 1.200 m de altitude, e percorre cerca de 50 km até o encontro com o Ribeirão das Lajes, na cota de 30 m, onde dá origem ao Guandu. O Rio Santana tem como principais afluentes pela margem direita os Rios Facão, São João da Barra e João Correia e, pela margem esquerda, os Rios Vera Cruz, Santa Branca e Cachoeirão e o Canal Paes Leme (SEMADS, 2001).

No alto curso, após um trecho íngreme de cabeceiras, o Rio Santana desce a serra com vale em “v”. O leito é uma mescla de rochas de diversos tamanhos com areia entremuada, alternando pequenas corredeiras e remansos. Em Arcádia, o vale começa a se ampliar e pouco à jusante, em Santa Branca, apresenta um plano de várzea bastante alargado e revestido por pastagens. Todo o seu percurso na baixada é completamente

desprovido de matas adjacentes e existem vários pontos de extração de areia, principalmente nas imediações de Japeri que acarretam buracos nas margens do rio. Em Japeri, situada na cota 30 m, se dá a confluência do Rio Santana com o Ribeirão das Lajes, formando o Rio Guandu. A região do encontro é formada por margens tomadas de vegetação herbácea aluvial (SEMADS, 2001).

A sub-bacia do rio Santana (maior sub-bacia do rio Guandu), embora tenha extensas áreas cobertas com florestas nas partes mais elevadas, apresenta, em seus 340 km² de extensão, um relevo muito acidentado e um longo trecho, às margens do curso principal, com encostas muito íngremes ocupadas com extensas pastagens, onde se observam processos erosivos intensos (SONDOTÉCNICA, 2006).

Rio dos Poços:

O Rio dos Poços é um afluente da margem esquerda do Rio Guandu. Drena uma área aproximada de 243 km², numa extensão de quase 32 km. Sua bacia tem por limites ao norte a Serra de São Pedro, à nordeste a Serra do Tinguá e diversos morros do divisor de águas da Bacia do Rio Capenga, à leste a Serra dos Caboclos e a oeste o divisor de água do Rio Guandu. Seus formadores são os Rios Santo Antônio e o Rio Douro, que têm suas nascentes na Serra do Tinguá. Possui como afluentes principais pela margem direita os Canais Teófilo Cunha e Aníbal e pela margem esquerda, os Canais Quebra-Coco, Pepino e o Rio Queimados (SEMADS, 2001).

A partir da confluência dos Rios São Pedro e Douro, o Rio dos Poços, inicia seu trajeto atravessando a área urbana de Engenheiro Pedreira, maior distrito de Japeri. Neste trecho recebe pela margem esquerda os Canais do Quebra-Coco e Pepino, que drenam áreas urbanas de Queimados. Pouco à jusante desta área recebe pela margem esquerda o Rio Queimados, e segue por mais 7 km até desembocar na Lagoa do Guandu, na cota de 15 m, onde deságua também o Rio Ipiranga. Pelo fato de receber o Rio dos Poços, que é o coletor principal dos efluentes domésticos e industriais das localidades de Engenheiro Pedreira, Cabuçu e Queimados, a Lagoa do Guandu apresenta suas águas comprometidas e sedimentos contaminados. A desembocadura do Rio dos Poços está a cerca de 300 metros da tomada da CEDAE para a ETA Guandu (SEMADS, 2001).

Rio Queimados:

O Rio Queimados, também conhecido por Cambará, Camboatá, Cachorrinhos ou do Bagre, tem como formadores os Rios Camorim e Abel e se estende por cerca de 12,5 km. As cabeceiras do Rio Camorim drenam inicialmente a região de Austin (Nova Iguaçu), que congrega áreas urbanas e de pasto (SEMADS, 2001).

Ao ingressar em Queimados, o rio atravessa o loteamento Vila do Tinguá e segue seu leito até encontrar o Rio Abel. O Rio Queimados inicia-se no ponto de interseção dos Rios Camorim e Abel, no Parque Eldorado. Atravessa inicialmente a área urbana de Queimados, corta a BR 116 (via Dutra) e logo depois recebe pela margem esquerda o Rio Sarapó. Prosseguindo, drena áreas de pastagem e a área urbana de Jacatirão, desembocando em sequência no Rio dos Poços, em local próximo ao Distrito Industrial de Nova Iguaçu (atualmente, Queimados) (SEMADS, 2001).

Rio Ipiranga e Rio Cabuçu:

O Rio Ipiranga, com cerca de 10 km de extensão, tem como principal afluente o Rio Cabuçu, ambos com nascentes na Serra de Madureira. À montante da estrada de Madureira, seus cursos se mantêm com águas relativamente boas, pois drenam áreas da Serra do Mendanha e áreas de pasto na baixada. Recebem parcela significativa dos despejos provenientes dos bairros da área urbana de Nova Iguaçu e de Queimados, e tem suas águas bastante comprometidas, com esgoto, lixo e despejos industriais. Após atravessarem a área urbana, drenam grandes áreas de pasto. Abaixo da confluência do Rio Cabuçu, o Rio Ipiranga penetra numa área alagada e pouco depois desemboca na Lagoa do Guandu (SEMADS, 2001).

Rio Guandu:

O rio Guandu, principal curso d'água da bacia da baía de Sepetiba, drena uma bacia com área de 1.385 km². Tem como principais afluentes, os rios dos Macacos, Santana, São Pedro, Poços/Queimados e Ipiranga. O seu curso final retificado leva o nome de canal de São Francisco. Todo o seu percurso até a foz (ribeirão das Lajes-Guandu-canal de São Francisco), totaliza 48 km (SONDOTÉCNICA, 2006).

No caminho de 24 km desde a usina de Pereira Passos até as barragens da CEDAE, o rio Guandu margeia as áreas urbanas de Japeri e Engenheiro Pedreira, situadas em sua

margem esquerda, e mais abaixo, áreas do município de Seropédica. Pouco abaixo do distrito de Japeri, recebe pela margem esquerda o rio São Pedro, afluente em bom estado de conservação, mas cuja foz vem sendo degradada por diversas atividades poluidoras. A jusante da via Dutra, o curso do rio Guandu segue rumo sul margeando áreas de pastagem até a localidade urbana de Campo Lindo em Seropédica, situada em correspondência com as barragens da CEDAE (SONDOTÉCNICA, 2006).

A montante da ponte da antiga estrada Rio-São Paulo situa-se a ilha da CEDAE, onde o Guandu se divide em dois braços. Em ambos, há barragens pertencentes à CEDAE, e são parte da estrutura de captação do sistema Guandu. Unida ao braço leste encontra-se a lagoa do Guandu, corpo d'água formado por uma das barragens da CEDAE. Nesta lagoa desembocam os rios dos Poços/Queimados e Ipiranga, ambos poluídos por esgotos domésticos, efluentes industriais e lixo. A jusante da ilha da CEDAE, o Guandu atravessa um pequeno trecho com leito pedregoso, formando uma corredeira. A seguir, toma o rumo sudoeste, e percorre cerca de 9 km até adentrar no canal de São Francisco, seguindo por 15 Km até desaguar na baía de Sepetiba. A zona da foz é ocupada por remanescentes de manguezais e nela encontra-se um delta em formação (SONDOTÉCNICA, 2006).

4.1.2 Sistema Guandu

A transposição de parte das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, originalmente concebida para geração de energia elétrica para o Rio de Janeiro, aproveitando um grande desnível na vertente Atlântica da Serra do Mar, foi também utilizada a partir da década de quarenta do século passado para aumentar o suprimento de água para o então Distrito Federal, reduzindo bastante a necessidade de operação de mananciais de pequeno porte (PINTO e BARBOSA, 2010).

O processo que resultou na transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu teve seu marco inicial no início do século XX e é considerado, por especialistas, como um conjunto de obras e sistemas complexos e interdependentes. Em 1905, foram construídos a Barragem e o Reservatório de Lajes, no Ribeirão das Lajes,

tendo em vista o aproveitamento hidrelétrico com a pioneira usina hidrelétrica de Fontes (SERBER, 2005).

Iniciadas em 1907, obras civis de barragem e desvio foram realizadas a fim de aumentar a disponibilidade hídrica do Reservatório de Lajes. Estas obras foram fundamentadas no projeto de desvio de parte das águas do rio Piraí, que possui sua foz no próprio rio Paraíba do Sul. Através da construção do desvio de Tocos, composto por uma barragem e um túnel que conduz por gravidade a parcela de água desviada do curso original, o reservatório recebe uma contribuição média de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ do rio Piraí, podendo chegar ao nível máximo de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ de vazão transportada (SEA PROJECTS, 2012).

A partir de 1943, a cidade do Rio de Janeiro passou a utilizar água da represa de Ribeirão das Lajes, como fonte de abastecimento para a população. Até o ano 1958, este foi a principal fonte de abastecimento, fornecendo $5 \text{ m}^3/\text{s}$ de água de boa qualidade, sem necessidade de tratamento algum, exceto o processo de desinfecção (SERBER, 2005). Em virtude da demanda crescente pelo suprimento da água, se fez necessária a criação de um sistema de abastecimento que fornecesse maiores garantias de oferta. Isto só foi possível com a construção, no ano de 1940, da 1ª Adutora de Ribeirão das Lajes e, em 1949, da 2ª Adutora, o que oferecia uma ampla garantia de abastecimento perene e ininterrupto (LAMEIRA, 2010).

Em 1952, entrou em operação a transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu, sendo feita a partir da Usina Elevatória de Santa Cecília, com capacidade para desviar até $160 \text{ m}^3/\text{s}$ (equivalente a 60% da vazão média de longo termo do rio Guandu) (SERBER, 2005). Essa transposição se apoia no Complexo Paraíba-Vigário constituído pelas usinas elevatórias de Santa Cecília e Vigário, bem como, dos reservatórios de Santa Cecília, Santana e Vigário (LAMEIRA, 2010). De forma resumida, as águas captadas no rio Paraíba do Sul são armazenadas no Reservatório de Santana, onde se misturam com as águas do rio Piraí e seguem para o Reservatório de Vigário, recebendo, ainda, a contribuição de pequenos afluentes da margem direita do rio Piraí. As águas seguem para o Sistema Tocos/Lajes, e deste para o Reservatório de Ponte Coberta até o Ribeirão das Lajes (SONDOTÉCNICA, 2006). A fim de ilustrar a complexidade do sistema de geração de energia e abastecimento de água estabelecido através das usinas e reservatórios construídos e da transposição de parte das águas do rio

Paraíba do Sul para o rio Guandu, a Figura 10 traz o esquema geral desse sistema, incluindo algumas unidades do sistema de geração de energia que não foram citadas anteriormente.



- | | | |
|--|---------------------------------------|--|
| 1 - Reservatório de Santa Branca | 7 - Reservatório de Santana | 13 - Usina Hidrelétrica de Fontes Velha |
| 2 - Usina Hidrelétrica de Santa Branca | 8 - Reservatório de Santa Cecília | 14 - Usina Hidrelétrica Pereira Passos |
| 3 - Reservatório de Tócos | 9 - Usina Elevatória de Santa Cecília | 15 - Pequena Central Hidrelétrica de Paracambi |
| 4 - Reservatório de Lajes | 10 - Usina Hidrelétrica Nilo Peçanha | 16 - Reservatório Ilha dos Pombos |
| 5 - Reservatório de Vigário | 11 - Usina Hidrelétrica Fontes Nova | 17 - Usina Hidrelétrica de Ilha dos Pombos |
| 6 - Usina Elevatória de Vigário | 12 - Reservatório Ponte Coberta | |

Figura 10: Esquema geral das unidades integrantes do sistema de geração de energia elétrica e abastecimento de água. Fonte: (LIGHT, 2013).

Por meio das transposições e desvios, o rio Guandu que em suas condições naturais e originais tinha uma vazão média de cerca de $25 \text{ m}^3/\text{s}$, recebe uma contribuição da transposição do rio Paraíba do Sul de $146 \text{ m}^3/\text{s}$, em valores médios, e de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ do desvio Tocos-Lajes (SONDOTÉCNICA, 2006). Destaca-se que a vazão retirada do rio Paraíba do Sul e transferida para o sistema é superior às vazões naturais médias

oriundas das bacias e/ou rios formadores: rio Pirai possuía vazões médias de cerca de 13 m³/s e rio Guandu de 20 m³/s. Portanto, a transposição do rio Paraíba do Sul ‘inunda’ as bacias de drenagem desses rios, reduzindo a importância da vazão natural. Atualmente a vazão desses rios, sobretudo o Guandu, é regularizada pelo bombeamento do sistema de transposição, reduzindo variações naturais entre as épocas de chuva e seca (PINTO e BARBOSA, 2010). A Figura 11 apresenta um esquema vertical que exemplifica o funcionamento da transposição da parcela de água da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu.

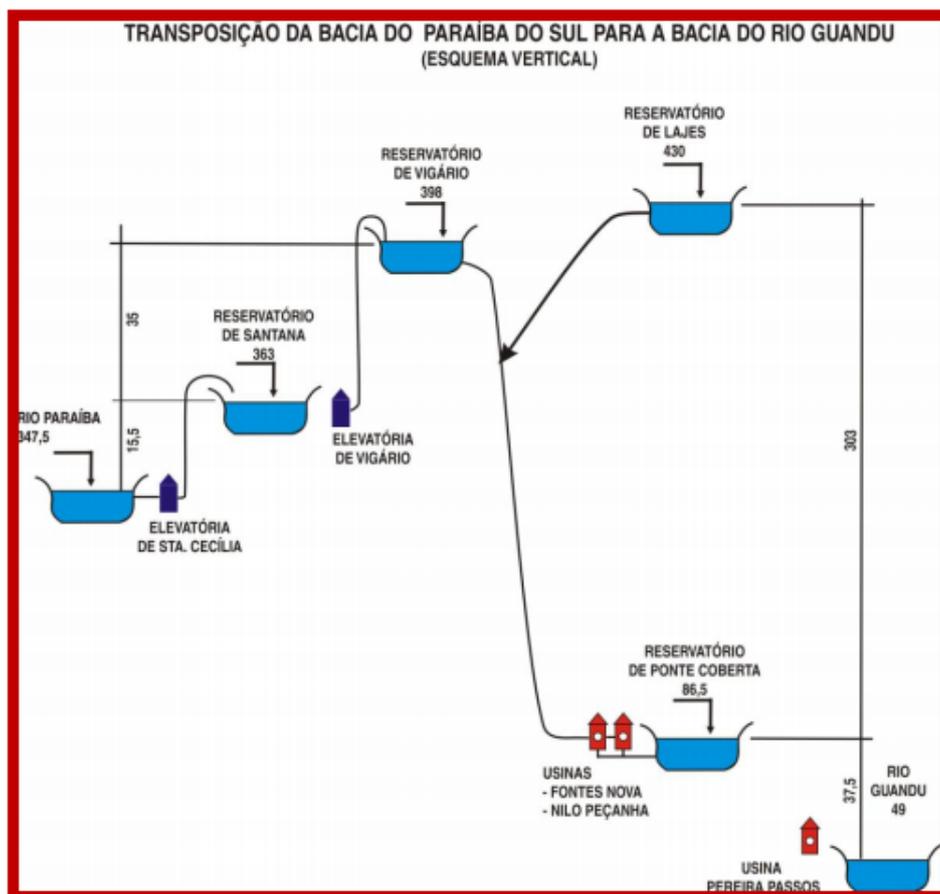


Figura 11: Esquema ilustrativo da transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu. Fonte: (PINTO, 2010).

É extremamente relevante, nesse cenário de aproveitamentos hídricos para geração de energia e abastecimento público, o uso de uma visão integradora e sistemática tanto dos aspectos qualitativos quanto dos quantitativos relacionados com a gestão de recursos hídricos em corpos hídricos. Dessa forma, é importante a incorporação de informações sobre a disponibilidade hídrica dos reservatórios e cursos d’água que

integram a bacia formadora do rio Guandu. A disponibilidade de água na bacia do Guandu é completamente dependente da transposição das águas do Paraíba do Sul, o que nos enseja a pensar na necessidade de uma gestão articulada das bacias. De acordo com Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (2006), a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Guandu depende dos seguintes aspectos: armazenamento e operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas localizadas nas cabeceiras do rio Paraíba do Sul; operação dos reservatórios do Complexo Hidrelétrico de Lajes, responsável pela transposição Paraíba do Sul - Guandu; usos da água pelos empreendimentos existentes no trecho do rio Pirai e Ribeirão das Lajes a montante da usina hidrelétrica Pereira Passos; e usos da água pelos empreendimentos planejados e implantados no trecho do rio Guandu e de seus afluentes entre a usina Pereira Passos e a foz do canal de São Francisco.

Para determinação da disponibilidade hídrica mínima e média ao longo do rio Guandu, considerando os cursos afluentes e trechos regularizados através do uso de reservatórios, o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (2006) utilizou os valores das vazões mínimas $Q_{7,10}$ e vazões médias para os principais afluentes de cada bacia. Para a bacia do rio Guandu, foram consideradas as taxas incrementais de $Q_{7,10}$ e vazão de contribuição linear média de 0,015 e 0,024 m³/s/km, respectivamente, calculadas com base no comprimento do rio Guandu e nas vazões incrementais (SONDOTÉCNICA, 2006). A Tabela 11 apresenta as disponibilidades mínimas e médias ao longo do rio Guandu.

Tabela 11: Disponibilidade Hídrica e Vazões Médias no rio Guandu. Adaptado de (SONDOTÉCNICA, 2006).

Local (avaliação feita por trechos, a partir da UHE Pereira Passos)	Distância rio Guandu (m)	Q _{7,10} afluyente (m ³ /s)	Vazão média afluyente (m ³ /s)	Vazão mínima no rio Guandu (m ³ /s)	Vazão média no rio Guandu (m ³ /s)
UHE Pereira Passos	-	-	-	-	-
Ribeirão da Floresta	0,0	-	-	120,000	163,00
Rio Cacaria	1,2	0,00	0,22	120,002	163,25
Rio da Onça	2,8	0,08	1,31	120,085	164,60
Córrego dos Macacos	5,6	0,06	0,95	120,148	165,61
Rio Macacos	12,2	0,05	0,87	120,212	166,64
Valão da Areia	16,2	0,08	1,34	120,301	168,08
Rio Santana	17,8	0,03	0,52	120,336	168,63
Rio São Pedro	20,7	0,38	6,09	120,718	174,79
Rio Poços/Queimados	25,9	0,12	1,88	120,843	177,80
Ipiranga	44,3	0,24	3,89	121,111	181,12
Foz do rio Guandu	66,7	-	-	121,145	181,66

Cabe ressaltar que foram consideradas como condição de contorno no cálculo das disponibilidades mínimas e médias, as vazões de 120 m³/s e 163 m³/s, respectivamente, valores estes que representam a defluência mínima em condições críticas de estiagem e a defluência média da UHE Pereira Passos, associada ao reservatório de Ponte Coberta, e que foram calculados a partir das equações de regionalização da CPRM. O primeiro desses valores foi obtido da Resolução ANA 211/2003 e 465/2004, e o segundo foi calculado a partir da série de vazões médias diárias do posto fluviométrico localizado nas proximidades da UHE Pereira Passos, para o período 1980 a 2005 (SONDOTÉCNICA, 2006).

No início da década de 50, o contínuo crescimento das demandas de água da cidade do Rio de Janeiro levou à captação das águas do rio Guandu, já acrescidas de águas dos rios Paraíba do Sul, Piraí e Ribeirão das Lajes. Em 1951, iniciou-se um planejamento que suprisse as necessidades de água até 1970 e, anos depois, foi assinado o contrato para a obra da captação e estação de tratamento do Guandu, nomeada de Estação de Tratamento de Água do Guandu, ETA-Guandu, localizada no km 19,5 da Rodovia BR-465 (antiga Estrada Rio-São Paulo), em Nova Iguaçu (COELHO, 2008).

O sistema Guandu de captação e tratamento foi projetado inicialmente para produzir 13,8 m³/s, cuja construção teve início na década de 1950 e terminado em 1955 com a inauguração da velha estação de tratamento de água, sendo posteriormente (1961 a 1964) ampliada para 24 m³/s juntamente com a construção do túnel adutor Guandu-Engenho Novo e da elevatória do Lameirão. No período entre 1978 e 1982, a estação do Guandu foi novamente ampliada para 40m³/s, em consequência da ampliação da área de atendimento após a fusão dos antigos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro. Já entre os anos de 1993 e 1994, uma ampliação para 45 m³/s foi executada, sendo esta a capacidade atual de adução do rio Guandu (COELHO, 2008).

O atual abastecimento de água da RMRJ é garantido por duas captações distintas, ambas situadas na bacia do rio Guandu. A primeira, localizada no trecho inferior do rio Guandu, a jusante da confluência com o rio dos Poços, na Estação de Tratamento de Água do Guandu que trata 43 m³/s e abastece cerca de nove milhões de habitantes (CEDAE, 2013). A segunda captação, correspondente a uma derivação do ribeirão das Lajes a jusante da UHE Fontes Nova, conhecida como "Calha da Cedae", com capacidade máxima de 5,5 m³/s, destina-se ao abastecimento de cerca de 1 milhão de habitantes (VIANA, 2009). A ETA-Guandu é uma responsável por cerca de 80% do abastecimento de água potável da região metropolitana do Rio de Janeiro. Atualmente é considerada a maior estação de tratamento do mundo e produz cerca de 43.000 litros por segundo para abastecer os municípios do Rio de Janeiro, Baixada Fluminense e Itaguaí.

4.1.3 Situação Ambiental

Um crescente polo industrial do Estado do Rio de Janeiro situa-se na região da bacia hidrográfica do rio Guandu, onde existem cerca de 100 indústrias, dentre as quais se destacam as de pirometalurgia, siderurgia, metalurgia, química, têxtil, bebidas, minerais não metálicos e editorial/gráfico (HERMS e LANZILLOTTA, 2012). Por comparação com os outros setores, o setor metalúrgico é o de maior relevância, tanto em função de quantidade produzida, quanto de importância. Seu potencial poluidor é considerável, seja por rejeitos líquidos ou por resíduos sólidos. A indústria química, quanto ao potencial de contaminação por efluentes líquidos e por resíduos sólidos, é a segunda mais importante a ser considerada (SEMADS, 2001).

Junto com o grande crescimento da região, crescem também os problemas de ordem ambiental, principalmente devido à exploração mineral, descargas industriais e de esgotos domésticos. A bacia do Rio Guandu possui relevante uso industrial e urbano, congregando as diferenciadas dinâmicas territoriais da serra e da Baixada Fluminense. Em sua porção serrana encontram-se extensas áreas de solos esgotados, dominados por processos erosivos, que associados a atividades de exploração de areia onde os sedimentos finos, embora proibidos, são lançados de volta nos cursos d'água, e que acrescidas às cargas aportadas do Rio Paraíba do Sul, fazem com que bacia do Guandu seja a principal área de produção e transporte de sedimentos da bacia da Baía de Sepetiba, contribuindo com aproximadamente 75% do aporte total (HERMS e LANZILLOTTA, 2012).

De forma generalizada, é muito precário o atendimento à população da bacia hidrográfica do rio Guandu quanto ao esgotamento sanitário. O tratamento de esgotos nos municípios da bacia do rio Guandu representa aproximadamente 10% do total do esgoto coletado. O destaque, tanto para coleta quanto para tratamento, é dado aos municípios do Rio de Janeiro que trata em torno de 93% do que coleta, e de Nova Iguaçu que trata em torno de 10% do que coleta (COMITÊ GUANDU, 2012). Tal fato leva a uma condição de degradação ambiental crescente em praticamente toda a região. As condições sanitárias da população são precárias, agravando-se ainda mais para a parcela residente nas áreas de baixada, sujeitas a inundações periódicas. A falta de serviços de esgotos tem ocasionado altos níveis de contaminação do lençol freático por coliformes termotolerantes, sendo esta a água disponível para grande parte da população. As áreas de maior criticidade nas regiões de baixada localizam-se em Queimados, Cabuçu, Engenheiro Pedreira e Guaratiba (CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP, 1998).

Em relação aos resíduos sólidos, a degradação ambiental é grave, pois grande parte dos municípios da bacia do rio Guandu possui coleta, considerada ineficiente, de lixo urbano e outros resíduos sólidos. Além disso, a disposição final desses resíduos é totalmente inadequada, em lixões que margeiam rios e encostas, próximos a aglomerações urbanas. A exceção é o centro de tratamento de resíduos de Nova Iguaçu, com poucos anos de operação. A exceção da poluição doméstica, causada pela falta de

infraestrutura de esgotamento sanitário na bacia do rio Guandu, os outros tipos de poluição hídrica contribuem em menor escala, porém não são insignificantes, como o uso de agrotóxicos nas atividades agrícolas, os resíduos sólidos lançados e a erosão das margens dos corpos de água. Essa erosão ocasiona o aumento da vazão sólida, o assoreamento, a diminuição da velocidade de escoamento e o aparecimento de zonas estagnadas com macrófitas, que se alimentam da alta concentração de esgotos domésticos presentes nos rios da bacia em estudo (COELHO, 2008).

O Distrito Industrial de Nova Iguaçu e de Queimados, onde se localizam as empresas significativamente mais poluidoras, é um motivo de grande preocupação, pois se constitui na maior ameaça à tomada d'água da ETA-Guandu, especialmente em função de sua localização, a cerca de 7 km a montante da captação. Cabe ressaltar que, basicamente, estão estabelecidas nos Municípios de Queimados, Itaguaí e na Zona Industrial de Santa Cruz, as indústrias com considerável potencial tóxico (SEMADS, 2001). De acordo com projeto PLANÁGUA/SEMADS sobre bacias hidrográficas e recursos hídricos da bacia da Baía de Sepetiba (2001), a poluição orgânica de origem industrial é de menor relevância, face ao bom desempenho ambiental das principais indústrias com potencial de geração destas cargas, bem como, frente aos níveis de poluição de origem doméstica verificados na bacia, extremamente mais elevados que o potencial atual de geração industrial. Os principais cursos d'água que recebem efluentes industriais são o rio Poços e rio Queimados, que drena áreas industriais do Município de Queimados.

De acordo com Castro (2010), não se pode avaliar a bacia do Guandu de forma isolada, haja vista a interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul. Assim sendo, para analisarmos as tensões e conflitos quanto à qualidade de água em uma bacia como a do rio Guandu, não podemos restringir aos limites à bacia hidrográfica, pois os processos perigosos (poluição, vazamentos, ausência de saneamento) que degradam a qualidade das águas estão interligados pela rede técnica, que por sua vez distorce o sentido contínuo e abstrato da bacia hidrográfica. O fato que ilustra muito bem o papel da ligação das bacias pela rede técnica são os acidentes (vazamentos) ocorridos com produtos tóxicos na bacia do Paraíba do Sul. Um dos exemplos mais recentes foi o vazamento de aproximadamente 8.000 litros do inseticida organoclorado Endosulfan pela empresa Servatis (em Resende, estado do Rio de Janeiro), no rio Pirapitinga,

afluente do rio Paraíba do Sul, em 18 de novembro de 2008. Este vazamento provocou a morte de milhares de peixes e animais em todo o percurso do rio Paraíba do Sul, de Resende até a foz, no município de São João da Barra. Todas as cidades a jusante de Resende localizadas na calha do Rio Paraíba do Sul foram afetadas e a transposição das águas do rio Paraíba ao Sistema Lajes/Guandu foi interrompida (CASTRO e FERREIRINHA, 2012).

A região de Itaguaí é a principal supridora de areia para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo intensa a atividade de extração no leito dos rios e por meio de cavas que deve ser destacada como uma das mais significantes quanto à transformação da qualidade ambiental. A extração de areia vem sendo realizada para atender o mercado da construção civil e a região mais atingida por essa atividade é um trecho de aproximadamente 10 km a montante da captação da ETA-Guandu, situado entre a ETA e a rodovia Presidente Dutra (KIM, 2011). Esta atividade é a causa de grandes danos ambientais, cuja reparação é muito difícil, quando se procura restabelecer as condições naturais. Tal atividade gera diversos problemas ambientais, dentre eles: o desmatamento da área que será utilizada, a retirada da camada superior do solo, o assoreamento dos cursos d'água que receberam ao longo de anos os rejeitos da mineração, a alteração da paisagem, pela criação de dezenas de lagoas artificiais, a alteração da qualidade das águas subterrâneas promovida pela abertura das cavas que podem gerar uma possível contaminação, a emissão de poeira no ar promovida pelo intenso tráfego de caminhões nas estradas de terra que circundam a área de extração, além do rebaixamento do lençol freático (CASTRO e FERREIRINHA, 2012). Na ETA-Guandu, a captação é seriamente prejudicada pelas mudanças físico-químicas da água provocadas por esta atividade. A descaracterização das margens propicia o seu repovoamento por um tipo de vegetação que, além de não fixá-las, se desprende e trazendo, também, problemas operacionais para a captação na ETA Guandu (SEMADS, 2001).

As Tabelas 12 e 13 apresentam de modo resumido, um diagnóstico global da situação ambiental de alguns municípios integrantes da bacia hidrográfica formadora do Rio Guandu.

Tabela 12: Caracterização da situação sanitária atual de rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Parte 1. Adaptado de (FEEMA, 2001).

Município	Principais corpos hídricos	Situação Sanitária
Rio de Janeiro	Rios Cabuçu, Piraquê, Campinho, Guandu-Mirim, Guandu, Prata do Mendanha, Itá, Cação Vermelho e Ponte Branca.	Pedra de Guaratiba, a Zona Industrial de Santa Cruz e o Distrito Industrial de Palmares contam com sistema separador.
Nova Iguaçu	Rios Queimados, Guandu, Guandu-Mirim, São Pedro, Santo Antônio e D'Ouro.	Os esgotos são lançados sem tratamento nos corpos receptores da região, através de galerias de águas pluviais ou de valas a céu aberto.
Queimados	Rios Queimados, dos Poços, Sarapó, Abel, Camorim e Camboatá.	Implantação no distrito sede de um sistema separador de coleta de esgotos; no restante do município, a rede existente encaminha os esgotos domiciliares, despejados em fossas sépticas, através de galeria de águas pluviais, diretamente aos cursos de água locais, sem qualquer condicionamento.
Japeri	Rios Guandu, Poços e Santana.	As duas áreas urbanas principais, que correspondem ao distrito sede (Japeri) e ao distrito de Engenheiro Pedreira, contam com um sistema de coleta de esgotos sanitários.
Miguel Pereira	Rio Santana	Na localidade de Conrado, o esgoto domiciliar é conduzido a cursos de água, sendo o principal corpo receptor o rio Santana, que cruza a área urbana de Conrado e é afluente do rio Guandu.

Tabela 13: Caracterização da situação sanitária atual de rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Parte 2. Adaptado de (FEEMA, 2001).

Município	Principais corpos hídricos	Situação Sanitária
Engenheiro Paulo de Frontin	Rio Macacos	Os esgotos são conduzidos a fossas sépticas individuais ou lançados diretamente em valas, a céu aberto, ou ainda diretamente nas galerias de águas pluviais. Os esgotos têm como destino final o rio Macacos, que cruza a área urbana e é o principal curso de água da região. Nos novos loteamentos implantados na localidade de Morro Azul, no distrito de Paulo de Frontin, os esgotos são coletados em redes de drenagem pluvial e lançados em cursos de água locais, os quais vêm a ser afluentes do rio Santana.
Paracambi	Rio Macacos	Os esgotos sanitários do distrito sede Paracambi e do distrito de Lajes são lançados em valas a céu aberto e em fossas sépticas.
Seropédica	Rio Guandu e Valão dos Bois.	O distrito sede Seropédica não dispõe de sistema de esgotamento sanitário, sendo os esgotos domiciliares despejados em valas a céu aberto, que cruzam a área urbana até os cursos de água locais. A localidade de Campo Lindo conta com disposição de esgotos em fossas sépticas, normalmente providas de sumidouros; nas demais localidades, os esgotos são lançados em valas a céu aberto, para finalmente partirem em direção aos corpos receptores, inclusive na Universidade Rural.

4.2 Dados de Qualidade

4.2.1 Monitoramento da Qualidade de Água

O monitoramento de qualidade das águas é um dos mais importantes instrumentos da gestão ambiental. Ele consiste, basicamente, no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas, visando à produção de informações e é destinado à comunidade científica, ao público em geral e, principalmente, às diversas instâncias decisórias (INEA, 2013). As práticas relacionadas ao monitoramento de qualidade de água incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais específicos, feita em intervalos regulares de tempo, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes de qualidade da água (ANA, 2009b).

Um monitoramento adequado e bem realizado é uma das condições para o sucesso da atividade de controle da qualidade das águas e é ele que fornece as informações necessárias para a implementação das políticas de uso dos recursos hídricos ou controle da qualidade ambiental atual. A atividade de monitoramento inclui além da escolha dos parâmetros a serem analisados, a decisão sobre em que locais e com que periodicidade as amostras de água vão ser coletadas (PESSOA, 2010).

O monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implementação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamento das medidas efetivadas, atualização dos bancos de dados e o direcionamento das decisões. Mais importante do que a quantidade de estações e equipamentos de coleta de dados, é o planejamento das redes e o monitoramento da eficiência do sistema (MAGALHÃES JR., 2000). A definição dos objetivos de um programa de monitoramento geralmente está associada à avaliação da qualidade da água e sua adequação para os usos requeridos/propostos e à indicação da necessidade da implementação de projetos especiais relativos à identificação anterior de problemas específicos (PORTO, 1991).

A escolha dos pontos de amostragem e dos parâmetros a serem analisados é realizada em função do corpo d'água, do uso múltiplo dado a suas águas, da localização de

atividades que possam influenciar na sua qualidade e da natureza das cargas poluidoras, tais como despejos industriais, esgotos domésticos, águas de drenagem agrícola e urbana. Para a instalação de estações de monitoramento dois principais critérios devem ser considerados mais importantes: a representatividade da estação quanto ao uso e ocupação do solo e a acessibilidade, pois o acesso às estações deve ser permitido durante todo o ciclo hidrológico. Locais de difícil acesso, propriedades particulares ou locais sujeitos a restrição de acesso por fenômenos sazonais (como enchentes) devem ser evitados (PINCEGHER, 2010).

De maneira concisa, ao se elaborar um Programa de Monitoramento, deve-se: definir os objetivos do monitoramento; identificar os indicadores de qualidade ambiental a serem privilegiados, com base no conhecimento de cada corpo d'água; selecionar um local de amostragem que seja representativo, a fim de se obter as informações requeridas; definir um Plano de Monitoramento com base nas Metodologias, Normas e Padrões de qualidade de água vigentes; verificar a capacidade da análise em laboratório(s) credenciado(s) para realizar as medições ambientais requeridas; realizar a amostragem de modo que a amostra seja o mais representativa possível, obedecendo a normas técnicas vigentes; interpretar os dados coletados e analisados; desenvolver um banco de dados; formular modelos conceituais e/ou matemáticos com o comportamento do ecossistema em relação a parâmetros e fenômenos de interesse; disponibilizar as informações; e avaliar a viabilidade econômica para a realização e permanência do programa de monitoramento (COIMBRA, 2011).

4.2.2 Rede de Amostragem

Uma rede de monitoramento de qualidade de água é constituída por pontos de coleta, denominados estações de monitoramento, definidos em função dos objetivos da rede e identificados pelas coordenadas geográficas (ANA, 2009b). No estudo de caso realizado nesse trabalho sobre os rios contribuintes da bacia hidrográfica do rio Guandu, foram selecionadas 10 estações de amostragem operadas pelo INEA, ilustradas nas Figuras 12 (visão geral) e 13 (visão aproximada), com os respectivos códigos das estações de amostragem. Além disso, as localizações dessas estações estão descritas na Tabela 14, com as coordenadas geográficas correspondentes.

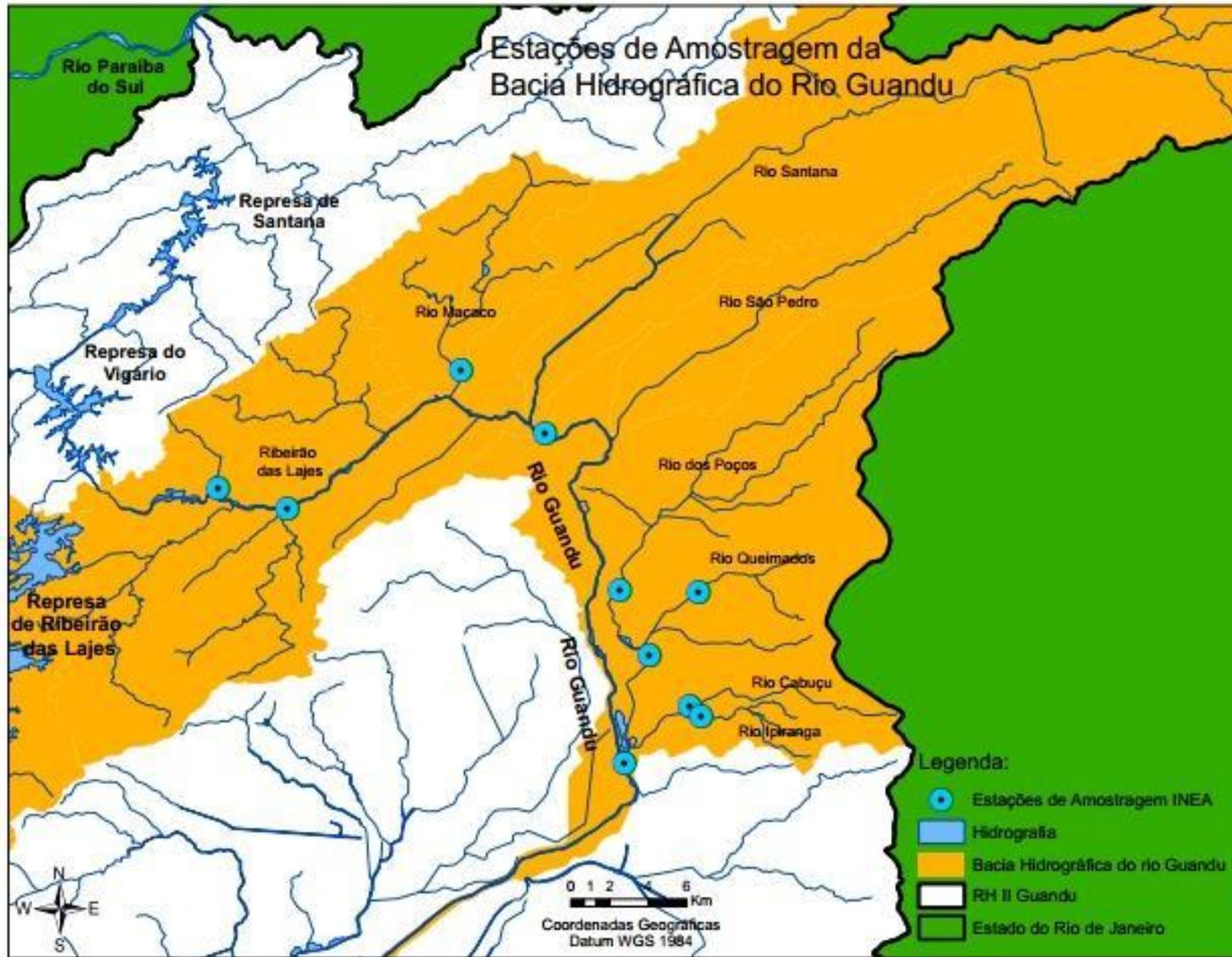


Figura 12: Estações de Amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Autoria própria.

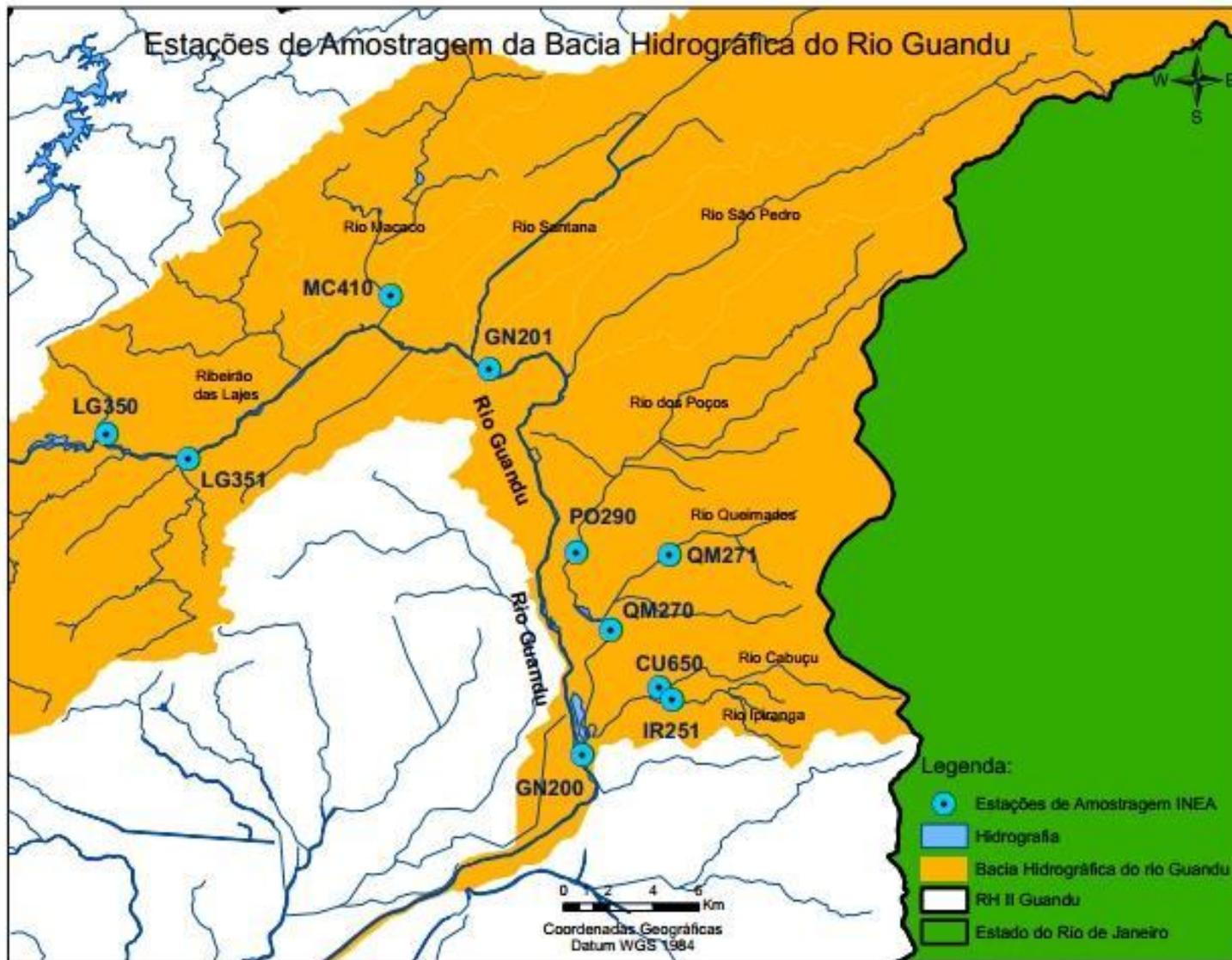


Figura 13: Estações de Amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu com seus respectivos códigos de identificação. Autoria própria

Tabela 14: Descrição das estações de amostragem contidas nos rios contribuintes da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Autoria própria.

Bacia Hidrográfica do Rio Guandu			
ESTAÇÃO DE COLETA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE	LONGITUDE
LG350	Ribeirão das Lages – Na estrada após ponte do Arroio; na ponte coberta virar a esquerda após a junção com a estrada principal; no início da Serra das Araras.	22° 40' 56.47"	43° 48' 59.99"
MC410	Rio Macacos – Rua Romeu Natal; seguir até a ponte Moacir Meirelles Padilha, estrada para Paracambi após passar o Ribeirão das Lages.	22° 37' 41.25"	43° 42' 12.04"
LG351	Ribeirão das Lages – Ponto no cruzamento entre a Via Dutra e o Ribeirão das Lages.	22° 41' 31.75"	43° 47' 03.43"
GN200	Rio Guandu – Rua Jerônimo Ramos, perto da barragem, antes da tomada d'água, acesso por uma variante logo após a Estação de Tratamento do Rio Guandu.	22° 48' 33.73"	43° 37' 38.23"
GN201	Rio Guandu – Estrada de Japeri; antes de chegar à cidade de Japeri.	22° 39' 25.92"	43° 39' 51.19"
PO290	Rio dos Poços – Cruzamento da rodovia Presidente Dutra.	22° 43' 45.33"	43° 37' 46.27"
QM270	Rio Queimados – 20 minutos após junção dos rios Poços e Queimados.	22° 45' 35.17"	43° 36' 56.99"
QM271	Rio Queimados – Ponto sob a ponte da rodovia Presidente Dutra – Rio Camboatá – Pista de subida, sentido Rio–São Paulo.	22° 43' 49.32"	43° 35' 33.16"
CU650	Rio Cabuçu – sob a ponte da estrada que liga a antiga Rio–São Paulo a Lagoinha.	22° 46' 58.21"	43° 35' 48.13"
IR251	Rio Ipiranga – Ponto sob a ponte da estrada que liga a antiga Rio–São Paulo a Lagoinha.	22° 47' 16.01"	43° 35' 29.35"

4.2.3 Variáveis de Qualidade de Água Monitoradas

Com a finalidade de alcançar, com efetividade, os objetivos específicos traçados nesse trabalho, foram selecionados diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos dentre aqueles que são sistematicamente monitorados pelo INEA nas estações de amostragem analisadas nesse estudo. Essa seleção foi feita tendo como base as variáveis de qualidade de água utilizadas nas metodologias de cálculo dos índices de qualidade de água aplicados nesse estudo de caso (IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP} , IQA_{FAL} , IET e ICT). Os parâmetros de qualidade de água que foram analisados nesse trabalho como variáveis discretas ou constituintes dos índices de qualidade de água, durante o período entre 2000 e 2010 foram:

- ✓ Variáveis utilizadas no IQA_{NSF} : Coliformes Termotolerantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Fósforo Total; Nitrato; Oxigênio Dissolvido; pH; Sólidos Totais Dissolvidos; Temperatura; Turbidez.
- ✓ Variáveis utilizadas no IQA_{CETESB} : Coliformes Termotolerantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Fósforo Total; Nitrogênio Total; Oxigênio Dissolvido; pH; Sólidos Totais; Temperatura; Turbidez.
- ✓ Variáveis utilizadas no IQA_{BP} : Coliformes Termotolerantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Fósforo Total; Nitrogênio Total; Oxigênio Dissolvido; pH; Sólidos Totais; Temperatura; Turbidez; Densidade de Cianobactérias.
- ✓ Variáveis utilizadas no IQA_{FAL} : Coliformes Termotolerantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Fósforo Total; Nitrogênio Amoniacal; Oxigênio Dissolvido; Índice de Diversidade; Densidade de Cianobactérias.
- ✓ Variáveis utilizadas no IET: Fósforo Total.
- ✓ Variáveis utilizadas no ICT: Nitrito; Nitrato; Cádmio Total; Chumbo Total; Cobre Total ou Dissolvido; Cromo Total; Fenóis Totais; Mercúrio Total; Zinco Total; Manganês Dissolvido; Níquel Total.

5 Metodologia

Nesse capítulo, descreve-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Como já foi visto, procedeu-se uma vasta revisão bibliográfica sobre variáveis e padrões de qualidade de água, contando com um histórico sobre a concepção e aplicação de Índices de Qualidade de Água, seguido da escolha e apresentação da área de estudo, através da caracterização da bacia hidrográfica do rio Guandu. Ainda foi realizado o levantamento da rede de amostragem de qualidade de água da região da bacia hidrográfica e das séries históricas disponíveis e representativas da condição dos recursos hídricos da região do estudo de caso.

Para atingir os objetivos gerais e específicos propostos, se fez necessário estabelecer um conjunto de ações com intuito de organizar as etapas subsequentes do desenvolvimento do trabalho. Assim, para realizar a avaliação da condição dos recursos hídricos da bacia formadora do rio Guandu, as etapas consistiram na elaboração de estatísticas básicas a partir da série histórica obtida, na aplicação da metodologia de cálculo dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP} , IQA_{FAL} , IET e ICT, na análise e comparação dos resultados obtidos através do uso dos índices, fazendo uso parelho de séries históricas e das principais variáveis de qualidade e na avaliação sobre a aplicabilidade dos índices de qualidade de água utilizados nesse trabalho.

É importante destacar que o Instituto Estadual do Ambiente, órgão do governo responsável por proteger, conservar e recuperar o meio ambiente do estado do Rio de Janeiro monitora, através da sua Gerência de Qualidade de Água (GEAG), as 10 estações de amostragem, localizadas nos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu (PESSOA, 2010), apresentadas no capítulo anterior. Vale ressaltar que as amostragens realizadas foram executadas de acordo com um planejamento sistemático, respeitando frequências pré-estabelecidas, que condicionam o número de resultados de cada variável de qualidade de água para cada ponto de coleta. Além disso, podem ocorrer imprevistos que acarretam o cancelamento da amostragem em determinada estação do monitoramento, resultando em lacunas nas séries históricas de dados de qualidade de água para o ponto de coleta referido. Por esse motivo, o número de resultados de cada variável de qualidade de água, correspondente a uma estação de

monitoramento, sofre grandes variações ao longo do período avaliado. Também é importante enfatizar que as falhas ou interrupções verificadas nas séries históricas podem ser resultado de problemas operacionais e técnicos, em alguma das etapas do processo de análise de qualidade de amostras de água, bem como na coleta, na preservação de amostras e nas análises de qualidade efetuadas em laboratório ou em campo. Contudo, o banco de dados composto por estas séries históricas é suficiente para efetuar uma análise ampla e consistente sobre a qualidade de água dos rios contribuintes da bacia hidrográfica do rio Guandu.

O levantamento de dados e informações pertinentes foi realizado através da consulta ao banco de dados do INEA, acessado por meio do site institucional do órgão ambiental ou diretamente na plataforma de dados alocada nos computadores do órgão ambiental. Com o objetivo de consistir as informações obtidas na consulta, os resultados das amostragens de qualidade de água foram analisados e tratados através da eliminação de valores negativos e da suavização de grandes oscilações que foram consideradas incompatíveis tanto com as características do corpo hídrico avaliado quanto com os valores limítrofes esperados para cada variável analisada, de acordo com a literatura específica e com as opiniões de especialista em qualidade de água que integram o corpo técnico do INEA.

Como análise inicial, as variáveis de qualidade de água utilizadas nas metodologias de cálculo dos IQA's aplicados nesse estudo de caso, foram avaliadas de forma independente por meio do uso de séries históricas e estatísticas básicas, para o período de análise entre 2000 e 2010. Foram calculadas estatísticas básicas como os valores máximos e mínimos de cada intervalo dos resultados correspondentes às amostragens dos principais parâmetros de qualidade de água. Além disso, foram calculadas outras estatísticas, também classificadas como medidas de posição, chamadas de percentil ou quartil. O percentil é definido como um valor que divide um conjunto de valores em subconjuntos ordenados, sendo o percentil 25 o valor situado de modo que 25% dos dados são menores que ele e o restante (75%) é maior do que ele. O percentil 75 é o valor situado de modo que 75% dos dados são menores que ele e o restante (25%) é maior do que ele. Também foram calculadas as medianas das séries históricas, chamado de percentil 50, que é o valor que ocupa a posição central de uma série de dados, sendo 50% dos valores maiores ou iguais ao valor da mediana e 50% são menores. Ambos os

percentis foram obtidos para a série histórica de dados das principais variáveis de qualidade de água utilizadas na composição dos IQA's, sendo seus resultados dispostos em tabelas anexadas ao final desse trabalho no Anexo B.

Em seguida, os Índices de Qualidade de Água foram calculados para cada amostra individualmente, para cada ponto de coleta em uma data específica. Entretanto, a qualidade da água é definida com base em sequencias e conjuntos de amostras coletadas em períodos de tempo. O procedimento adotado para demonstração dos resultados, com a finalidade de transmitir as informações de forma concisa e clara, foi utilizar uma visão agregada de todos os resultados dos IQA's calculados no período estudado. Depois de calculados os Índices de Qualidade de Água para toda a série histórica de cada estação de amostragem, foram contabilizados os percentuais dos resultados dos índices que ocorreram dentro de cada uma das categorias de resultados estabelecidas, diferentes para cada IQA.

Evoluindo para as últimas etapas de desenvolvimento deste trabalho, foi efetuada a análise e comparação dos resultados obtidos através do uso dos índices e, por fim, foi executada a avaliação sobre a aplicabilidade dos índices de qualidade de água utilizados nesse estudo de caso.

6 Resultados e Discussões

Nesse capítulo são apresentados os resultados e a discussão. Em cada um dos próximos cinco subcapítulos são expostas a avaliação das condições dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu e a ponderação sobre resultados da aplicação dos Índices de Qualidade de Água utilizados no estudo de caso. No quinto subcapítulo é desenvolvida uma avaliação em relação à aplicabilidade dos índices empregados nesse estudo.

6.1 Séries Históricas e Avaliação Estatística

Como ponto de partida, sabendo que mediana é o valor que ocupa a posição central de uma série de dados, sendo 50% dos valores maiores ou iguais ao valor da mediana e

50% são menores, foram calculadas as medianas das séries históricas dos resultados das principais variáveis de qualidade de água, para as 10 estações de monitoramento, que estão plotadas nos gráficos, a seguir, em conjunto com os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água classe 2 e 3. A mediana também é conhecida como uma medida de posição de tendência central, que examina a distribuição dos valores em frequências ou intervalos. A análise relativa aos gráficos abaixo foi explanada e elucidada no subcapítulo sobre a avaliação da condição dos recursos hídricos.

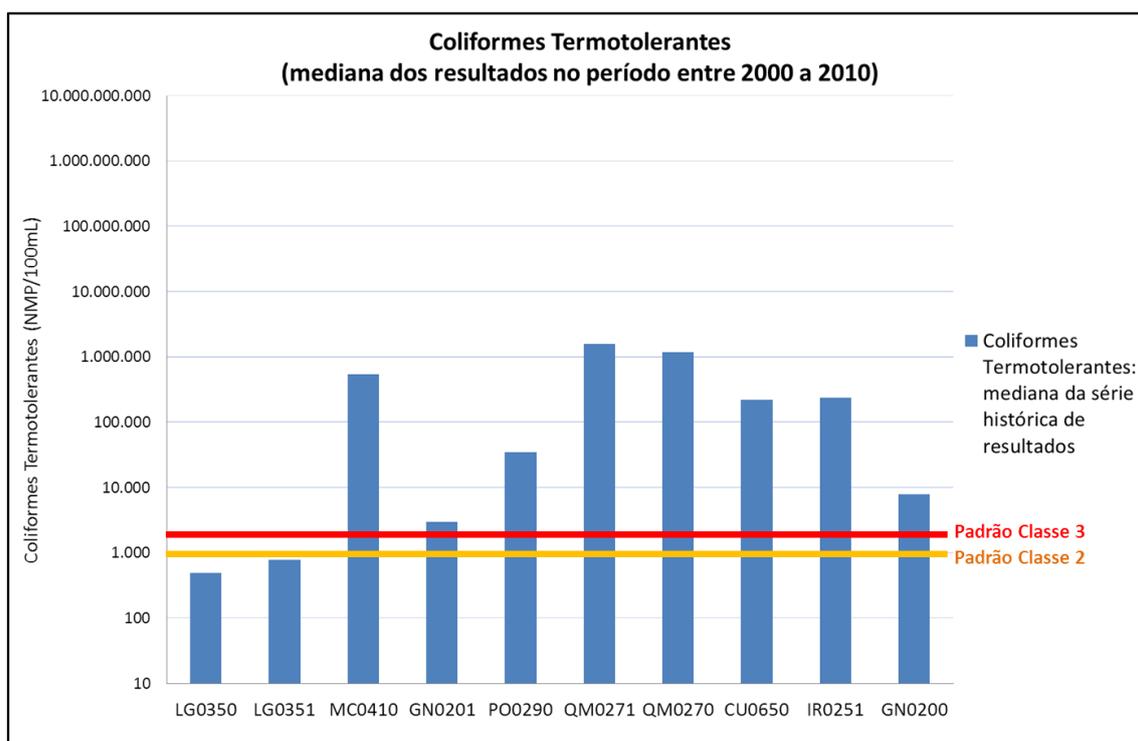


Figura 14: Medianas das séries históricas de resultados da variável Coliformes Termotolerantes nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

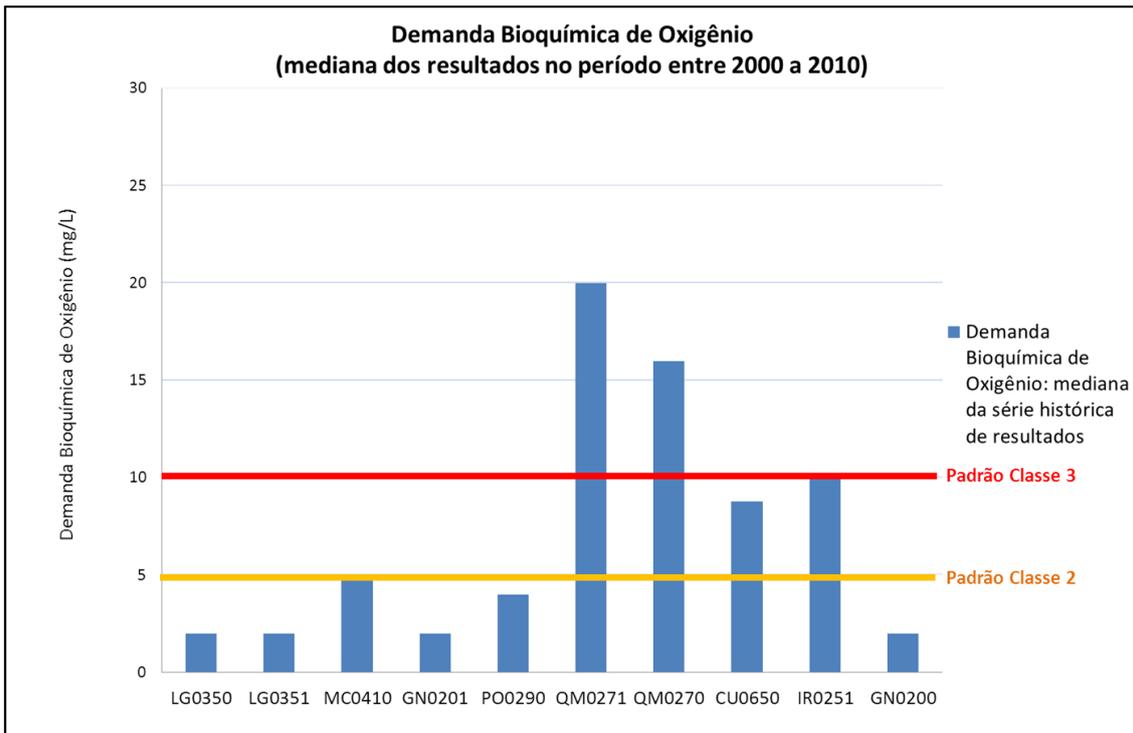


Figura 15: Medianas das séries históricas de resultados da variável Demanda Bioquímica de Oxigênio nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

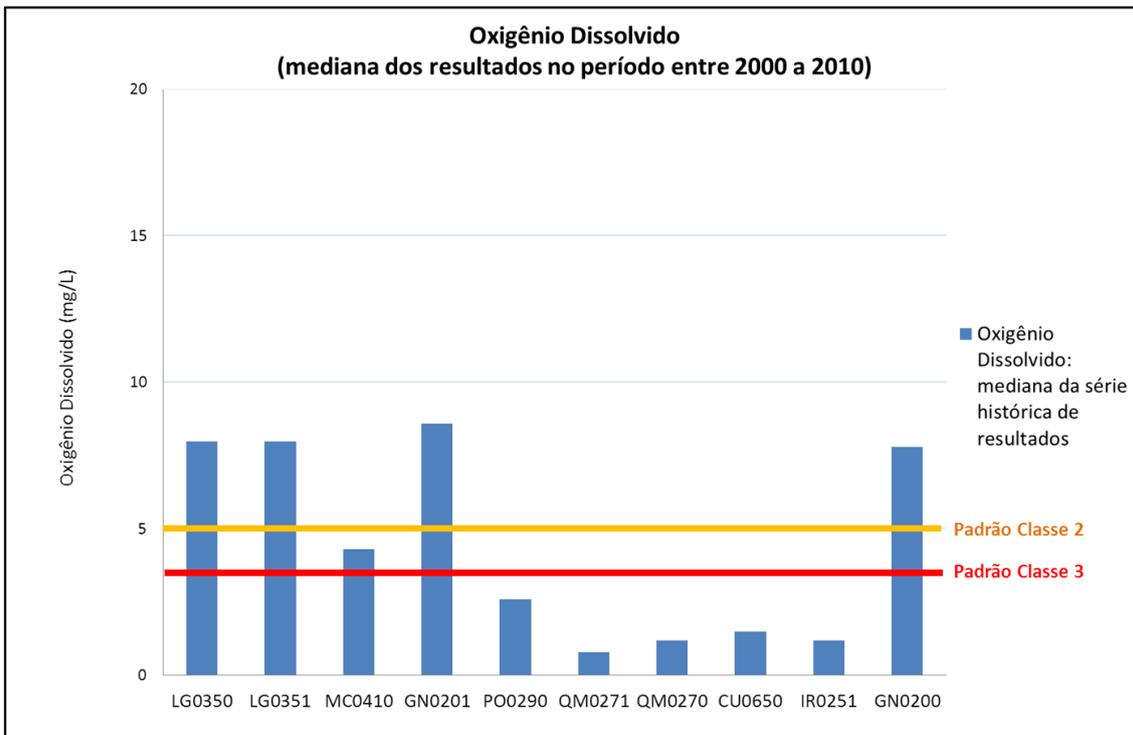


Figura 16: Medianas das séries históricas de resultados da variável Oxigênio Dissolvido nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

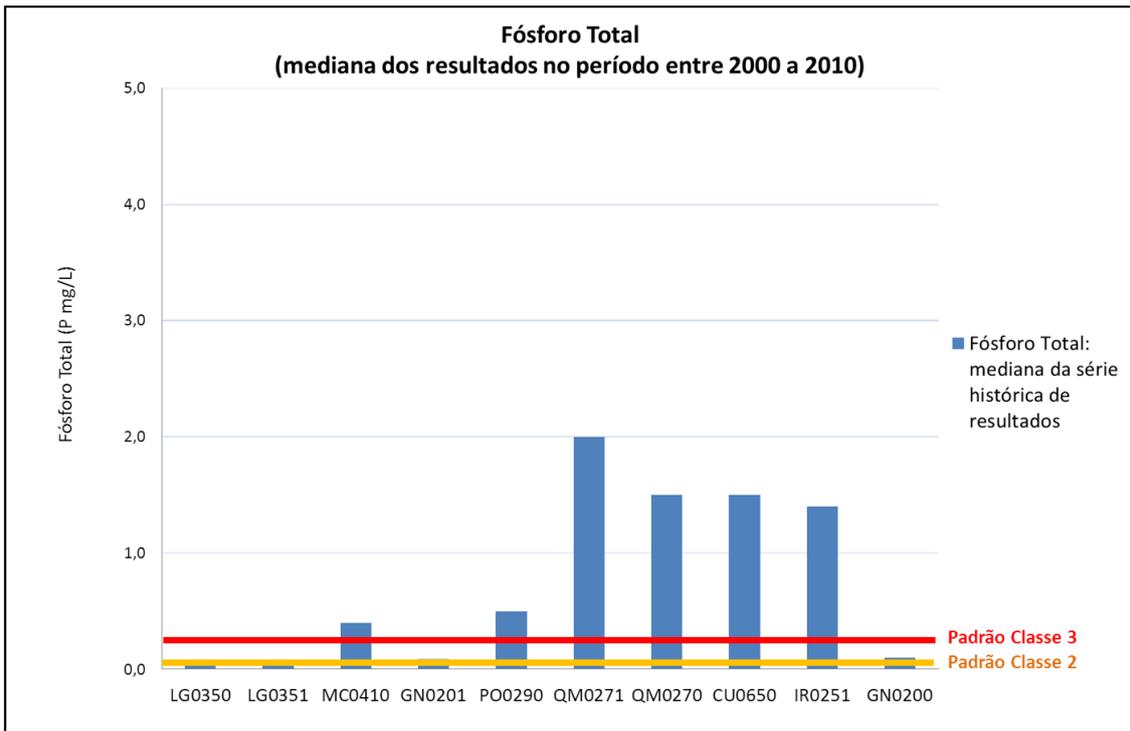


Figura 17: Medianas das séries históricas de resultados da variável Fósforo Total nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

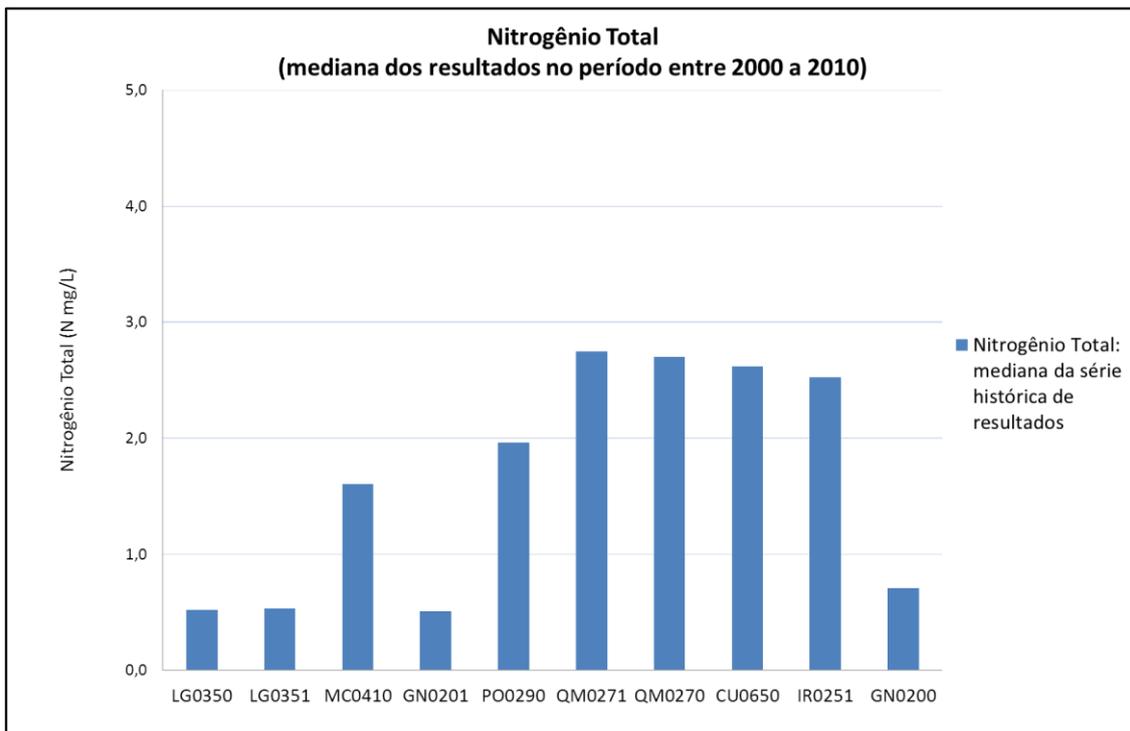


Figura 18: Medianas das séries históricas de resultados da variável Nitrogênio Total nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

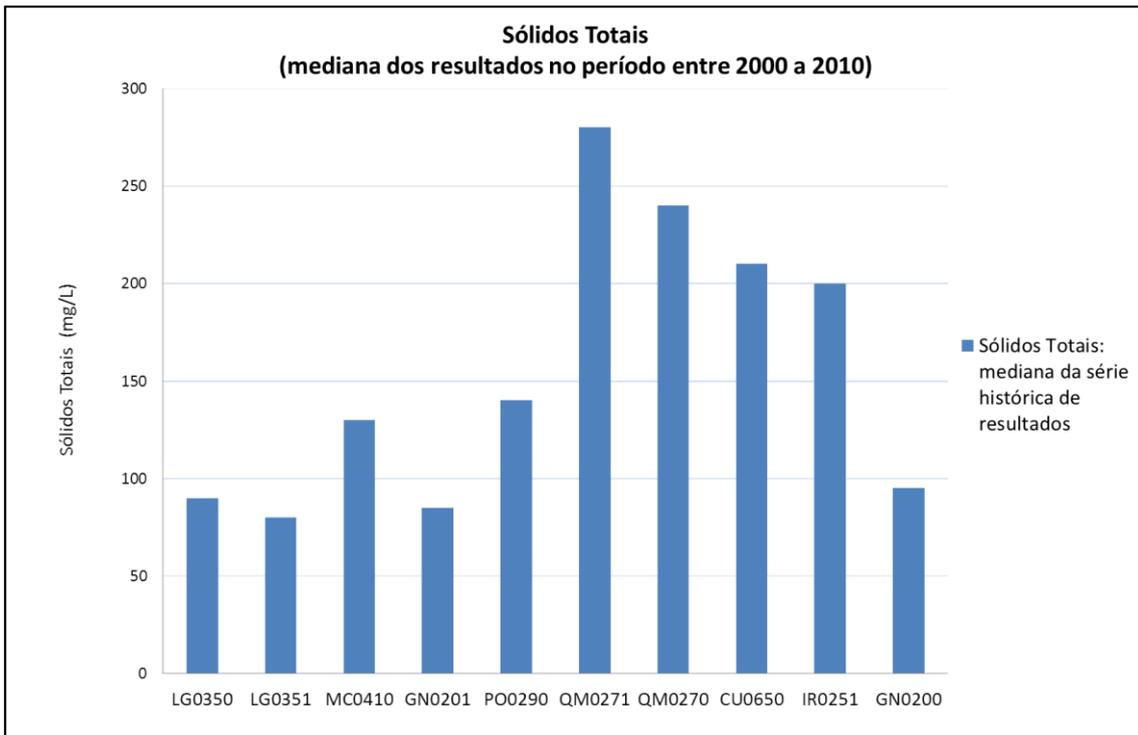


Figura 19: Medianas das séries históricas de resultados da variável Sólidos Totais nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

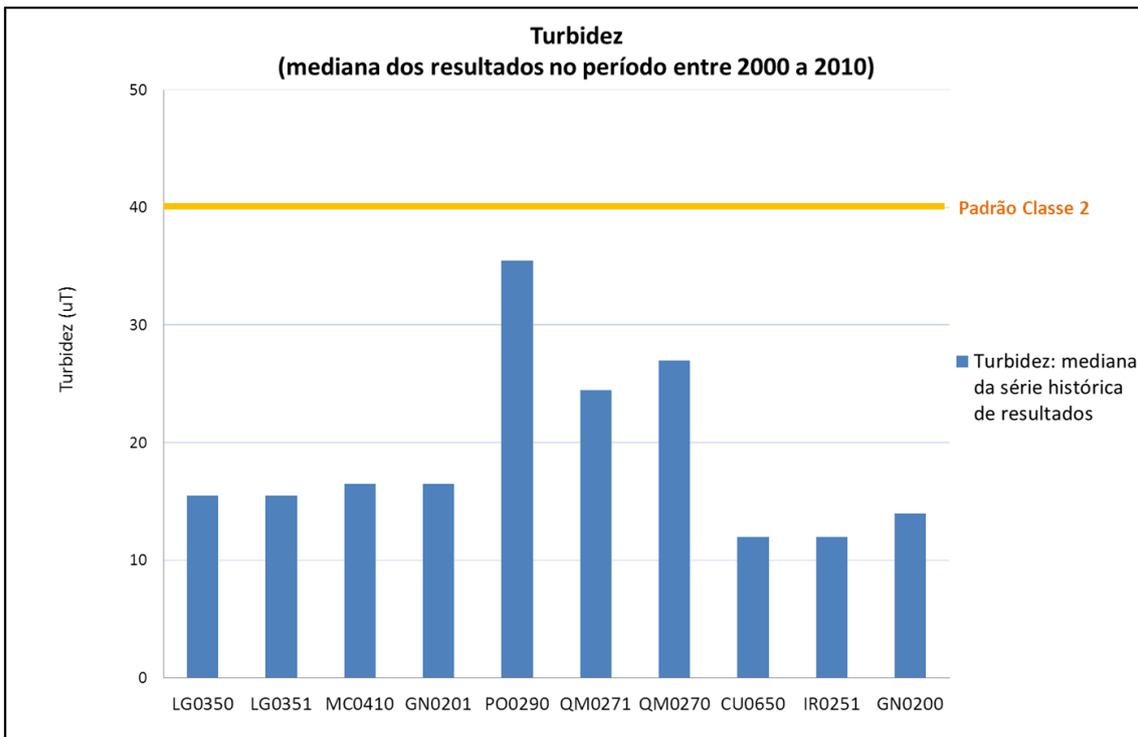


Figura 20: Medianas das séries históricas de resultados da variável Turbidez nas estações de monitoramento em estudo. Autoria própria.

6.2 Resultado da Aplicação dos Índices de Qualidade de Água

Nesse capítulo estão expostos os resultados da aplicação dos Índices de Qualidade de Água calculados por meio da utilização das metodologias específicas já apresentadas nesse trabalho. Com o auxílio de planilhas eletrônicas e *softwares* de cálculo numérico (MATLAB), foram realizados os cálculos necessários para a aplicação dos IQA's, de forma mais rápida e automatizada, empregando as informações obtidas através da consulta do banco de dados do INEA, para o período entre 2000 e 2010.

A composição dos percentuais de resultados do IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET nas respectivas categorias de resultados, para cada uma das 10 estações de monitoramento selecionadas, foi plotada nos chamados gráficos de pizza. Também denominado como gráfico circular ou gráfico em setores, o gráfico de pizza é um diagrama circular onde os valores de cada categoria estatística representada são proporcionais às respectivas medidas dos ângulos. Contudo, é válido ressaltar que, no caso da aplicação da metodologia de cálculo do Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}) e do Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), a apresentação dos resultados foi realizada de forma diferenciada, pois se fez necessário expor os resultados finais através de tabelas devido à natureza da análise realizada.

Os gráficos de pizza com a composição dos percentuais dos resultados do IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, calculados para o período entre 2000 e 2010, estão dispostos em mapas temáticos criados por meio do arranjo de dados e elementos no software ARGIS 10.1, através de um sistema de informações georreferenciadas (SIG). Os mapas temáticos produzidos nesse trabalho associam informações sobre a localização dos corpos hídricos que compõem a Região Hidrográfica II e os resultados da aplicação dos Índices de Qualidade de Água. Assim é possível ter uma visão da variação espacial ao observar as proporções percentuais dos resultados nas diferentes categorias para todas as estações de amostragem selecionadas nos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu. A seguir, estão apresentados os mapas temáticos e a composição dos percentuais consolidados que ilustram os resultados da aplicação do IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET. A análise relativa aos mapas temáticos foi explanada e elucidada no subcapítulo sobre a comparação dos resultados dos Índices de Qualidade de Água. Além

disso, os resultados da aplicação destes índices nas amostras individuais estão consolidados em tabelas, apresentadas no Anexo C.

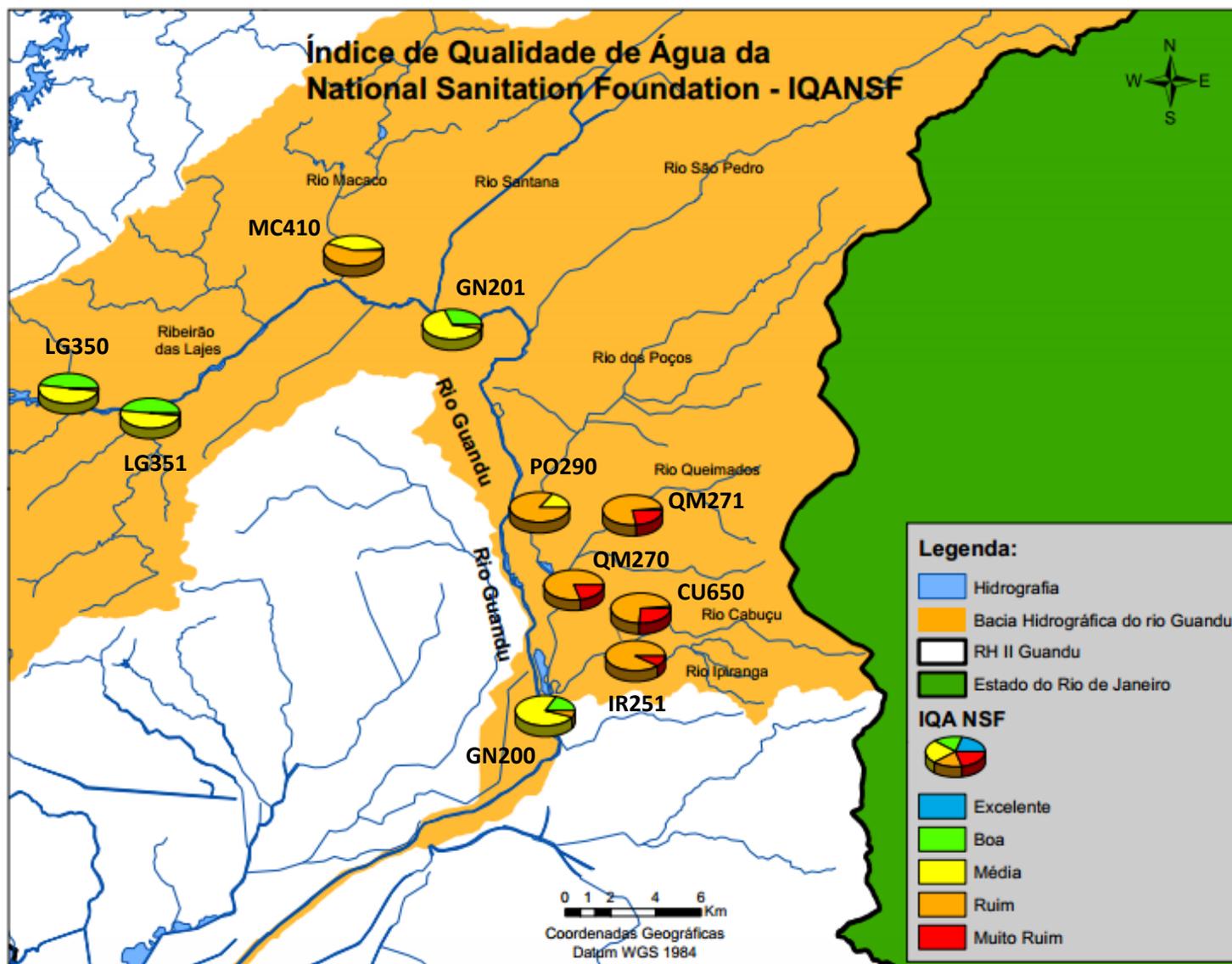


Figura 21: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQANSF. Autoria própria.

Tabela 15: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{NSF}, para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.

Categoria de Resultados	IQANSF	Faixas	LG0350	LG0351	MC0410	GN0201	PO0290
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$90 > IQA \geq 70$		47,5%	48,1%	1,6%	31,0%	0,0%
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$		50,8%	50,0%	42,6%	65,5%	15,9%
RUIM	$50 > IQA \geq 25$		1,7%	1,9%	55,7%	3,4%	84,1%
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Categoria de Resultados	IQANSF	Faixas	QM0271	QM0270	CU0650	IR0251	GN0200
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$90 > IQA \geq 70$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,1%
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$		1,7%	0,0%	1,8%	0,0%	77,6%
RUIM	$50 > IQA \geq 25$		75,9%	79,7%	71,9%	91,1%	5,3%
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$		22,4%	20,3%	26,3%	8,9%	0,0%

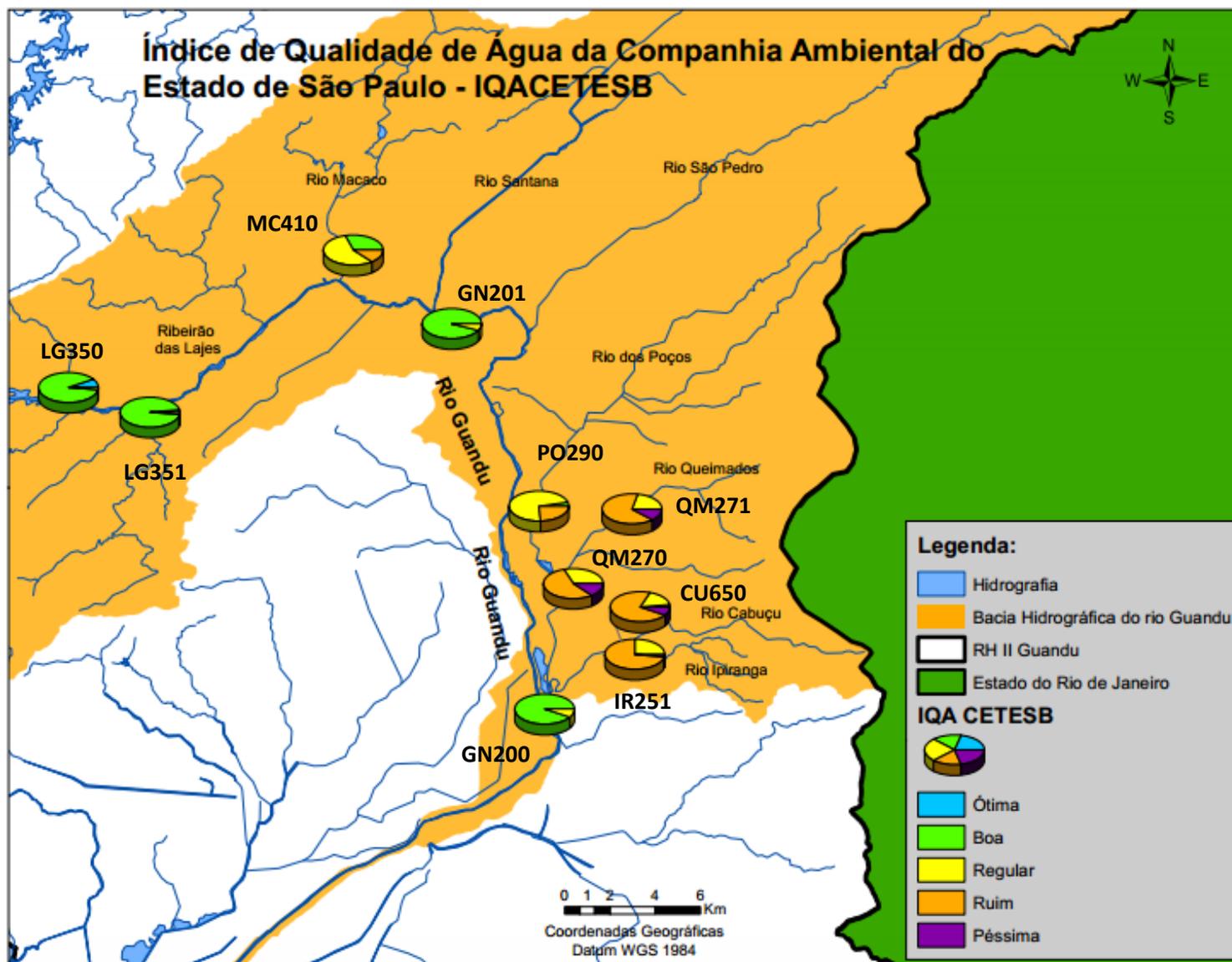


Figura 22: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQA_{CETESB}. Autoria própria.

Tabela 16: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{CETESB}, para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.

Categoria de Resultados	IQACETESB	Faixas	LG0350	LG0351	MC0410	GN0201	PO0290
ÓTIMA	$100 \geq IQA \geq 80$		6,8%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$80 > IQA \geq 52$		91,5%	96,2%	31,1%	94,8%	3,2%
REGULAR	$52 > IQA \geq 37$		1,7%	1,9%	57,4%	5,2%	73,0%
RUIM	$37 > IQA \geq 20$		0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	23,8%
PÉSSIMA	$20 > IQA \geq 0$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Categoria de Resultados	IQACETESB	Faixas	QM0271	QM0270	CU0650	IR0251	GN0200
ÓTIMA	$100 \geq IQA \geq 80$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$80 > IQA \geq 52$		0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	93,4%
REGULAR	$52 > IQA \geq 37$		20,7%	32,2%	15,8%	25,0%	6,6%
RUIM	$37 > IQA \geq 20$		69,0%	55,9%	75,4%	73,2%	0,0%
PÉSSIMA	$20 > IQA \geq 0$		10,3%	11,9%	7,0%	1,8%	0,0%

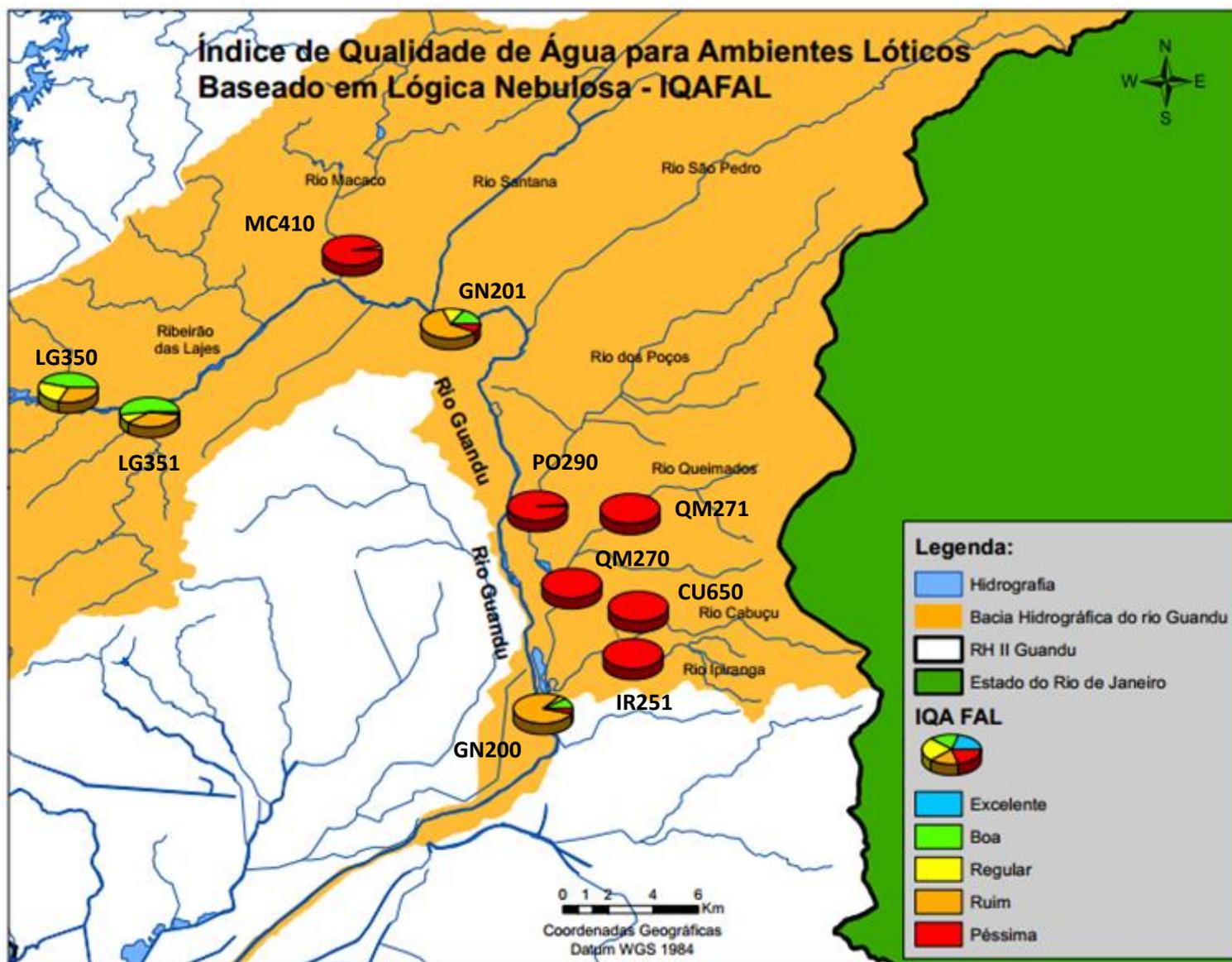


Figura 23: Mapa temático com os resultados da aplicação do IQAFAL. Autoria própria.

Tabela 17: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IQA_{FAL}, para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.

Categoria de Resultados	IQAFAL	Faixas	LG0350	LG0351	MC0410	GN0201	PO0290
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$90 > IQA \geq 70$		45,8%	51,9%	0,0%	15,5%	0,0%
REGULAR	$70 > IQA \geq 50$		22,0%	7,7%	0,0%	15,5%	0,0%
RUIM	$50 > IQA \geq 25$		32,2%	38,5%	3,3%	62,1%	1,6%
PÉSSIMA	$25 > IQA \geq 0$		0,0%	1,9%	96,7%	6,9%	98,4%

Categoria de Resultados	IQAFAL	Faixas	QM0271	QM0270	CU0650	IR0251	GN0200
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BOA	$90 > IQA \geq 70$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,2%
REGULAR	$70 > IQA \geq 50$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,9%
RUIM	$50 > IQA \geq 25$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	82,9%
PÉSSIMA	$25 > IQA \geq 0$		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	3,9%

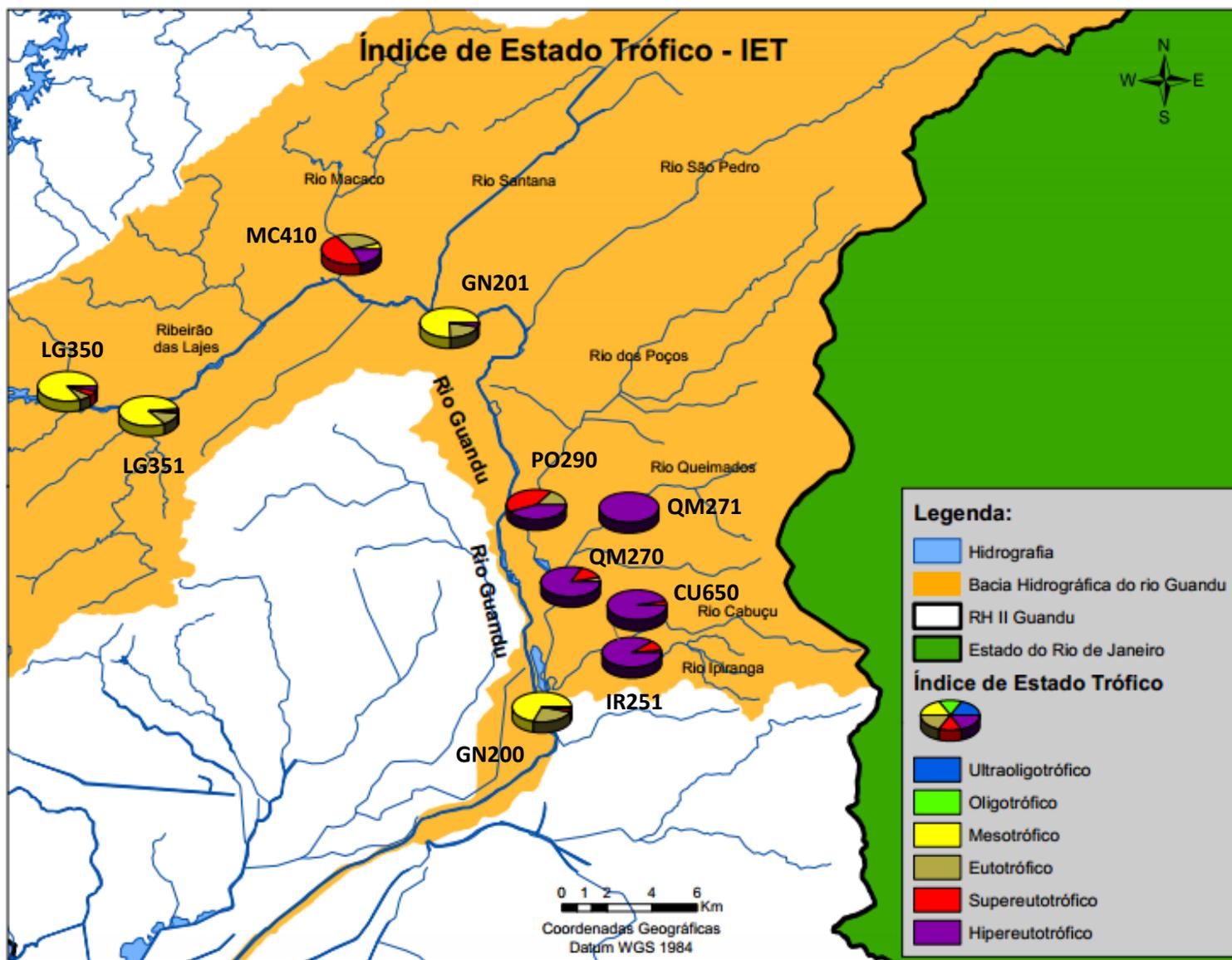


Figura 24: Mapa temático com os resultados da aplicação do IET. Autoria própria

Tabela 18: Composição dos percentuais de resultados da aplicação do IET, para o período entre 2000 a 2010. Autoria própria.

Categoria de Resultados	IET	Faixas	LG0350	LG0351	MC0410	GN0201	PO0290
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		84,7%	84,6%	4,9%	75,9%	0,0%
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		6,8%	11,5%	31,1%	20,7%	14,3%
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		5,1%	0,0%	45,9%	0,0%	41,3%
Hipereutrófico	$IET > 67$		3,4%	1,9%	18,0%	3,4%	44,4%

Categoria de Resultados	IET	Faixas	QM0271	QM0270	CU0650	IR0251	GN0200
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	68,4%
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		0,0%	3,4%	0,0%	0,0%	27,6%
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		0,0%	13,6%	3,5%	8,9%	2,6%
Hipereutrófico	$IET > 67$		100,0%	83,1%	96,5%	89,3%	1,3%

No caso da aplicação da metodologia de cálculo do Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}), a composição dos percentuais de resultados se caracteriza como elemento adicional à apresentação dos resultados propriamente ditos, como melhor forma de apresentação dos resultados finais.

Retomando a metodologia do cálculo do IQA_{BP}, o diferencial desse índice é a inclusão do parâmetro Densidade de Cianobactérias ao Índice de Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}). Portanto, os resultados do IQA_{BP} devem ser analisados concomitantemente com os resultados do IQA_{CETESB}, com a finalidade de promover uma análise mais coesa e otimizada das variações verificadas.

No que tange a inserção da variável biológica sobre cianobactérias, a aplicação da metodologia do IQA_{BP} foi condicionada às informações biológicas pertencentes à base de dados do INEA, onde foi realizada a consulta dos resultados das amostragens de qualidade de água, já que é indispensável a disponibilidade do parâmetro densidade de cianobactérias para a realização dos cálculos necessários. Através das informações consultadas, verificou-se que apenas a estação de monitoramento localizada antes da tomada d'água da ETA-Guandu (GN200), no próprio rio Guandu, possuía resultados suficientes para efetuar os cálculos obrigatórios para a aplicação da metodologia.

Como etapa inicial, utilizando os resultados do parâmetro Densidade de Cianobactérias adquiridos através da consulta ao banco de dados do INEA, foram vinculadas aos resultados as respectivas taxações, criadas por técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo quando da concepção do Índice de Substância Tóxica e Organoléptico (ISTO_{CETESB}), indicadas na Tabela 8, atribuindo aos diversos níveis de resultados biológicos, valores únicos ($q_i w_i$) que foram, em um segundo momento, associados aos resultados finais da aplicação do IQA_{CETESB}. Portanto, nas Tabelas 19 e 20, foram dispostos os resultados dessas etapas executadas para a aplicação do IQA_{BP}. Ressaltando que as categorias de resultados, classificados em diferentes níveis, são as mesmas para o IQA_{CETESB} e o IQA_{BP}, representadas pelas mesmas faixas de cores, indicadas nas Tabelas 4 e 9.

Tabela 19: Consolidação dos resultados do IQA_{BP}, para o período entre 2000 e 2010, na estação de amostragem GN200 (Parte 1). Autoria própria.

Local	Data	Densidade de Cianobactérias (cél./mL)	Taxação (Qi.Wi)	IQA _{CETESB}	IQA _{BP}
GN200	26/11/2002	4.489	1,00	56,8	56,8
GN200	18/12/2002	8.710	1,00	45,3	45,3
GN200	15/01/2003	2.988	1,00	41,7	41,7
GN200	12/02/2003	47	1,00	52,4	52,4
GN200	13/03/2003	399	1,00	61,4	61,4
GN200	24/04/2003	570	1,00	54,3	54,3
GN200	20/05/2003	583	1,00	62,1	62,1
GN200	30/06/2003	1.776	1,00	74,3	74,3
GN200	24/07/2003	18.224	1,00	65,4	65,4
GN200	19/08/2003	22.529	0,80	61,8	49,4
GN200	28/08/2003	11.306	1,00	54,7	54,7
GN200	02/09/2003	295	1,00	71,3	71,3
GN200	09/09/2003	663	1,00	60,9	60,9
GN200	25/09/2003	38.274	0,80	67,6	54,1
GN200	07/10/2003	11.407	1,00	66,5	66,5
GN200	22/10/2003	2.057	1,00	69,5	69,5
GN200	04/11/2003	248	1,00	62,2	62,2
GN200	11/11/2003	781	1,00	67,7	67,7
GN200	18/11/2003	14.338	1,00	51,6	51,6
GN200	03/12/2003	290	1,00	60,8	60,8
GN200	26/01/2004	19.810	1,00	68,7	68,7
GN200	11/02/2004	288	1,00	55,7	55,7
GN200	17/04/2004	516	1,00	48,5	48,5
GN200	08/06/2004	137	1,00	68,1	68,1
GN200	22/06/2004	74	1,00	67,7	67,7
GN200	13/07/2004	30	1,00	60,6	60,6
GN200	03/08/2004	2.653	1,00	65,8	65,8
GN200	09/09/2004	3	1,00	71,4	71,4
GN200	26/10/2004	70	1,00	64,9	64,9
GN200	24/11/2004	20	1,00	68,7	68,7
GN200	08/12/2004	36	1,00	60,4	60,4
GN200	13/01/2005	0	1,00	59,1	59,1
GN200	28/04/2005	34	1,00	55,4	55,4
GN200	09/05/2005	58	1,00	54,2	54,2
GN200	22/06/2005	235	1,00	46,5	46,5
GN200	21/07/2005	0	1,00	57,2	57,2
GN200	15/08/2005	23	1,00	65,0	65,0
GN200	13/10/2005	49	1,00	56,1	56,1
GN200	17/11/2005	20	1,00	58,4	58,4

Tabela 20: Consolidação dos resultados do IQABP, para o período entre 2000 e 2010, na estação de amostragem GN200 (Parte 2). Autoria própria.

Local	Data	Densidade de Cianobactérias (cél./mL)	Taxação (Qi.Wi)	IQA _{CETESB}	IQA _{BP}
GN200	05/12/2005	69	1,00	56,0	56,0
GN200	08/02/2006	1.561	1,00	66,6	66,6
GN200	08/03/2006	2.345	1,00	61,8	61,8
GN200	27/04/2006	0	1,00	58,1	58,1
GN200	23/05/2006	4.489	1,00	61,7	61,7
GN200	07/11/2006	616	1,00	66,7	66,7
GN200	06/12/2006	2.466	1,00	57,8	57,8
GN200	22/03/2007	35	1,00	57,9	57,9
GN200	18/06/2007	59	1,00	66,3	66,3
GN200	11/07/2007	286	1,00	75,5	75,5
GN200	22/08/2007	0	1,00	64,0	64,0
GN200	19/09/2007	1.152	1,00	78,3	78,3
GN200	07/11/2007	2.513	1,00	65,6	65,6
GN200	05/12/2007	1.655	1,00	67,5	67,5
GN200	13/02/2008	1.655	1,00	61,4	61,4
GN200	18/03/2008	617	1,00	65,0	65,0
GN200	11/06/2008	97	1,00	75,0	75,0
GN200	15/07/2008	1.930	1,00	69,2	69,2
GN200	13/08/2008	1.449	1,00	65,9	65,9
GN200	02/09/2008	2.794	1,00	73,9	73,9
GN200	08/10/2008	135	1,00	69,2	69,2
GN200	10/11/2008	6.784	1,00	65,3	65,3
GN200	10/12/2008	3.077	1,00	66,2	66,2
GN200	03/02/2009	58	1,00	62,3	62,3
GN200	09/03/2009	0	1,00	71,7	71,7
GN200	06/04/2009	446	1,00	71,9	71,9
GN200	27/05/2009	1.648	1,00	70,1	70,1
GN200	10/06/2009	1.206	1,00	60,9	60,9
GN200	03/09/2009	439	1,00	63,4	63,4
GN200	10/02/2010	704	1,00	57,2	57,2
GN200	27/04/2010	36	1,00	57,7	57,7
GN200	19/05/2010	1.404	1,00	62,7	62,7
GN200	14/06/2010	1.206	1,00	62,2	62,2
GN200	07/07/2010	28	1,00	72,9	72,9
GN200	03/08/2010	2.446	1,00	72,9	72,9
GN200	08/09/2010	211	1,00	73,7	73,7
GN200	17/11/2010	392	1,00	72,4	72,4

De imediato, verificou-se que o impacto exercido pela incorporação do parâmetro densidade de cianobactérias para produzir o resultado final do IQA_{BP}, implicou em variações ínfimas em relação aos valores observados no IQA_{CETESB}. A partir do valor de 20.000 células por mililitro em uma amostragem (valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces em um corpo hídrico enquadrado como classe 1), o parâmetro densidade de cianobactérias causa impactos relevantes no IQA_{BP}, modificando os valores finais do índice, podendo ser encaixados em categorias de resultados diferenciadas. Essa declaração é constatada ao se observar as amostras biológicas, nas datas 19/08/2003 e 25/09/2003, nas Tabelas 19 e 20. Em ambas, os valores de densidade de cianobactérias são superiores a 20.000 células por mililitro, acarretando em uma taxação que diminui o valor final do índice, ou seja, faz com que o IQA_{BP} forneça valores inferiores ao IQA_{CETESB}, representando uma pior situação ambiental dos recursos hídricos correspondentes à estação de monitoramento em questão. A análise aprofundada relativa às Tabelas 19 e 20 foi explanada e elucidada no subcapítulo sobre a comparação entre os resultados dos Índices de Qualidade de Água.

Finalmente, o último Índice de Qualidade de Água aplicado ao estudo de caso dos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu foi o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT). Seguindo os procedimentos anteriores, o ICT foi calculado para as amostras individuais para todas as variáveis de qualidade de água que fazem parte da metodologia de cálculo e estavam disponíveis no banco de dados do INEA, para o período entre 2000 e 2010, nas 10 estações de monitoramento elencadas para análise.

É indispensável ressaltar que, os valores máximos escolhidos como valores limítrofes de contaminação, para fins de composição do ICT, foram extraídos da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces em um corpo hídrico enquadrado como classe 2. Essa opção foi feita baseada no artigo 42, na resolução supracitada, que afirma que enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2.

No âmbito da bacia hidrográfica do rio Guandu, foi realizado um diagnóstico e um prognóstico que fez parte do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu produzido em 2005. Esses estudos contaram com pesquisas sobre caracterização do uso do solo, usos múltiplos das águas, demandas e

disponibilidades hídricas, que subsidiaram a criação das metas de recuperação da qualidade da água da região e fundamentaram uma proposta de enquadramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu. Tal proposta não foi efetivada, pois após a aprovação pelo Comitê de Bacia, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro não emitiu resolução específica, já que esta só pode ser expedida quando da emissão e aprovação de um parecer técnico do INEA. O parecer técnico sobre a proposta ainda não foi votado pelo Conselho Diretor do INEA, etapa indispensável para dar prosseguimento à concretização e oficialização da proposta. Por isso, os valores máximos escolhidos para a composição do ICT, foram retirados da Resolução CONAMA 357/2005 para o caso de águas doces em um corpo hídrico enquadrado como classe 2.

Novamente, com a finalidade de transmitir as informações de forma sucinta e clara, foi utilizada uma visão agregada de todos os resultados calculados no período estudado, para cada variável de qualidade de água. Não foi elaborada uma ponderação para cada uma das 10 estações de monitoramento, pois se verificou, através dos resultados consultados no banco de dados do INEA, uma tendência similar de contaminação por tóxicos ao longo de todos os rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu onde estão distribuídos os pontos de coleta, exceto para algumas variáveis de qualidade de água.

Por conseguinte da aplicação da metodologia de cálculo do ICT, foram contabilizados os percentuais dos resultados que ocorreram dentro de cada uma das categorias de resultados estabelecidas. A composição dos percentuais foi ilustrada através das Tabelas 21 e 22 que combinam os resultados do ICT para os diversos parâmetros compilados.

Tabela 21: Consolidação dos resultados do ICT, para o período entre 2000 e 2010, nas estações de amostragem dos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 1). Autoria própria.

Situação das 10 estações de monitoramento estudadas	Categoria de Resultados (ICT)	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Nitrito	Nitrato
Total de Resultados (2000 a 2010):		661	666	746	632	1083	1123
Classificação Geral (número de resultados)	Alta	76	0	4	567	0	0
	Média	185	1	4	2	2	0
	Baixa	400	665	738	63	1081	1123
Total de Resultados (%):		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Composição de Percentuais	Alta	11,50%	0,00%	0,54%	89,72%	0,00%	0,00%
	Média	27,99%	0,15%	0,54%	0,32%	0,18%	0,00%
	Baixa	60,51%	99,85%	98,93%	9,97%	99,82%	100,00%

Tabela 22: Consolidação dos resultados do ICT, para o período entre 2000 e 2010, nas estações de amostragem dos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 2). Autoria própria.

Situação Ambiental das 10 estações de monitoramento estudadas	Categoria de Resultados (ICT)	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
Total de Resultados (2000 a 2010):		665	120	667	664	661
Classificação Geral (número de resultados)	Alta	0	67	23	222	1
	Média	2	27	158	131	14
	Baixa	663	26	486	311	646
Total de Resultados (%):		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Composição de Percentuais	Alta	0,00%	55,83%	3,45%	33,43%	0,15%
	Média	0,30%	22,50%	23,69%	19,73%	2,12%
	Baixa	99,70%	21,67%	72,86%	46,84%	97,73%

Observou-se que dos onze parâmetros de qualidade de água utilizados para a aplicação do ICT nesse trabalho, oito deles apresentam a maioria dos resultados na categoria “BAIXA”, que caracteriza uma pequena contaminação por tóxicos nos sistemas hídricos avaliados. Apenas três parâmetros (mercúrio total, alumínio dissolvido e manganês

total) exibem a maioria dos resultados pertencentes às categorias “ALTA” e “MÉDIA” (porcentagem de resultados que ocorrem nas categorias “ALTA” e “MÉDIA” somadas), indicando uma maior contribuição na poluição hídrica acarretada pela concentração desses elementos, principalmente no caso do rio dos Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga. Estas concentrações elevadas provavelmente tem como origem o lançamento de efluentes industriais não tratados de forma eficaz. A análise aprofundada relativa às Tabelas 21 e 22 foi explanada e elucidada no subcapítulo sobre a comparação entre os resultados dos Índices de Qualidade de Água. Além disso, os resultados da aplicação do índice nas amostras individuais estão consolidados em tabelas, apresentadas no Anexo D.

6.3 Avaliação da Condição dos Recursos Hídricos

As informações e observações realizadas ao longo dos capítulos anteriores deste trabalho serviram como embasamento para as questões que foram aprofundadas e discutidas no decorrente capítulo, de modo a caracterizar a qualidade das águas dos rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Com o auxílio dos dados consultados, estatísticas calculadas e gráficos confeccionados, analisou-se o cenário global da condição ambiental dos corpos hídricos estudados.

Para compor um diagnóstico detalhado e completo, podem-se avaliar individualmente as variáveis de qualidade de água estudadas, sempre levando em conta a interdependência destas nos ecossistemas aquáticos. Em relação ao parâmetro Coliformes Termotolerantes, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos hídricos de água doce considerados como classe 2, não deverá ser excedido um limite de 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros de amostra, em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. De imediato, é notório que a frequência amostral estabelecida pela resolução é atendida pelo monitoramento sistemático realizado durante o período entre os anos de 2000 a 2010, já que a série histórica de resultados deste parâmetro, para cada uma das 10 estações de amostragem selecionadas, é composta por mais de 60 resultados individuais (6 resultados por ano) como se verifica nas tabelas apresentadas no Anexo B, o mínimo exigido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Por conseguinte, verifica-se que, com base nas medianas dos valores das séries históricas de cada estação de monitoramento, expostas na Figura 14, somente as estações LG350 e LG351, localizadas no Ribeirão das Lajes, atendem à legislação não ultrapassando ao valor limítrofe de 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros de amostra para a classe 2. Com base nos valores do Percentil 75, que é o valor situado de modo que 75% dos dados são menores que ele e o restante (25%) é maior, nenhum dos pontos de coleta atendem aos limites para um curso d'água qualificado como classe 2. No caso específico das estações de amostragem MC410 (Rio Macacos), QM270 e QM271 (Rio Queimados), CU650 (Rio Cabuçu) e IR251 (Rio Ipiranga), os menores resultados constatados nas séries históricas são maiores que os preconizados como valor limite para águas doces consideradas classe 2. De forma geral, os maiores valores são verificados para os pontos de coleta situados no Rio Macacos e no Rio Queimados, onde a malha urbana é notadamente mais densa, com a presença de indústrias de diversas tipologias e conjuntos habitacionais conglomerados.

Pode-se optar, também, por averiguar os resultados utilizando a proposta de enquadramento sugerida pelo Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (SONDOTÉCNICA, 2006), que considera os rios dos Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga como águas doces classe 3, que pressupõe o valor limite a ser utilizado de 2500 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros de amostra, em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano. Dessa vez, com base nos valores dos Percentis 75, o ponto de coleta LG350 atende à legislação não ultrapassando ao valor limítrofe de 2.500 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros, para a classe 3. Ainda com base nas medianas dos valores das séries históricas, o mesmo cenário de atendimento à resolução é constatado mesmo alterando as classes de enquadramento dos cursos d'água analisados.

Por fim, é importante lembrar que no caso da estação de monitoramento GN200, localizada antes da tomada d'água da ETA-Guandu, se pretendia verificar condições compatíveis com corpos d'água utilizados como manancial de abastecimento de água, à luz da legislação. Porém, constata-se que a poluição de origem sanitária verificada nos rios afluentes à Lagoa Guandu, devido o lançamento de efluentes domésticos não

tratados nos corpos hídricos, é refletida nos resultados de qualidade de água observados à montante da captação da estação de tratamento de água. Deve-se considerar que a contaminação originada e trazida pelos rios dos Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga é atenuada, de forma significativa, pelo efeito de autodepuração verificado nas redondezas da estação de monitoramento GN200 na chamada Lagoa Guandu.

Prosseguindo a avaliação dos parâmetros de qualidade de água elegidos, altos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio e baixos de Oxigênio Dissolvido, na maioria das estações de amostragem analisadas, também indicam o grande aporte de carga orgânica, de natureza doméstica ou industrial, nos rios contribuintes à bacia hidrográfica do rio Guandu. Em relação ao parâmetro DBO, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos hídricos de água doce enquadrados como classe 2 e 3, não deverá ser excedido um limite de 5 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Considerando que os corpos d'água estudados estejam enquadrados como classe 2, as estações de amostragem QM270 e QM271 (Rio Queimados), CU650 (Rio Cabuçu) e IR251 (Rio Ipiranga) não atendem à legislação pertinente, se observados os valores das medianas da série histórica para o parâmetro DBO, expostos na Figura 15. No caso da utilização da proposta de enquadramento sugerida pelo Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (SONDOTÉCNICA, 2006), as estações de amostragem CU650 (Rio Cabuçu) e IR251 (Rio Ipiranga) passam a atender à Resolução CONAMA 357/2005 quanto ao parâmetro DBO, enquanto os pontos de coleta situados no Rio Queimados ainda fornecem resultados superiores aos delimitados pela legislação para sistemas hídricos classificados como classe 3. Novamente, deve-se considerar que a poluição trazida pelos rios afluentes à Lagoa Guandu é significativamente abrandada pelo efeito de autodepuração e de diluição de substâncias verificado nas redondezas da estação de monitoramento GN200.

Em relação ao parâmetro OD, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos hídricos de água doce enquadrados como classe 2 e 3, não deverá ser inferior ao limite de 5 mg/L e 4 mg/L, respectivamente. Analisando de forma objetiva, ao considerar que os corpos d'água estudados estejam enquadrados como classe 2, somente as estações LG350 e LG351, localizadas no Ribeirão das Lajes, e as estações GN200 e GN201, localizadas no curso principal do Rio Guandu, atendem à Resolução CONAMA 357/2005. Considerando a proposta de enquadramento supracitada nesse trabalho,

observa-se a mesma inclinação da condição dos recursos hídricos avaliados e o mesmo atendimento às normas ambientais, como o exposto na Figura 16 e nas informações dispostas no Anexo B.

É necessário lembrar que o crescimento de macrófitas pode mascarar a condição ambiental de um corpo hídrico, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido. No caso da estação de monitoramento GN200, localizada antes da tomada d'água da Estação de Tratamento de Água do Guandu, verifica-se, com base nas medianas das séries históricas e nos valores dos Percentis 25 e 75, o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação pertinente para corpos hídricos de água doce enquadrados como classe 2. Acrescenta-se que na maior parte das amostragens, durante o período entre 2000 e 2010, são observadas condições compatíveis com corpos d'água utilizados para fins de abastecimento de água, também alinhadas com os valores limites definidos para corpos d'água enquadrados como classe 1. Todavia, deve-se atentar para as rotineiras florações de cianobactérias, resultado do grande aporte de nutrientes, registradas na Lagoa Guandu que impulsionam a elevação dos níveis de oxigênio dissolvido.

Em relação às variáveis de qualidade de água referentes aos nutrientes essenciais para o crescimento de biomassa nos sistemas aquáticos, os compostos nitrogenados e os compostos fosforados, houve a opção de focar a questão através da leitura dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total. Foi constatado um cenário acentuado de eutrofização nos Rios Macacos (estação MC410), Poços (estação PO290), Queimados (estações QM270 e QM271), Cabuçu (estação CU650) e Ipiranga (IR251), através das informações representadas nas Figuras 17 e 18. Para chegar nessa conclusão, foram avaliados os resultados individuais e os valores das medianas e percentis calculados para as séries históricas disponíveis. Esse panorama é facilmente justificado pelos despejos domésticos e lançamentos de efluentes industriais verificados ao longo do curso dos principais rios afluentes ao curso principal da bacia hidrográfica, o rio Guandu. Tomando como base a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos hídricos de água doce enquadrados como classe 2 e 3, os parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total apresentam resultados que, em sua maioria, não atendem aos limites máximos estabelecidos, exceto para as estações LG350 e LG351, localizadas no Ribeirão das Lajes, e as estações GN200 e GN201, localizadas no curso principal do Rio Guandu.

Em relação aos parâmetros Sólidos Dissolvidos Totais e Turbidez, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os valores máximos permitidos para uma amostra de água são de 500 mg/L e 100 uT, respectivamente, para cursos d'água considerados como classe 2 ou 3. Tomando por base os resultados consultados e as estatísticas básicas calculadas, através das informações representadas nas Figuras 19 e 20, os parâmetros Turbidez e Sólidos Totais atendem à legislação supracitada em todas as amostras coletadas, para todas as estações de monitoramento, no intervalo entre os anos 2000 a 2010.

Para a bacia hidrográfica do rio Guandu, pesquisar o comportamento das florações e acompanhar os resultados das amostragens de cianobactérias é de extrema significância, pois tais variações e inclinação interferem de maneira substancial na operação e manutenção das estruturas de captação e nos próprios processos da Estação de Tratamento de Água localizada no rio Guandu. Tendo como base a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos hídricos de água doce enquadrados como classe 2, as 76 amostras coletadas no período entre 2000 e 2010 não excederam o limite de 50.000 células por mililitro de amostra, preconizado na legislação. Tendo como base os valores limítrofes, de 20.000 células por mililitro de amostra, definidos para corpos hídricos condições compatíveis com corpos d'água de classe 1, apenas 3% dos resultados ultrapassam os padrões estipulados.

Tais constatações podem induzir ao pensamento de que o monitoramento desta variável biológica é de menor prioridade em comparação com o grupo de parâmetros comumente monitorados. No entanto, a grande preocupação em relação à densidade de cianobactérias, especificamente na estação GN200 posicionada à montante da tomada d'água para a ETA-Guandu, é a capacidade que estes organismos possuem de produzir e liberar toxinas que podem ter efeitos prejudiciais tanto a saúde humana quanto ao ecossistema aquático, como um todo, além de causar problemas operacionais em várias etapas do tratamento de água realizado na ETA-Guandu. A presença de cianobactérias e cianotoxinas nas águas captadas para uma estação de tratamento, geralmente, reduz a eficiência dos processos de tratamento e motiva diversos problemas como alteração de sabor e cor da água tratada (SILVA, 2009). Estas consequências deletérias são verificadas mesmo quando não são ultrapassados os valores limites de Densidade de

Cianobactérias estipulados para cursos d'água considerados classe 2, e até mesmo para aqueles classificados como classe 1, o que explica a posição mais restritiva da Portaria 2914 de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O desenvolvimento industrial ocorrido nas últimas décadas tem sido um dos principais responsáveis pela contaminação ambiental por metais pesados devido aos lançamentos de efluentes e resíduos, sem tratamento adequado, nos corpos hídricos. A presença destes contaminantes químicos pode inviabilizar ou prejudicar o processo de tratamento de água, realizado na Estação de Tratamento de Água localizada na Lagoa Guandu, uma vez que a ETA não está preparada e projetada para remoção de todos os tipos de metais pesados. Nesse trabalho, foram selecionados para compor a caracterização da qualidade da água nos rios formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu, diversos metais pesados, rotulados como elementos essenciais, como zinco, níquel e magnésio, e micro-contaminantes, como chumbo, cádmio, mercúrio e alumínio. Em relação às séries históricas dos parâmetros citados acima, adquiridas através da consulta ao banco de dados do INEA, para o período entre os anos de 2000 a 2010, averiguou-se que existem grande lacunas de resultados em 2008 e, praticamente, ausência de resultados nas amostras de 2009 e 2010, para todos os metais pesados consultados.

Como já mencionado, os parâmetros Chumbo Total, Mercúrio Total, Alumínio Dissolvido e Manganês Total se apresentam como os mais presentes, em relação aos metais pesados, na bacia hidrográfica do rio Guandu. Os resultados do parâmetro Chumbo Total não se configuram como grande preocupação, à luz da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos considerados classe 2, já que cerca de 60% das amostras coletadas nas 10 estações de monitoramento selecionadas atendem aos valores máximos permissíveis. Todavia, deve-se atentar para o alto grau de toxicidade desse metal, que causa enormes danos ao meio ambiente e aos seres vivos, mesmo encontrado em pequenas concentrações. Para a bacia hidrográfica de estudo, os piores cenários quanto à contaminação por este metal são verificados nos rios Ipiranga (estação IR251) e Queimados (QM270 e QM271), principalmente nas amostras coletadas nos primeiros anos de análise. Provavelmente, as fontes da poluição por chumbo, nestes cursos d'água, são as descargas de efluentes das indústrias metalúrgicas, químicas,

gráficas, de soldagem e de tintas, além de atividades de mineração localizadas nos municípios da região.

Os resultados dos parâmetros Alumínio Dissolvido e Manganês Total se configuram como preocupação, à luz da Resolução CONAMA 357/2005. O parâmetro Manganês Total apresenta cerca de 50% dos resultados abaixo dos valores limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos classificados como classe 2. Entretanto, a porcentagem de resultados amostrais que ultrapassam os padrões estabelecidos pode ser qualificada como alta e preocupante. É notório que as piores condições de poluição por manganês se verificam para as séries históricas das estações CU650 (rio Cabuçu), IR251 (rio Ipiranga), PO290 (rio dos Poços), QM270 e QM271 (rio Queimados). As principais fontes desse tipo de contaminante são os efluentes das indústrias metalúrgicas e siderúrgicas.

De forma diferenciada, o parâmetro Alumínio Dissolvido é representado por uma série histórica com grandes hiatos e descontinuidades de informação. Apesar das falhas, os resultados consultados se configuram como grande problema para os cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Guandu, considerando os padrões da Resolução CONAMA 357/2005. Em sua maioria, os valores observados são bastante elevados, consolidando uma grave situação de poluição por esse metal. Pode-se dizer que tal contaminação se distribui de maneira homogênea pelos rios contribuintes da bacia hidrográfica de estudo, sendo mais intensa nos rios Macacos e Queimados (FEEMA, 2001). Possivelmente, as causas da poluição por alumínio são as descargas de efluentes das indústrias de soldagem e atividades de mineração e principalmente, pelas diversas e extensas áreas de extração de areia localizadas às margens dos corpos hídricos analisados. A desconformidade desse parâmetro pode indicar, também, um aumento nos processos erosivos, que carregam sedimentos para os corpos d'água.

Por fim, o panorama mais crítico em relação à contaminação dos sistemas aquáticos por metais pesados é verificado para o parâmetro Mercúrio Total. Proveniente dos efluentes líquidos gerados pelas indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de fabricação de compostos clorados e de plásticos, além de atividades de mineração, garimpo e extração de areia. Cerca de 90% das amostras realizadas nos cursos d'água estudados nesse trabalho, no período entre 2000 e 2010, excederam bastante os valores

limites definidos pela legislação ambiental pertinente. Pode-se afirmar que a contaminação hídrica por mercúrio se distribui de maneira homogênea pelos rios contribuintes da bacia hidrográfica de estudo, inclusive no Ribeirão das Lajes que tradicionalmente é denominado como o trecho menos poluído da bacia hidrográfica do rio Guandu.

6.4 Comparação entre os Resultados dos Índices de Qualidade de Água

Para fins de comparação entre os resultados finais da aplicação das metodologias dos Índices de Qualidade de Água empregados nesse trabalho, diversos elementos foram observados e ponderados. Primeiramente, é imprescindível lembrar que cada um dos índices calculados nesse trabalho sobre bacia hidrográfica do rio Guandu, são compostos por diferentes variáveis e parâmetros que traduzem as condições ambientais dos corpos hídricos, através de enfoques e objetivos diferenciados definidos para cada índice e, por isso, apresentam valores finais distintos. O produto da aplicação destas metodologias sempre deve ser avaliado tendo em mente os objetivos da sua concepção e os parâmetros que o compõem.

Tal fato é demonstrado confrontando-se, por exemplo, o Índice da Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}) com o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT). Inquestionavelmente, tratam-se de dois índices criados com o propósito de representar, de forma sintética e objetiva, a situação da qualidade de um recurso hídrico. Todavia, cada um desses índices tem por finalidade representar informações de diferentes parâmetros de qualidade de água (o IQA_{CETESB} é composto por parâmetros físicos e químicos, enquanto o ICT é constituído, em sua maioria, por informações sobre metais pesados), por meio de abordagens diferentes, para alcançar diferentes objetivos ou demandas pré-estabelecidas (o IQA_{CETESB} foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, enquanto o ICT foi desenvolvido visando à avaliação da contaminação hídrica por metais pesados). Deste modo, espera-se de antemão que os valores finais do Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT) sejam

bastante diferentes dos cinco índices restantes, que são considerados mais semelhantes em razão da escolha dos parâmetros e escopos estabelecidos.

Os primeiros índices calculados com base nos dados adquiridos foram o Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}) e o Índice da Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}). Como já foi mencionado, ambos os índices foram concebidos com o intuito de avaliar a qualidade ambiental dos corpos d'águas através do ponto de vista da degradação do meio ambiente por meio de lançamentos de efluentes domésticos e outros despejos urbanos nos rios. No entanto, estes IQA's se distinguem pelo uso de alguns parâmetros distintos e, principalmente, pelos diferentes pesos fixados para cada variável e as diferentes categorias de resultados. No caso do IQA_{NSF} , os parâmetros Coliformes Termotolerantes e Demanda Bioquímica de Oxigênio possuem um peso maior na construção do índice, se comparado com o IQA_{CETESB} que dá um maior peso para os parâmetros pH e Sólidos Totais, como esclarece a Tabela 3 deste trabalho. Apesar disso, tais mudanças em relação aos pesos fixados para as variáveis não simbolizam, de forma direta e consistente, a alteração dos resultados finais da aplicação dos índices, já que é notória a grande proximidade dos valores numéricos finais para uma mesma amostra, como pode ser visto nas tabelas do Anexo C. O elemento que melhor justifica a diferenciação dos resultados finais do IQA_{NSF} e do IQA_{CETESB} , ilustrados nos mapas temáticos, é diferente categorização dos intervalos de resultados, ilustrada na Tabela 23.

Tabela 23: Comparação entre as categorias de resultados do IQANSF e IQACETESB.

Adaptado de (CETESB,2013) e (NSF, 2007).

Categoria de Resultados	IQA_{NSF}	Faixas	Categoria de Resultados	IQA_{CETESB}	Faixas
EXCELENTE	$100 \geq IQA \geq 90$		ÓTIMA	$100 \geq IQA \geq 80$	
BOA	$90 > IQA \geq 70$		BOA	$80 > IQA \geq 52$	
MÉDIA	$70 > IQA \geq 50$		REGULAR	$52 > IQA \geq 37$	
RUIM	$50 > IQA \geq 25$		RUIM	$37 > IQA \geq 20$	
MUITO RUIM	$25 > IQA \geq 0$		PÉSSIMA	$20 > IQA \geq 0$	

Nota-se claramente que um mesmo resultado final, obtido através da aplicação das metodologias de cálculo, pode ser caracterizado como um valor pertencente à distintas categorias de resultados, já que os intervalos numéricos que estabelecem tais faixas são

bastante distintas, como pode ser atestado na Tabela 23. Para exemplificar tal afirmação, pode-se usar como exemplo o conjunto de resultados finais do IQA_{NSF} e do IQA_{CETESB} calculados para os dados da estação de amostragem GN201 durante o período entre 2002 e 2010, localizada no município de Japeri, relatados na Tabela 34. Esmiuçando estes valores, observa-se que a maioria expressiva dos resultados finais dos índices ocorrem entre 50 e 75, denotando uma qualidade que poderia ser considerada aparentemente como média ou regular, tendendo à melhores condições. Todavia, quando tais resultados são interpretados por meio das categorias de resultados estipulados para o IQA_{CETESB}, ocorrem na categoria “BOA” para 95% das amostras. Já utilizando as faixas de resultados estabelecidas para a aplicação do IQA_{NSF}, 65% das amostras ocorrem na categoria “MÉDIA” e 31% na categoria “BOA”.

É correto afirmar, então, que a escolha consciente das categorias de resultados influencia, de forma significativa, os resultados finais dos índices e, conseqüentemente, a informação participada à população e aos atores ligados à gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica. O Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* revela-se como mais restritivo no sentido de oferecer, como informação final, um valor agregado que informa sobre a qualidade do corpo hídrico analisado de forma mais equilibrada, por considerar intervalos de resultados melhor distribuídos entre os valores 0 e 100, sem a tendência de agrupamento de resultados nas categorias “EXCELENTE” ou “BOA” que ocorre no IQA_{CETESB}, e condizente com a realidade constatada nos corpos d’água estudados. O Índice da Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA_{CETESB}), de forma global, proporciona resultados finais que convergem, prioritariamente, para categorias de resultados que simbolizam melhor condições ambientais de corpo hídrico, como as categorias “ÓTIMA” e “BOA”, que englobam resultados finais balizados entre 50 e 100 (no caso do IQA_{NSF}, tais categorias englobam apenas resultados entre 70 e 100).

Comparando, ainda, os resultados obtidos com a aplicação do IQA_{NSF} e o IQA_{CETESB}, se observada a composição dos percentuais de resultados de ambos os índices para duas estações, GN201 (próxima à nascente do rio Guandu e da confluência com os rios Santana e São Pedro) e GN200 (próxima à estrutura de captação da ETA-Guandu, após a confluências com os rios Queimados, dos Poços, Cabuçu e Ipiranga), se faz claramente visível as implicações das diferentes metodologias. A comparação entre as

composições de percentuais está detalhada na Tabela 24, corroborada pelos mapas temáticos consistidos nas Figuras 20 e 21.

Tabela 24: Composição dos percentuais de resultados do IQANSF e IQACETESB, para as estações de amostragem GN201 e GN200. Autoria própria.

Estação de Amostragem GN201			Estação de Amostragem GN200		
Composição dos percentuais em categorias	IQ _{NSF}	IQ _{CETESB}	Composição dos percentuais em categorias	IQ _{NSF}	IQ _{CETESB}
EXCELENTE / ÓTIMA	0,0%	0,0%	EXCELENTE / ÓTIMA	0,0%	0,0%
BOA / BOA	31,0%	94,8%	BOA / BOA	17,1%	93,4%
MÉDIA / REGULAR	65,5%	5,2%	MÉDIA / REGULAR	77,6%	6,6%
RUIM / RUIM	3,4%	0,0%	RUIM / RUIM	5,3%	0,0%
MUITO RUIM / PÉSSIMA	0,0%	0,0%	MUITO RUIM / PÉSSIMA	0,0%	0,0%

Examinando os percentuais dispostos acima, é inquestionável que o mesmo grupo de dados amostrais produz informações bastante distintas quando consolidadas através dos índices. Pelo ponto de vista do IQ_{NSF}, os resultados referentes à estação GN201, mais próximo à nascente do rio Guandu, ilustram uma melhor qualidade de água se comparada com os percentuais de resultados da estação GN200, pois para a estação GN201, 65% dos resultados ocorrem na categoria “MÉDIA” e 31% na categoria “BOA”, distante do cenário revelado para a estação GN200, na qual 77% dos resultados ocorrem na categoria “MÉDIA” e 17% na categoria “BOA”. Essa disparidade atesta a variação da qualidade de água ao longo da calha principal do rio Guandu: próximo à nascente, a qualidade do trecho do rio é superior se comparado com a estação situada no trecho final do rio, na Lagoa Guandu, após a afluição dos rios dos Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga, que certamente são os cursos d’água que possuem pior qualidade. No entanto, pela percepção do IQ_{CETESB}, os resultados referentes às estações GN201 e GN200 representam uma qualidade de água extremamente parelha, variando somente em 1% os resultados para as distintas estações de monitoramento. Novamente, esta declaração legitima o julgamento de que o Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQ_{NSF}) reflete de forma mais válida e efetiva do que o Índice da Qualidade de Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQ_{CETESB}).

O terceiro índice calculado nesse estudo de caso foi o Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQA_{BP}). Como já foi mencionado, o impacto exercido pela incorporação do parâmetro densidade de cianobactérias para produzir o resultado final do IQA_{BP} , resultou em variações extremamente pequenas em relação aos valores observados no IQA_{CETESB} , para a série de dados utilizada. As taxações vinculadas ao parâmetro Densidade de Cianobactérias promovem alteração no valor final do índice a partir do valor de 20.000 células por mililitro. Entretanto, a alteração os valores finais, promovendo a mudança de ocorrência dos valores nas categorias de resultados, somente é percebida, de maneira mais significativa, a partir do valor de 50.000 células por mililitro. Este valor é o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces em um corpo hídrico enquadrado como classe 3.

Portanto, somente resultados de Densidade de Cianobactérias bastante elevados promovem mudanças relevantes nos resultados finais que compõem o IQA_{BP} . No entanto, a influência das florações de macrófitas, e a consequente presença de cianobactérias, que causam variações nas condições dos corpos hídricos e acarretam a depreciação da qualidade de água, começa a ser percebida de forma intensa para valores de densidade de cianobactérias sabidamente inferiores à 50.000 células por mililitro. Assim, pode-se afirmar que o IQA_{BP} atinge seu objetivo em relação à necessidade de agregar algum tipo de informação de caráter biológico, através das cianobactérias, porém subestima as consequências e implicações da presença destes organismos, principalmente em relação a possível liberação de cianotoxinas que pode ter caráter extremamente tóxico e prejudicial ao ecossistema aquático.

O quarto índice calculado nesse estudo de caso foi o Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}). Como já foi mencionada, a lógica nebulosa ultrapassa a lógica tradicional com a introdução do conceito da verdade parcial, permitindo uma pertinência simultânea e parcial em vários conjuntos em vez de uma inclusão total em um conjunto definido, por meio da construção de bases de regras e criação de funções de pertinência para as variáveis empregadas. Quando comparado aos índices anteriormente citados (IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{BP}), o IQA_{FAL} desponta como índice bastante distinto, já que é composto por um grupo parcialmente diferenciado de variáveis, enfoca a aplicação do índice baseado em um objetivo diferente, utilizando uma nova metodologia.

O uso da metodologia do IQA_{FAL} e da construção das bases de regras proporciona um método diferenciado de composição das variáveis de qualidade de água, oferecendo a possibilidade de dar mais importância e peso a certos parâmetros em detrimento de outros, justificada pela decisão do corpo técnico que participa da concepção do índice, detentora do conhecimento específico da literatura e da realidade local. Nesse sentido, os parâmetros Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido, que constituem o subíndice denominado Despejos Domésticos, possuem um peso relativamente maior na construção do índice devido à importância dada a eles na construção da base de regras. Essa predileção influencia de maneira abissal os resultados finais da aplicação do índice, como pode ser atestado pelo mapa temático dos resultados do IQA_{FAL} , apresentado na Figura 23, se comparados com os resultados expostos nas Figuras 21 e 22.

Para exemplificar tal afirmação, pode-se usar como exemplo o conjunto de resultados finais obtidos com a aplicação do IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} e IQA_{FAL} , para estações específicas. Observando a composição dos percentuais de resultados de ambos os índices para duas estações de amostragem, QM270 e QM271, localizadas ao longo do rio Queimados, se faz claramente visível as implicações das diferentes metodologias. A comparação entre as composições de percentuais está detalhada na Tabela 25.

Tabela 25: Composição dos percentuais de resultados do IQA_{FAL} , IQA_{NSF} e IQA_{CETESB} , para as estações de amostragem QM270 e QM271. Autoria própria.

Estação de Amostragem QM270				Estação de Amostragem QM271			
Composição dos percentuais em categorias	IQA_{FAL}	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	Composição dos percentuais em categorias	IQA_{FAL}	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}
EXCELENTE / ÓTIMA	0,0%	0,0%	0,0%	EXCELENTE / ÓTIMA	0,0%	0,0%	0,0%
BOA / BOA	0,0%	0,0%	0,0%	BOA / BOA	0,0%	0,0%	0,0%
MÉDIA / REGULAR	0,0%	0,0%	32,2%	MÉDIA / REGULAR	0,0%	1,7%	20,7%
RUIM / RUIM	0,0%	79,7%	55,9%	RUIM / RUIM	0,0%	75,9%	69,0%
MUITO RUIM / PÉSSIMA	100,0%	20,3%	11,9%	MUITO RUIM / PÉSSIMA	100,0%	22,4%	10,3%

Avaliando os percentuais dispostos acima, é inquestionável que o mesmo grupo de dados amostrais produz informações extremamente distintas quando consolidadas através dos índices. Por meio da metodologia proposta pelo o IQA_{NSF} e o IQA_{CETESB} , os resultados referentes às duas estações, representam uma qualidade de água considerada ruim, já que a maioria dos resultados ocorreu na categoria “RUIM”. No entanto, os resultados finais da aplicação do IQA_{FAL} ocorreram, em sua totalidade, na categoria “PÉSSIMA”. Atentando para as informações individuais das variáveis de qualidade de água citadas, pode-se observar que os parâmetros DBO e OD se configuram muito superiores aos limites preconizados pela legislação pertinente e, visivelmente, impulsionam os resultados finais para piores categorias.

Tal fato corrobora a percepção de que o IQA_{FAL} tem como objetivo primordial consolidar informações sobre a qualidade de um recurso hídrico, através do ponto de vista da degradação do meio ambiente ocasionada por meio de lançamentos de efluentes domésticos sem tratamento adequado, ou seja, um índice que simboliza a condição da infraestrutura sanitária no que tange os procedimentos de coleta e tratamento de esgotos e efluentes domésticos.

É importante ressaltar que uma das principais vantagens identificadas no uso da lógica e inferência nebulosa na compilação de variáveis analíticas isoladas em indicadores compostos únicos é a simplicidade com a qual o modelo é aplicado. Outra vantagem é que o modelo não requer constantes ajustes na parametrização das regras. A simples inclusão ou exclusão de algumas delas pode ser suficiente para modelar de forma mais adequada problemas similares em questão (PESSOA, 2010).

O quinto índice calculado nesse estudo de caso foi o Índice do Estado Trófico (IET). Como já foi mencionado, o IET foi formado apenas pelo índice calculado pela variável Fósforo Total, já que não existe um montante de resultados suficientes, no banco de dados do INEA, para o cálculo do Índice do Estado Trófico utilizando o parâmetro Clorofila-A. A ausência dessas informações não impede a aplicação do índice, porém o torna menos completo no sentido de consolidar o maior número de informações sobre a qualidade da água para fornecer um resultado final consistente e objetivo. Todavia, para o caso das 10 estações de amostragem selecionadas na bacia hidrográfica do rio Guandu, os resultados finais exprimem, de maneira eficaz, a condição ambiental dos

corpos hídricos em relação ao aporte de nutrientes ocasionado pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais. Tendo os valores finais classificados nas piores categorias, os rios Queimados, Cabuçu e Ipiranga despontam como os cursos d'água mais afetados pela contaminação por efluentes industriais, possivelmente pela maciça presença de polos industriais nos municípios de Queimados, Japeri e Nova Iguaçu.

O sexto, e último, índice calculado nesse estudo de caso foi o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), produzido por técnicos e profissionais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Como já foi mencionado, o índice é composto por uma grande gama de variáveis de qualidade de água, principalmente por parâmetros que indicam as concentrações de metais pesados. Os resultados, apresentados individualmente para cada parâmetro avaliado, reafirmam a extensa ocupação das margens dos corpos hídricos e do restante da área da bacia hidrográfica por diversas atividades poluidoras, como por exemplo, indústrias de diferentes tipologias, atividades de extração de areia, atividades de mineração, lixões clandestinos, entre outros. Estas atividades exercem grande pressão nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu, principalmente devido à ineficiência ou ausência de tratamento adequado aos efluentes ou resíduos produzidos.

6.5 Avaliação da Aplicabilidade dos Índices de Qualidade de Água

Após aplicar a metodologia de cálculo dos Índices de Qualidade de Água elegidos para serem empregados nesse trabalho, é fundamental avaliar a aplicabilidade destes índices e verificar qual é(são) o(s) mais adequado(s) em relação à gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica responsável pelo abastecimento de água de uma importante região metropolitana.

De acordo com Maranhão (2007), na escolha de um índice para qualquer finalidade, mesmo aceitando conviver com algum tipo de limitação, o pesquisador ou gestor envolvido nesse processo seletivo deve avaliar e expor a aderência dos índices disponíveis em relação a algumas propriedades e critérios como parte da justificativa

das escolhas feitas. A literatura oferece alguns *check-lists* que podem servir de roteiro para a verificação das propriedades/critérios de seleção e justificativa dos compromissos assumidos. Portanto, de acordo com Maranhão (2007), pode-se avaliar os Índices de Qualidade de Água segundo algumas propriedades representadas esquematicamente na Figura 25.

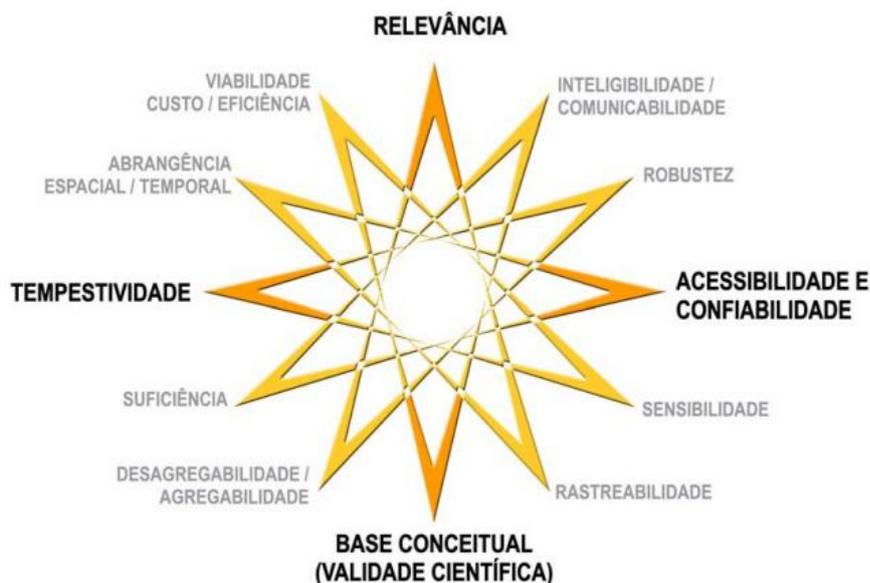


Figura 25: Propriedades dos índices e indicadores como critérios de seleção. Fonte: (MARANHÃO, 2007).

Sabe-se que pelo menos quatro das doze propriedades, ilustradas na Figura 25, são primordiais aos índices: a relevância, a acessibilidade/confiabilidade, a validade científica e a tempestividade (MARANHÃO, 2007). A relevância é considerada a propriedade mais importante a ser apreciada em relação à aplicabilidade de um índice, já que se refere à essência do problema que se quer dominar, tendo uma interpretação normativa clara e ajustando-se à finalidade para a qual foi criado. Desta forma, todos os índices empregados nesse trabalho atendem a esse critério, contando com algumas ressalvas, ressaltando que o Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}) poderia ser categorizado, também, como índice capaz de representar a condição da infraestrutura sanitária da região de estudo. Uma vez que o IQA_{FAL} tem como objetivo primordial consolidar informações sobre a qualidade de água, através do ponto de vista da degradação ocasionada por meio de lançamentos de efluentes domésticos sem tratamento adequado, enfatizando as consequências diretas das

alterações dos parâmetros Coliformes Termotolerante, Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio, facilmente poderia agregar o ponto de vista da falta de estrutura de saneamento ao seu objetivo central, adequando-se a finalidade para a qual foi criado aos resultados obtidos.

A segunda propriedade mais importante a ser apreciada em relação à aplicabilidade de um índice é a acessibilidade/confiabilidade. Para que um índice ou indicador seja determinado é preciso que os dados dos quais derivam já existam, estejam acessíveis e sejam confiáveis. A acessibilidade se refere à existência e à facilidade de obtenção de dados e a confiabilidade de um indicador está basicamente associada ao seu uso bem sucedido. Deve-se enfatizar que a confiabilidade não é necessariamente sinônimo de precisão, de tal modo que os índices se propõem, somente, a dar uma ideia confiável do objeto ou sistema que estão medindo (MARANHÃO, 2007). Todos os índices empregados nesse trabalho atendem a esse critério, visto que o acesso ao banco de dados de qualidade de água foi realizado de maneira satisfatória e simples, através da interface de consulta de resultados do INEA. Quanto à confiabilidade, todas as amostragens e análises seguem rígidos protocolos internos, tanto nas etapas de coleta e análise de campo quanto nos ensaios realizados em laboratório credenciados.

A terceira propriedade a ser ponderada em relação à aplicabilidade de um índice é a validade científica. Um índice deve estar inserido em algum modelo conceitual e contemplado em métodos de determinação que sejam bem compreendidos, tendo ampla aceitação no meio científico e assegurando a sua validade. A fundamentação científica deve excluir qualquer possibilidade de que sejam levantadas divergências a respeito do que ele mede e do significado de suas medidas (MARANHÃO, 2007). Nesse sentido, todos os índices empregados nesse trabalho atendem a esse critério, já que estes foram testados e aplicados em outros estudos sobre outros rios e bacias hidrográficas, como dissertações de mestrado e teses de doutorado, além de publicações de órgão públicos como a Agência Nacional das Águas.

Finalmente, a quarta propriedade fundamental a ser analisada em relação à aplicabilidade de um índice é a tempestividade. A tempestividade diz respeito à velocidade de transformação de informação em indicador ou índice, e deste em informação, conhecimento e fundamentação para tomadas de decisão, de modo que os

efeitos da aplicação das metodologias dos índices se produzam a tempo (MARANHÃO, 2007). Deste modo, todos os índices empregados nesse trabalho atendem a esse critério que pode ser verificado através da facilidade e rapidez para atingir os resultados finais, incluindo algumas ressalvas. Uma vez que a metodologia de cálculo esteja ajustada e adequada aos programas ou interfaces auxiliares, como planilhas em Excel, as etapas de cálculo são agilizadas, resultando na otimização do tempo de resposta devido à automatização. Lembrando que a tempestividade, neste caso, está fundamentada no processo ocorrido entre a obtenção do valor individual de uma variável de qualidade de água amostrada e a elaboração do resultado final do índice, ou seja, não se aplica à essa propriedade/critério o período de espera entre a coleta/análise de uma amostra de água e o resultado da amostragem, que é extremamente diversificado de acordo com a variável estudada, equipamento utilizado e corpo d'água avaliado.

Dentre os seis Índices de Qualidade de Água avaliados, observa-se uma ressalva quanto à tempestividade se dá para o caso do IQA_{FAL} . Para realizar os cálculos do índice baseado em lógica nebulosa, é necessário o uso do *software* MATLAB que agrupa os conjuntos nebulosos e a base de regras. Desde o momento da entrada de dados até a composição do resultado final, são executadas mais etapas e processos dentro do *software*, o que aumenta significativamente o tempo de resposta na aplicação deste índice. Além disso, é importante destacar que a utilização deste *software* carece de capacitação técnica elevada e específica.

Sobre o critério de sensibilidade, pode-se destacar que apesar do IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} e IQA_{BP} também incorporarem no seu cálculo o parâmetro Coliformes Termotolerantes, os resultados do IQA_{FAL} mostram uma sensibilidade maior aos altos valores desse parâmetro. Nesse sentido, é cabível uma reflexão sobre a aplicabilidade de um índice, sob o ponto de vista do ajuste à sua finalidade, em relação à sensibilidade de parâmetros que são fundamentais para a caracterização e qualificação de um recurso hídrico, independente do objetivo específico traçado. Os demais critérios/propriedades ilustrados anteriormente, na Figura 25, são atendidos sem grandes ressalvas.

Em uma visão ampla e consolidada, os índices selecionados para compor este trabalho atendem aos critérios listados por Maranhão (2007), sendo considerados adequados e competentes no que diz respeito aos seus principais objetivos e propósitos, deixando

claro algumas fraquezas de alguns índices. Por conseguinte, a seleção do índice mais apropriado ao contexto da bacia hidrográfica do rio Guandu se dá, basicamente, através de algumas verificações, como o objetivo principal do índice; a natureza das variáveis que o compõem; a disponibilidade das informações necessárias, para cada estação de amostragem selecionada; e a proximidade dos resultados finais com a real condição dos recursos hídricos analisados; dentre outras.

Portanto, os Índices de Qualidade de Água avaliados com os mais adequados em relação ao contexto específico de avaliação da qualidade de água dos corpos hídricos formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu foram o Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}), como índice principal e central, e o Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}) e o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), como índices complementares.

Como o principal índice a ser aplicado, o Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}), se mostra mais apropriado em função de seu objetivo de concepção (avaliação de mananciais utilizados para abastecimento público), da boa equalização das categorias de resultados e suas respectivas faixas e do atendimento satisfatório aos critérios anteriormente citados.

Como índice complementar, Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}), apresenta-se adequado em função da inclusão de parâmetros de natureza diversificada, como parâmetros biológicos, da utilização da lógica nebulosa com o uso das bases de regras e conjunto nebulosos e da representação da condição da infraestrutura sanitária em seu resultado final. O Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), também considerado como índice complementar de avaliação da condição dos recursos hídricos, se mostra importante em função da natureza das variáveis que compõem o índice, incluindo os metais pesados.

7 Conclusões

Nesse último capítulo estão apresentadas as conclusões deste trabalho, retomando os objetivos gerais e específicos. Além disso, alguns comentários e recomendações estão

expostos ao longo deste capítulo. Como declarado, o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar a qualidade das águas da bacia hidrográfica formadora do rio Guandu com base na utilização de Índices de Qualidade de Água.

Constatou-se, com base nas medianas dos valores das séries históricas de cada estação de monitoramento, no caso dos parâmetros Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total e Nitrogênio Total, os corpos d'água que apresentam as maiores desconformidades em relação à Resolução CONAMA 357/2005 são os rios Queimados, Cabuçu, Ipiranga e Macacos. Em relação à presença de metais pesados, os parâmetros Chumbo Total, Mercúrio Total, Alumínio Dissolvido, Cádmio Total e Manganês Total se configuram como os mais presentes na bacia hidrográfica do rio Guandu, principalmente nos rios citados acima.

Apesar da grande carga poluidora proveniente das poluições urbanas e industriais, constatou-se que os impactos negativos dessas descargas na Lagoa Guandu, onde se situa a tomada d'água da CEDAE para a Estação de Tratamento de Água do Guandu, são pouco significativos devido aos efeitos da autodepuração e diluição verificados neste corpo hídrico.

Para efeito comparativo desse estudo foram escolhidos seis diferentes índices, tendo cada um suas particularidades em suas formulações matemáticas e aspectos metodológicos. Apesar das disparidades de cada metodologia dos Índices de Qualidade de Água, os resultados finais se alinham no sentido de convergir na representação da qualidade dos cursos d'água estudados, ou seja, qual seja o método de cálculo e variáveis usadas, os corpos hídricos avaliados são considerados de pior ou melhor qualidade em relação à totalidade dos corpos d'água integrantes da bacia hidrográfica, independente da metodologia aplicada. Dessa forma, ambas as metodologias apontam para uma depreciação da qualidade de água mais acentuada no caso dos rios Queimados, Cabuçu e Ipiranga. Os rios dos Poços e Macacos apresentam uma situação relativamente melhor em relação à condição de seus recursos hídricos, provavelmente devido à menor densidade populacional na região de suas bacias drenantes e a característica menos industrial da área. O rio Guandu e o Ribeirão das Lajes são considerados os de melhor situação ambiental pelas características das atividades

poluidoras realizadas em suas sub-bacias drenantes e aos fenômenos de diluição e autodepuração verificados.

Os Índices de Qualidade de Água selecionados para compor este trabalho foram considerados adequados, sendo possível a indicação do índice mais apropriado ao contexto da bacia hidrográfica em estudo. Assim, os Índices de Qualidade de Água avaliados como os mais adequados em relação ao contexto específico de avaliação da qualidade de água dos corpos hídricos formadores da bacia hidrográfica do rio Guandu foram o Índice da Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQA_{NSF}), como índice principal e central, e o Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA_{FAL}) e o Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), como índices complementares.

Como o principal índice a ser aplicado, o IQA_{NSF} é mais apropriado tanto em função de seu objetivo principal, que é avaliar os mananciais aproveitados para abastecimento público, quanto em razão da boa equalização das categorias de resultados e suas respectivas faixas. Como índice complementar, o IQA_{FAL} é considerado válido em função da inclusão de parâmetros de natureza diversificada, como parâmetros biológicos, da utilização da lógica nebulosa com o uso das bases de regras e conjunto nebulosos e, principalmente, da nítida representação da condição da infraestrutura sanitária em seu resultado final. O Índice de Contaminação por Tóxicos (ICT), também considerado como índice complementar de avaliação da condição dos recursos hídricos, se mostra adequado em função da natureza das variáveis que compõem o índice, incluindo os metais pesados.

É evidente que os Índices de Qualidade de Água podem servir como instrumento de tomada de decisão, mesmo sabendo que estes expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe índice único que sintetize todas as variáveis de qualidade de água, ou seja, geralmente são usados índices para usos específicos, que devem ser analisados de forma conjunta e complementar a outros índices e variáveis.

8 Referências Bibliográficas

ALVES, W. D. S., “Qualidade de Água do Ribeirão das Abóboras no Município de Rio Verde, Goiás”. **I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IF-Goiano**. Rio Verde/GO, Brasil. Novembro de 2012.

ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. 1ª edição. Brasília/DF, Brasil. Agência Nacional das Águas, 2005.

ANA. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores. PNQA/ANA, 2009a. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceCT.aspx>>. Acesso em: 16 de junho de 2013.

ANA. Portal da Qualidade das Águas: Enquadramento. PNQA/ANA, 2009b. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Padres/enquadramento_basesconceituais.aspx>. Acesso em: 16 de junho de 2013.

ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012**. 1ª edição. Brasília/DF, Brasil. Agência Nacional das Águas, 2012.

BRASIL. **Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília/DF, Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1981.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília/DF, Brasil. Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília/DF, Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1997.

CASTRO, C. M., **Águas do Rio de Janeiro: Da Metrópole com Riscos à Metrópole dos Riscos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPGG/UFRJ, 2010.

CASTRO, C. M.; FERREIRINHA, M. M., “A Problemática Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Desafios para a Gestão dos Recursos Hídricos”. **Anuário**

do Instituto de Geociências - UFRJ. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Volume 35. Número 2. p 71-77. Fevereiro de 2012.

CEDAE. Estação de Tratamento de Água do Guandu: A Maior do Mundo. Guinness Book. Disponível em: <<http://www.cedae.com.br/img/guandu/guandu.pdf>>. Acesso em: 16 de junho de 2013.

CERHI-RJ. Resolução nº 18 de 08 de novembro de 2006. Definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio De Janeiro, 2006.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2006. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2007.

CETESB. “Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem”. In: Série Relatórios/CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2009.** 2ª edição. Apêndice A. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010.

CETESB. IQA: Índice de Qualidade das Águas, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>>. Acesso em: 16 de junho de 2013.

CETESB. IET: Índice do Estado Trófico, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/04.pdf>>. Acesso em: 16 de junho de 2013.

COELHO, F. M., Avaliação de Propostas para a Garantia do Abastecimento de Água da Região Metropolitana Oeste do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Engenharia Civil/COPPE. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. UFRJ/COPPE, 2008.

COIMBRA, C. M., Avaliação da Metodologia IQAFAL nas Bacias Contribuintes à Lagoa Rodrigo de Freitas. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2011.

COMITÊ GUANDU. **Relatório Sobre a Situação da Bacia: 2011/2012.** Seropédica/RJ, Brasil. CBH Guandu, 2012.

CONAMA. **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.** Brasília/DF, Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.

CONSÓRCIO ETEP - ECOLOGUS - SM GROUP. **Relatório Final: Parte 1 (Diagnóstico Ambiental).** In: Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. SEMA, 1998.

FEEMA. **Avaliação da Qualidade da Água da Sub-Bacia do Rio Guandu e dos Rios da Baixada da Baía de Sepetiba.** Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 2001.

FERREIRA, W. A., **Avaliação Preliminar de Indicadores de Qualidade de Água da Bacia Hidrográfica Formadora do Rio Guandu.** Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Química. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPQ/UERJ, 2007.

FROTA, J. A. D., “Amazônia Brasileira e a Nova Ordem Mundial”. **Revista Suffragium.** Fortaleza/CE, Brasil. Volume 1. Número 246. Tribunal Regional Eleitoral do Ceará, 2000.

GENUÁRIO, D. B., **Cianobactérias em Ecossistemas de Manguezais: Isolamento, Morfologia e Diversidade Genética.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Ciências (Centro de Energia Nuclear na Agricultura). Piracicaba/SP, Brasil. CENA/PPC/USP, 2010.

HERMS, F. W.; LANZILLOTTA, H. A. D. A., “Influência de Atividades Industriais na Poluição por Metais no Rio Guandu, Baía de Sepetiba-RJ”. In: **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Experiências Para a Gestão dos Recursos Hídricos.** Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Volume 1. p. 181-215. INEA, 2012.

HORTON, R. K., “An Index-Number System for Rating Water Quality”. **Journal of Water Pollution Control Federation**. Volume 3. Número 37. p. 300-306. Março de 1965.

INEA. Qualidade de Água no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-agua.asp>>. Acesso em: 13 de julho de 2013.

KIM, M., **Estudo da Variabilidade de Turbidez no Trecho Superior do Rio Guandu**. Monografia (Graduação). Universidade do Federal do Rio de Janeiro. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. UFRJ, 2011.

LAMEIRA, A. B., **Diagnóstico e Alternativas para a Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, RJ**. In: Documentos Embrapa Solos. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. EMBRAPA, 2010.

LAMPARELLI, M. C., **Grau de Trofia em Corpos D'água do Estado de São Paulo: Avaliação de Métodos de Monitoramento**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. São Paulo/SP, Brasil. USP, 2004.

LERMONTOV, A., **Novo Índice de Qualidade das Águas com uso da Lógica e Inferência Nebulosa**. Tese (Doutorado). Universidade do Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. EQ/UFRJ, 2009.

LIGHT. Portal LIGHT: Light Energia. Disponível em: <<http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas%20do%20Grupo/light-energia.aspx>>. Acesso em: 09 de julho de 2013.

MAGALHÃES JR., A. P. A., “Situação do Monitoramento das Águas do Brasil: Instituições e Iniciativas”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Porto Alegre/RS, Brasil. Volume 5. Número 3. p. 113-135. Julho-Setembro de 2000.

MARANHÃO, N., **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Engenharia Civil/COPPE. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. UFRJ/COPPE, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. 1ª edição. Brasília/DF, Brasil. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2006.

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

MIZUTORI, I. S., **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M., **Referencial Básico Para a Construção de um Sistema de Indicadores Urbanos**. Brasília/DF, Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

NSF. **National Sanitation Foundation Consumer Information: Water Quality Index**. Ann Arbor/MI, United States of America. NSF, 2007.

PEREIRA, R. D. S., Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos (RERH)**. Porto Alegre/RS, Brasil. Volume 1. Número 1. p. 20-36. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, 2004.

PESSOA, M. A. R., **IQAFAL: Índice Fuzzy de Qualidade de Água para Ambiente Lótico**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEC/UERJ, 2010.

PINCEGHER, M. R., Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - Mato Grosso, 2010. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=39&Itemid=83>. Acesso em: 13 de julho de 2013.

PINTO, N. M., **Rio de Janeiro, Refém das Águas do Guandu: A Aplicação da Lei 9533/1997 e o Desenvolvimento do Processo Legal de Distribuição das Águas de**

Abastecimento ao Longo da História de Crescimento da Cidade do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Ouro Preto/MG, Brasil. PPEA/UFOP, 2010.

PINTO, N. M.; BARBOSA, A. R. A., “Importância de Uma Boa Gestão dos Recursos Hídricos para a Cidade do Rio de Janeiro”. **Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)**. São Paulo/SP, Brasil. Volume 4. Número 2. p. 86-95. Maio-Agosto de 2010.

PNMA II. Índice e Indicadores de Qualidade de Água: Revisão da Literatura, 2006. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2013.

PORTO, M. F. A., “Estabelecimento de Parâmetros de Controle da Poluição”. In: Hidrologia Ambiental. **Coleção ABRH de Recursos Hídricos**. Capítulo 3. 1ª edição. Volume 3. p 375-389. EDUSP, 1991.

RIBEIRO, M. C. M., “Nova Portaria de Potabilidade de Água: Busca de Consenso para Viabilizar a Melhoria da Qualidade de Água Potável Distribuída no Brasil”. **Revista DAE**. Volume 1. Número 189. p. 8-14. Maio/Agosto de 2012.

RIBEIRO, P. C., **Análise de Fatores que Influenciam a Proliferação de Cianobactérias e Algas em Lagoas de Estabilização**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Campina Grande/PB, Brasil. CTRN/PPECA/UFPG, 2007.

SANTOS, A. B. D.; JÚNIOR, G. B. A., “Legislação Ambiental e Padrões de Lançamento de Águas Residuárias”. **ReCESA Esgotamento Sanitário: Qualidade da Água e Controle da Poluição**. Volume 2. p 57-68. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2008.

SEA PROJECTS. **Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Pirai à Montante do Túnel de Tocos**. 1ª edição. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Comitê Guandu, 2012.

SEMADS. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2: Bacia da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha/Projeto PLANÁGUA, 2001.

SERBER, J. B., **Diagnóstico Ambiental das Atividades do Polo Industrial de Queimados como Subsídio ao Termo de Ajustamento de Conduta na Gestão Sustentável da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. FEN/UERJ, 2005.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E. *et al.* “Índices Versus Indicadores: Precisões Conceituais na Discussão da Sustentabilidade de Países”. **Revista Ambiente & Sociedade**. Volume 10. Número 2. p. 137-148. Julho/Dezembro de 2007.

SILVA, G. L.; AURELIANO, J. T.; LUCENA, S. V. D. O., “Proposição de um Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público”. **Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA)**. Volume 1. Número 9. p. 17-24. Janeiro/Julho de 2012.

SILVA, J. R. L., **Dinâmica de Cianobactérias e Cianotoxinas em um Braço do Reservatório da Usina Hidroelétrica Luiz Eduardo Magalhães e Suas Implicações para o Abastecimento Público de Palmas - TO**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre/RS, Brasil. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, 2009.

SONDOTÉCNICA. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: Relatório Síntese**. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos/ANA, 2006.

SOUSA, E. R. D., **Noções Sobre Qualidade de Água: Parâmetros de Caracterização de uma Massa de Água**. Instituto Superior Técnico. Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georecursos. Lisboa, Portugal. DECivil, 2001.

SOUZA, M. E. T. A., **Proposição de um Índice de Qualidade da Água Bruta Afluente a Estações Convencionais de Tratamento de Água**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte/MG, Brasil. UFMG, 2008.

SPERLING, M. V., **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento De Esgotos**. 3ª edição. Volume 1. Belo Horizonte/MG, Brasil. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2005.

TUNDISI, J. G., “Recursos Hídricos”. **Multiciência: Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp**. Volume 1. Número 1. Outubro de 2003.

TUNDISI, J. G., “Novas Perspectivas para a Gestão dos Recursos Hídricos”. **Revista USP (Superintendência de Comunicação Social da Universidade de São Paulo)**. Volume 1. Número 70. p. 24-35. Julho/Agosto de 2006.

VIANA, V. J., **Riscos Ambientais Associados ao Transporte de Produtos Perigosos na Área de Influência da ETA Guandu-RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

9 Anexos

Anexo A: Parâmetros de qualidade de água que foram analisados nesse trabalho como variáveis discretas ou constituintes dos índices de qualidade de água.

Anexo B: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu.

Anexo C: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, para todas as estações de amostragem selecionadas.

Anexo D: Consolidação dos resultados finais da aplicação do ICT, para todas as estações de amostragem selecionadas.

Anexo E: Informações básicas sobre os Índices de Qualidade de Água aplicados nesse trabalho (parâmetros utilizados e aspectos de cálculo).

Anexo A

Tabela 26: Parâmetros de qualidade de água que foram analisados nesse trabalho como variáveis discretas ou constituintes dos índices de qualidade de água.

Autoria própria.

IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IQA _{BP}	IET	ICT
Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes		
Demanda Bioquímica de Oxigênio					
Fósforo Total	Fósforo Total	Fósforo Total	Fósforo Total	Fósforo Total	
Nitrato					Nitrato
				Clorofila- A	
	Nitrogênio Total		Nitrogênio Total		
		Nitrogênio Amoniacal			Nitrogênio Amoniacal
Oxigênio Dissolvido	Oxigênio Dissolvido	Oxigênio Dissolvido	Oxigênio Dissolvido		
pH	pH		pH		
Sólidos totais dissolvidos					
	Sólidos Totais		Sólidos Totais		
Temperatura	Temperatura		Temperatura		
Turbidez	Turbidez		Turbidez		
		Índice de Diversidade			
		Densidade de Cianobactérias	Densidade de Cianobactérias		
					Nitrito
					Cádmio Total
					Chumbo Total
					Cobre Dissolvido
					Cromo Total
					Mercúrio Total
					Zinco Total

Anexo B

Tabela 27: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 1). Autoria Própria.

Ponto de Coleta	Estatísticas Básicas	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg N/L)	pH	Turbidez (uT)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
LG0350	Nº de Dados	69	109	110	109	100	112	4	74	74
	Mínimo	23	2,0	2,6	0,04	0,180	6,0	7,9	14,0	8,0
	Percentil 25	300	2,0	7,4	0,06	0,390	6,4	11,7	55,0	45,5
	Mediana (Percentil 50)	500	2,0	8,0	0,08	0,520	6,5	15,5	90,0	73,0
	Percentil 75	1.700	2,0	8,4	0,10	0,633	6,7	34,5	127,5	103,5
	Máximo	90.000	50,0	9,4	1,15	1,370	7,8	84,0	730,0	700,0
LG0351	Nº de Dados	75	111	110	109	102	112	4	74	74
	Mínimo	49	0,8	5,8	0,03	0,167	4,0	8,1	10,0	0,0
	Percentil 25	300	2,0	7,4	0,06	0,420	6,4	11,8	50,0	34,0
	Mediana (Percentil 50)	790	2,0	8,0	0,08	0,530	6,5	15,5	80,0	63,0
	Percentil 75	4.950	2,0	8,4	0,10	0,730	6,7	34,3	117,5	101,5
	Máximo	160.000	3,6	10,6	1,00	5,650	7,8	83,0	1100,0	1091,0
MC0410	Nº de Dados	68	111	110	108	102	112	4	75	74
	Mínimo	16.000	2,0	0,1	0,04	0,370	5,7	9,5	20,0	6,0
	Percentil 25	215.000	3,2	3,4	0,29	1,142	6,3	12,9	97,5	62,5
	Mediana (Percentil 50)	540.000	4,8	4,3	0,40	1,605	6,5	16,5	130,0	97,0
	Percentil 75	1.600.000	6,8	5,2	0,50	2,398	6,7	19,0	210,0	152,3
	Máximo	16.000.000	18,5	8,6	1,60	6,320	7,3	19,0	1300,0	1260,0

Tabela 28: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 2). Autoria própria.

Ponto de Coleta	Estatísticas Básicas	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg N/L)	pH	Turbidez (uT)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
GN0201	Nº de Dados	68	110	111	110	102	113	4	74	73
	Mínimo	49	2,0	2,0	0,04	0,170	3,3	8,6	13,0	6,0
	Percentil 25	1.100	2,0	8,0	0,07	0,410	6,4	12,7	61,0	44,0
	Mediana (Percentil 50)	3.000	2,0	8,6	0,09	0,510	6,6	16,5	85,0	65,0
	Percentil 75	5.400	2,0	9,0	0,11	0,658	6,7	35,0	130,5	100,0
	Máximo	80.000	35,0	10,0	0,90	1,120	7,4	83,0	760,0	740,0
PO0290	Nº de Dados	73	114	116	113	107	117	4	79	77
	Mínimo	230	2,0	0,1	0,15	0,360	5,4	14,0	22,0	2,0
	Percentil 25	11.000	2,2	1,8	0,36	1,320	6,2	19,3	110,0	86,0
	Mediana (Percentil 50)	35.000	4,0	2,6	0,50	1,960	6,4	35,5	140,0	110,0
	Percentil 75	92.000	8,0	3,7	0,90	2,420	6,6	53,3	195,0	154,0
	Máximo	1.600.000	50,0	7,6	3,30	10,207	8,7	63,0	2230,0	2195,0
QM0271	Nº de Dados	72	116	115	114	106	118	4	79	79
	Mínimo	3.000	1,0	0,0	0,45	0,911	6,1	11,0	36,0	12,0
	Percentil 25	1.250.000	10,0	0,2	1,33	2,455	6,8	18,5	210,0	174,0
	Mediana (Percentil 50)	1.600.000	20,0	0,8	2,00	2,748	7,0	24,5	280,0	226,0
	Percentil 75	5.100.000	30,0	1,8	2,50	3,954	7,1	28,3	330,0	271,0
	Máximo	16.000.000	230,0	8,2	6,60	20,340	8,9	29,0	1150,0	790,0

Tabela 29: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 3). Autoria própria.

Ponto de Coleta	Estatísticas Básicas	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg N/L)	pH	Turbidez (uT)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
QM0270	Nº de Dados	68	112	112	110	103	114	4	75	75
	Mínimo	1.300	2,0	0,1	0,20	0,975	6,1	16,0	6,9	6,9
	Percentil 25	160.000	7,5	0,6	1,00	2,310	6,6	23,5	170,0	130,0
	Mediana (Percentil 50)	1.200.000	16,0	1,2	1,50	2,701	6,8	27,0	240,0	185,0
	Percentil 75	1.600.000	36,0	2,3	2,00	3,335	7,2	35,5	347,5	271,0
	Máximo	16.000.000	100,0	18,0	4,80	18,207	9,4	58,0	1100,0	680,0
CU0650	Nº de Dados	65	107	106	105	104	109	3	74	74
	Mínimo	3.000	2,0	0,1	0,35	0,000	6,3	8,5	50,0	24,0
	Percentil 25	80.000	5,0	0,8	1,10	2,026	6,7	10,3	170,0	151,0
	Mediana (Percentil 50)	220.000	8,8	1,5	1,50	2,616	6,8	12,0	210,0	194,5
	Percentil 75	1.600.000	13,8	2,4	2,00	2,833	7,0	14,5	277,5	249,5
	Máximo	54.000.000	36,0	16,0	3,50	20,410	7,7	17,0	1520,0	1430,0
IR0251	Nº de Dados	65	107	107	106	99	109	3	74	74
	Mínimo	5.000	2,0	0,1	0,08	0,000	6,1	8,5	44,0	24,0
	Percentil 25	54.000	5,8	0,8	1,00	1,975	6,6	10,3	161,0	146,3
	Mediana (Percentil 50)	240.000	10,0	1,2	1,40	2,525	6,8	12,0	200,0	187,0
	Percentil 75	1.300.000	20,0	2,0	1,88	2,827	7,0	12,5	277,5	259,3
	Máximo	3.500.000	80,0	4,8	3,55	13,109	8,1	13,0	2030,0	2021,0

Tabela 30: Resumo das estatísticas básicas realizadas com a série histórica de dados de qualidade de água nas estações de monitoramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guandu (Parte 4). Autoria própria.

Ponto de Coleta	Estatísticas Básicas	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg N/L)	pH	Turbidez (uT)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
GN0200	Nº de Dados	125	136	134	134	126	136	5	100	100
	Mínimo	70	0,4	4,0	0,05	0,130	3,9	1,5	20,0	6,0
	Percentil 25	3.000	2,0	7,2	0,08	0,560	6,5	13,0	70,0	55,5
	Mediana (Percentil 50)	8.000	2,0	7,8	0,10	0,709	6,6	14,0	95,0	77,0
	Percentil 75	23.000	2,0	8,2	0,15	0,930	6,9	21,0	130,0	112,0
	Máximo	160.000	15,0	11,0	2,10	2,770	7,9	83,0	1350,0	1330,0

Anexo C

Tabela 31: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem LG350. Autoria própria.

Ribeirão das Lajes: estação de monitoramento LG350									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	54,9	54,3	37,2	57,9	22/8/2007	68,8	68,6	37,5	56,0
18/12/2002	65,7	64,9	59,9	57,9	19/9/2007	80,2	80,2	60,1	57,9
15/1/2003	64,9	64,2	37,4	57,3	9/10/2007	78,5	76,5	69,8	57,3
13/3/2003	62,6	62,2	37,6	56,0	7/11/2007	71,4	71,1	42,8	60,0
24/4/2003	74,6	74,5	79,4	56,0	5/12/2007	69,9	69,4	37,8	70,5
24/7/2003	74,3	74,1	79,0	56,0	13/2/2008	64,7	64,6	37,4	63,6
2/9/2003	77,3	76,9	73,6	56,0	18/3/2008	66,1	65,9	37,5	62,6
7/10/2003	69,8	69,3	37,5	56,7	5/5/2008	73,2	73,3	69,6	57,9
4/11/2003	88,0	85,8	37,4	56,7	15/7/2008	77,6	77,0	73,6	56,0
17/4/2004	68,3	68,1	39,6	55,2	13/8/2008	77,1	76,6	79,7	54,3
26/10/2004	77,3	77,3	79,7	54,3	2/9/2008	72,8	72,6	79,4	56,0
1/3/2005	61,5	61,3	69,6	57,9	8/10/2008	74,7	74,4	73,2	56,7
29/3/2005	71,6	70,9	69,6	57,9	10/11/2008	70,0	69,7	79,1	56,0
9/5/2005	37,6	37,4	73,1	56,7	10/12/2008	67,2	67,1	43,0	69,8
7/6/2005	54,3	54,1	71,0	56,0	6/1/2009	70,9	70,6	69,6	57,9
22/6/2005	55,2	55,1	71,2	55,2	3/2/2009	73,7	73,7	77,8	56,0
21/7/2005	66,0	65,7	79,7	55,2	9/3/2009	69,9	69,3	59,9	65,7
15/8/2005	67,4	67,0	67,0	55,2	6/4/2009	83,4	83,2	79,5	56,0
13/10/2005	68,0	67,2	79,7	55,2	27/5/2009	75,1	75,1	79,7	55,2
17/11/2005	65,9	65,5	69,6	57,9	10/2/2010	79,1	78,9	60,0	60,0
5/12/2005	64,6	63,7	69,6	57,9	11/3/2010	78,3	78,5	73,2	56,7
8/3/2006	66,8	70,1	41,2	57,9	27/4/2010	68,5	68,5	37,9	56,7
27/4/2006	68,5	68,1	37,5	57,9	19/5/2010	67,9	68,0	79,2	55,2
23/5/2006	58,6	58,5	37,4	56,7	14/6/2010	77,1	77,1	73,5	56,0
7/11/2006	65,9	65,6	40,0	66,2	7/7/2010	77,8	77,9	79,8	54,3
6/12/2006	70,5	69,9	43,9	60,0	3/8/2010	66,9	70,4	77,5	54,3
22/3/2007	65,1	64,9	37,5	57,9	8/9/2010	80,6	82,8	79,4	56,0
9/5/2007	69,9	69,8	60,0	54,3	20/10/2010	72,5	75,5	77,8	53,1
18/6/2007	76,7	76,6	79,3	54,3	17/11/2010	73,9	76,7	79,7	55,2
11/7/2007	73,3	73,2	79,7	54,3					

Tabela 32 Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem LG351. Autoria própria.

Ribeirão das Lajes: estação de monitoramento LG351									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	58,2	57,5	37,4	57,3	22/3/2007	63,0	62,8	37,5	60,0
15/1/2003	58,2	57,6	37,5	57,9	9/5/2007	64,9	64,7	37,4	56,0
12/2/2003	61,4	61,1	18,1	58,8	11/7/2007	75,4	75,3	79,7	54,3
13/3/2003	62,8	62,5	37,5	57,9	22/8/2007	64,4	64,2	37,5	55,2
24/4/2003	76,5	76,2	79,7	56,0	19/9/2007	77,5	77,2	79,7	56,7
24/7/2003	74,4	74,0	79,7	57,9	7/11/2007	63,6	63,4	37,5	57,9
4/11/2003	75,8	74,6	79,4	57,9	15/7/2008	76,0	75,5	79,6	53,1
11/2/2004	70,4	70,1	72,0	57,9	13/8/2008	74,7	74,3	79,7	54,3
17/4/2004	71,3	71,0	69,6	57,3	2/9/2008	74,6	74,3	79,7	55,2
13/7/2004	74,8	74,5	78,9	54,3	8/10/2008	73,3	73,3	78,9	56,0
3/8/2004	73,3	72,7	79,7	54,3	10/11/2008	72,1	72,0	79,5	57,9
26/10/2004	65,8	65,9	37,5	55,2	10/12/2008	65,8	65,8	62,7	69,8
8/12/2004	64,9	64,7	37,5	56,7	6/1/2009	70,6	70,1	71,2	57,9
1/3/2005	56,6	56,2	37,2	57,9	9/3/2009	70,7	70,5	38,6	61,5
22/6/2005	57,7	57,3	79,6	56,0	6/4/2009	80,0	79,8	79,4	56,7
21/7/2005	68,9	68,8	79,7	55,2	27/5/2009	77,0	76,8	79,7	54,3
15/8/2005	67,1	66,8	77,3	53,1	14/7/2009	75,2	74,9	79,7	55,2
13/10/2005	53,5	52,7	37,5	54,3	10/2/2010	78,1	78,1	61,4	60,0
17/11/2005	65,3	65,1	79,4	57,9	27/4/2010	64,7	64,7	37,5	54,3
5/12/2005	64,0	63,9	71,3	57,9	19/5/2010	72,9	72,8	59,7	55,2
8/2/2006	64,3	63,9	37,4	60,0	14/6/2010	76,9	76,9	79,7	56,7
8/3/2006	66,9	70,3	38,7	57,3	7/7/2010	76,9	77,1	79,7	54,3
27/4/2006	58,2	58,1	37,5	60,0	3/8/2010	73,0	76,0	79,8	54,3
23/5/2006	57,4	57,3	37,5	56,0	8/9/2010	80,1	82,4	79,8	51,6
7/11/2006	58,2	57,9	37,5	57,9	20/10/2010	44,0	48,8	79,7	53,1
6/12/2006	66,1	65,8	37,5	60,0	17/11/2010	60,7	64,6	37,5	55,2

Tabela 33: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem MC410. Autoria própria.

Rio Macacos: estação de monitoramento MC410									
Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET	Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET
4/9/2002	33,7	32,6	10,2	65,7	22/8/2007	42,0	40,6	10,2	69,8
26/11/2002	29,7	27,5	10,2	65,1	19/9/2007	45,1	43,8	10,2	69,8
18/12/2002	47,0	44,6	10,2	71,2	9/10/2007	47,7	45,4	10,2	69,8
15/1/2003	46,6	44,0	10,2	67,3	7/11/2007	59,4	57,6	10,2	65,7
12/2/2003	53,6	51,9	10,2	62,8	5/12/2007	43,8	42,1	10,2	69,8
13/3/2003	36,2	32,6	10,2	72,3	13/2/2008	57,9	57,4	10,2	63,6
24/4/2003	50,8	49,3	10,2	65,1	18/3/2008	54,3	52,9	10,2	61,5
24/7/2003	45,6	44,2	10,2	67,2	5/5/2008	46,9	46,3	10,2	64,4
2/9/2003	54,4	52,7	10,2	63,6	15/7/2008	38,6	36,5	10,2	68,0
7/10/2003	55,4	53,1	10,2	65,7	13/8/2008	48,9	48,1	10,2	65,1
4/11/2003	70,5	64,8	10,2	67,2	2/9/2008	41,9	41,3	10,2	64,4
17/4/2004	54,9	54,5	10,2	63,6	8/10/2008	36,9	33,8	10,2	69,8
26/10/2004	58,8	58,4	10,2	63,6	10/11/2008	44,5	43,4	10,2	63,6
1/3/2005	46,8	45,5	10,2	62,6	10/12/2008	43,6	42,5	10,2	61,5
29/3/2005	50,9	49,2	10,2	65,1	6/1/2009	62,8	58,0	37,4	61,5
7/6/2005	42,3	41,1	10,2	63,6	3/2/2009	56,1	56,0	10,2	60,0
22/6/2005	37,1	36,8	10,2	65,1	9/3/2009	52,2	51,9	10,2	61,5
21/7/2005	40,2	39,7	10,2	64,4	6/4/2009	52,3	51,9	10,2	62,6
15/8/2005	41,6	40,6	10,2	65,7	27/5/2009	51,4	51,1	10,2	62,6
13/10/2005	33,2	32,0	10,2	65,1	14/7/2009	49,5	48,6	10,2	64,4
17/11/2005	40,2	39,5	10,2	66,7	10/2/2010	50,2	50,0	10,5	62,6
5/12/2005	47,1	44,9	10,2	66,7	11/3/2010	55,4	55,6	27,6	57,9
8/3/2006	55,8	59,6	10,2	56,7	27/4/2010	58,5	58,4	10,8	60,0
27/4/2006	49,1	47,5	10,2	60,0	19/5/2010	46,9	46,7	10,3	60,0
23/5/2006	55,3	54,7	10,2	65,7	14/6/2010	58,2	58,2	10,2	60,0
7/11/2006	50,7	49,7	10,2	66,2	7/7/2010	55,4	55,4	10,2	60,0
6/12/2006	47,5	47,0	10,2	66,2	3/8/2010	40,8	45,7	10,2	66,2
22/3/2007	56,6	55,7	10,2	65,7	8/9/2010	52,2	56,9	10,2	62,6
9/5/2007	44,9	44,0	10,2	56,0	20/10/2010	43,7	48,0	10,2	60,6
18/6/2007	46,6	46,1	10,2	61,5	17/11/2010	50,2	54,7	10,2	60,0
11/7/2007	47,3	47,0	10,2	65,1					

Tabela 34: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem GN201. Autoria própria.

Rio Guandu: estação de monitoramento GN201									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	54,6	54,0	37,5	57,3	19/9/2007	67,2	67,1	26,0	56,7
18/12/2002	57,4	57,1	37,2	61,5	9/10/2007	72,4	70,2	61,3	56,7
15/1/2003	63,1	61,5	37,5	58,4	7/11/2007	61,9	61,9	38,6	60,0
13/3/2003	50,5	50,2	37,5	57,9	5/12/2007	68,9	68,1	37,5	60,0
24/4/2003	56,9	56,8	37,3	56,7	13/2/2008	62,3	62,3	37,5	60,0
24/7/2003	65,5	65,3	11,6	56,7	18/3/2008	69,0	68,7	37,2	60,0
2/9/2003	69,9	69,5	36,7	56,0	5/5/2008	70,4	70,4	66,3	57,3
7/10/2003	70,2	70,1	37,5	56,0	15/7/2008	71,9	71,5	76,8	54,3
17/4/2004	59,9	59,7	37,4	57,9	13/8/2008	71,6	71,4	73,2	56,7
26/10/2004	67,3	67,4	37,5	54,3	2/9/2008	78,1	77,9	79,5	55,2
1/3/2005	60,4	60,0	42,8	60,0	8/10/2008	65,0	64,9	37,4	57,3
29/3/2005	55,8	55,3	53,9	57,9	10/11/2008	63,5	63,3	37,5	56,0
7/6/2005	53,8	53,5	40,7	56,7	10/12/2008	71,9	71,7	71,0	57,3
22/6/2005	55,3	54,6	22,4	57,9	6/1/2009	62,0	61,3	37,1	60,0
21/7/2005	62,9	62,9	79,4	55,2	3/2/2009	61,5	60,9	37,4	57,9
15/8/2005	60,7	60,4	11,6	54,3	9/3/2009	69,8	69,0	42,7	62,6
13/10/2005	37,4	37,3	14,0	69,3	6/4/2009	78,4	78,1	79,7	55,2
17/11/2005	61,4	61,0	37,5	57,9	27/5/2009	72,8	72,8	69,6	56,0
5/12/2005	60,8	60,1	37,1	57,9	3/9/2009	67,5	67,0	36,8	55,2
8/3/2006	61,7	65,4	37,5	67,2	10/2/2010	76,6	76,5	60,1	60,0
27/4/2006	62,5	62,3	37,0	57,9	11/3/2010	75,1	75,3	69,7	57,9
23/5/2006	64,0	63,9	37,2	57,9	27/4/2010	69,6	69,6	37,5	56,0
7/11/2006	65,4	65,2	37,5	60,0	19/5/2010	70,4	70,3	69,7	57,3
6/12/2006	65,8	65,5	37,2	60,0	14/6/2010	72,3	72,3	45,5	56,0
22/3/2007	56,7	56,6	37,5	60,0	7/7/2010	73,8	74,0	76,9	54,3
9/5/2007	60,3	60,2	37,5	54,3	3/8/2010	68,8	72,1	53,7	54,3
18/6/2007	71,5	71,4	45,5	53,1	8/9/2010	71,8	75,0	59,6	53,1
11/7/2007	76,3	76,3	79,3	55,2	20/10/2010	73,3	76,2	79,6	53,1
22/8/2007	68,3	68,1	27,2	56,7	17/11/2010	39,9	44,8	37,5	55,2

Tabela 35: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem PO290. Autoria própria.

Rio dos Poços: estação de monitoramento PO290									
Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET	Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET
26/11/2002	32,3	30,8	10,2	71,7	11/7/2007	35,2	34,0	10,2	71,9
18/12/2002	33,9	32,2	10,2	72,1	22/8/2007	40,3	35,9	10,2	73,4
15/1/2003	44,7	43,8	10,2	66,0	19/9/2007	42,3	40,5	10,2	71,9
13/3/2003	36,4	35,8	10,2	66,2	9/10/2007	34,2	32,1	10,2	73,4
24/4/2003	41,4	40,4	10,2	67,2	5/12/2007	41,1	39,6	10,2	69,8
24/7/2003	45,8	44,2	10,2	68,7	13/2/2008	46,8	46,2	10,2	64,4
19/8/2003	46,8	45,8	10,2	68,0	18/3/2008	51,4	50,8	10,2	63,6
2/9/2003	50,2	48,6	10,2	65,1	5/5/2008	38,2	37,9	10,2	66,2
25/9/2003	39,6	38,1	10,2	69,0	15/7/2008	49,4	47,9	10,2	68,3
7/10/2003	41,7	39,5	10,2	68,7	13/8/2008	44,0	43,4	10,2	66,2
22/10/2003	40,6	38,9	10,2	67,2	2/9/2008	51,3	50,4	37,1	69,8
3/12/2003	48,0	47,2	10,2	62,6	8/10/2008	45,5	44,7	10,2	66,2
11/2/2004	49,9	45,7	10,2	63,6	10/11/2008	34,0	33,1	10,2	69,8
17/4/2004	42,4	42,0	10,2	61,5	10/12/2008	40,9	40,4	10,2	64,4
26/10/2004	39,4	39,3	10,2	66,2	6/1/2009	50,1	48,9	10,2	61,5
1/3/2005	46,2	45,1	20,1	65,1	3/2/2009	50,3	50,4	10,2	60,0
29/3/2005	36,8	35,7	10,2	66,2	9/3/2009	48,9	47,8	10,2	71,9
7/6/2005	36,2	34,7	10,2	65,7	6/4/2009	50,5	49,2	10,2	63,6
22/6/2005	39,7	39,2	10,2	61,5	27/5/2009	51,3	50,7	10,2	67,2
21/7/2005	46,3	45,5	10,2	63,6	14/7/2009	51,2	50,4	10,2	66,2
15/8/2005	33,9	32,9	10,2	69,3	3/9/2009	42,8	40,6	10,2	69,8
13/10/2005	34,8	33,2	10,2	69,6	10/2/2010	48,2	45,8	10,5	66,2
17/11/2005	34,0	32,5	10,2	66,2	11/3/2010	44,8	45,4	10,2	62,6
5/12/2005	43,6	42,7	10,2	63,6	27/4/2010	45,7	45,3	10,2	63,6
8/3/2006	40,0	43,7	10,2	68,0	19/5/2010	43,0	43,0	10,2	63,6
27/4/2006	46,0	45,1	10,2	60,0	14/6/2010	56,0	55,5	10,2	63,6
23/5/2006	39,7	39,0	10,2	69,8	7/7/2010	45,7	46,3	10,2	63,6
7/11/2006	34,5	33,4	10,2	73,4	3/8/2010	40,9	45,7	10,2	66,2
6/12/2006	37,1	36,3	10,2	69,8	8/9/2010	45,9	50,4	10,2	68,7
22/3/2007	51,2	49,6	10,2	69,8	20/10/2010	42,1	41,5	10,2	62,6
9/5/2007	34,7	33,3	10,2	69,8	17/11/2010	45,3	56,3	10,2	62,6
18/6/2007	41,3	40,7	10,2	65,1					

Tabela 36: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem QM271. Autoria própria.

Rio Queimados: estação de monitoramento QM271									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	21,4	18,3	10,2	72,9	22/3/2007	39,4	37,6	10,2	71,9
18/12/2002	20,1	17,2	10,2	73,4	9/5/2007	21,8	20,8	10,2	69,8
15/1/2003	28,1	27,8	10,2	70,8	18/6/2007	41,3	39,0	10,2	69,8
12/2/2003	30,3	26,9	10,2	70,8	11/7/2007	25,2	22,3	10,2	71,9
13/3/2003	34,1	30,0	10,2	70,8	22/8/2007	25,8	22,0	10,2	74,6
24/4/2003	23,8	20,8	10,2	72,3	19/9/2007	24,2	21,9	10,2	71,9
24/7/2003	17,7	14,3	10,2	75,5	9/10/2007	32,5	31,2	10,2	73,4
19/8/2003	29,9	25,8	10,2	70,3	7/11/2007	37,0	35,3	10,2	71,9
2/9/2003	37,7	33,5	10,2	74,8	5/12/2007	23,7	21,8	10,2	76,3
25/9/2003	31,1	27,3	10,2	73,9	13/2/2008	33,3	29,9	10,2	73,4
7/10/2003	42,0	39,6	10,2	68,7	18/3/2008	37,3	34,1	10,2	69,8
22/10/2003	24,9	21,7	10,2	74,1	5/5/2008	30,1	29,2	10,2	71,9
3/12/2003	37,4	33,5	10,2	71,0	15/7/2008	36,5	33,1	10,2	75,5
11/2/2004	53,9	50,8	10,2	67,2	13/8/2008	25,4	23,8	10,2	75,5
17/4/2004	39,7	37,7	10,2	70,8	2/9/2008	28,7	27,8	10,2	74,6
26/10/2004	39,3	38,9	10,2	71,2	8/10/2008	31,4	27,8	10,2	71,9
1/3/2005	37,9	32,8	10,2	74,0	10/11/2008	32,7	29,6	10,2	75,5
29/3/2005	43,8	41,7	10,2	72,3	10/12/2008	27,4	25,6	10,2	73,4
7/6/2005	29,5	26,3	10,2	74,1	3/2/2009	29,8	28,0	10,2	71,9
22/6/2005	36,0	33,8	10,2	69,0	9/3/2009	39,1	35,1	10,2	73,4
21/7/2005	35,3	32,9	10,2	71,6	6/4/2009	39,4	35,9	10,2	77,0
15/8/2005	17,9	15,4	10,2	72,9	27/5/2009	32,1	29,8	10,2	73,4
13/10/2005	21,8	20,3	10,2	73,2	3/9/2009	22,3	18,5	10,2	76,3
17/11/2005	22,9	19,2	10,2	73,4	11/3/2010	37,3	37,0	10,2	69,8
5/12/2005	26,2	23,3	10,2	74,8	27/4/2010	30,0	29,8	10,2	71,9
8/3/2006	35,1	37,1	10,2	70,3	19/5/2010	37,9	37,6	10,2	69,8
27/4/2006	42,6	38,1	10,2	73,4	7/7/2010	36,9	36,5	10,2	73,4
7/11/2006	23,0	21,2	10,2	74,6	20/10/2010	34,7	38,7	10,2	74,6
6/12/2006	31,2	27,9	10,2	73,4	17/11/2010	37,0	41,5	10,2	70,8

Tabela 37: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem QM270. Autoria própria.

Rio Queimados: estação de monitoramento QM270									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	18,2	15,6	10,2	73,2	22/8/2007	38,3	35,8	10,2	73,4
18/12/2002	24,0	21,7	10,2	72,9	19/9/2007	28,0	25,9	10,2	71,9
15/1/2003	40,7	36,9	10,2	69,1	9/10/2007	21,8	19,4	10,2	75,5
12/2/2003	20,3	18,3	10,2	72,3	7/11/2007	26,1	25,2	10,2	66,2
13/3/2003	29,5	26,2	10,2	71,2	13/2/2008	41,3	39,9	10,2	71,9
24/4/2003	30,4	26,7	10,2	71,9	18/3/2008	48,1	46,1	10,2	65,7
24/7/2003	17,6	15,5	10,2	75,3	5/5/2008	27,5	26,1	10,2	71,9
2/9/2003	24,6	21,0	10,2	74,8	15/7/2008	36,0	32,7	10,2	72,7
7/10/2003	44,2	38,6	10,2	72,6	13/8/2008	29,7	28,8	10,2	71,9
17/4/2004	29,3	27,8	10,2	70,1	2/9/2008	32,1	30,8	10,2	73,4
13/7/2004	28,3	24,8	10,2	75,2	8/10/2008	28,9	25,8	10,2	69,8
26/10/2004	44,9	44,1	10,2	70,8	10/11/2008	29,6	27,5	10,2	73,4
1/3/2005	36,5	33,3	10,2	73,7	10/12/2008	32,4	30,7	10,2	71,9
29/3/2005	39,1	37,2	10,2	71,9	6/1/2009	47,7	45,9	10,2	64,4
7/6/2005	35,4	33,5	10,2	68,7	3/2/2009	47,5	45,9	10,2	69,8
22/6/2005	36,3	35,9	10,2	63,6	9/3/2009	42,4	40,7	10,2	71,9
21/7/2005	42,7	42,3	10,2	63,6	6/4/2009	44,0	41,9	10,2	71,9
15/8/2005	18,3	16,1	10,2	72,6	27/5/2009	35,7	34,9	10,2	69,8
13/10/2005	24,0	22,9	10,2	71,2	14/7/2009	32,3	31,2	10,2	71,9
17/11/2005	19,3	16,4	10,2	72,3	3/9/2009	39,8	35,7	10,2	69,8
5/12/2005	35,6	33,3	10,2	71,9	11/3/2010	48,8	48,7	10,2	62,6
8/3/2006	37,3	40,2	10,2	69,3	27/4/2010	42,4	42,1	10,2	66,2
27/4/2006	38,2	34,9	10,2	71,9	19/5/2010	30,8	30,2	10,2	66,2
23/5/2006	40,5	38,0	10,2	71,9	14/6/2010	36,8	36,8	10,2	69,8
7/11/2006	46,3	44,6	18,3	71,9	7/7/2010	49,2	49,2	10,2	61,5
6/12/2006	22,3	20,2	10,2	73,4	3/8/2010	31,9	36,7	10,2	71,9
22/3/2007	42,2	39,4	10,2	71,9	8/9/2010	38,9	43,7	10,2	68,0
9/5/2007	20,1	16,9	10,2	69,8	20/10/2010	22,4	26,7	10,2	71,9
18/6/2007	36,4	35,4	10,2	63,6	17/11/2010	38,8	43,3	10,2	68,6
11/7/2007	34,4	31,7	10,2	71,9					

Tabela 38: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem CU650. Autoria própria.

Rio Cabuçu: estação de monitoramento CU650									
Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET	Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET
4/9/2002	25,4	25,2	10,2	72,3	22/3/2007	34,3	33,7	10,2	71,9
26/11/2002	35,9	32,6	10,2	71,9	18/6/2007	28,4	28,6	10,2	71,9
18/12/2002	24,2	22,7	10,2	71,2	11/7/2007	22,0	21,5	10,2	71,9
15/1/2003	26,6	25,7	10,2	68,2	22/8/2007	22,7	21,3	10,2	74,6
12/2/2003	24,7	23,0	10,2	71,2	19/9/2007	27,5	26,9	10,2	73,4
13/3/2003	28,5	28,5	10,2	68,7	9/10/2007	17,3	17,2	10,2	74,6
24/4/2003	32,2	31,6	10,2	70,3	5/12/2007	19,8	19,3	10,2	74,6
24/7/2003	26,1	24,4	10,2	74,4	13/2/2008	39,7	40,4	10,2	69,8
19/8/2003	34,7	34,4	10,2	70,3	18/3/2008	46,1	46,6	10,2	64,4
2/9/2003	33,7	33,2	10,2	70,5	5/5/2008	30,1	30,4	10,2	71,9
25/9/2003	23,0	22,7	10,2	73,7	15/7/2008	17,1	17,7	10,2	73,8
7/10/2003	37,4	35,4	10,2	69,3	13/8/2008	26,9	27,4	10,2	73,4
22/10/2003	29,2	28,4	10,2	72,6	2/9/2008	19,8	20,2	10,2	76,3
3/12/2003	39,3	39,7	10,2	67,2	10/11/2008	27,1	26,7	10,2	73,4
17/4/2004	37,5	37,7	10,2	69,3	10/12/2008	18,8	19,0	10,2	74,6
13/7/2004	34,0	33,4	10,2	71,2	3/2/2009	34,3	34,5	10,2	69,8
26/10/2004	29,9	31,0	10,2	71,6	9/3/2009	29,6	29,7	10,2	69,8
1/3/2005	29,1	27,0	10,2	73,7	6/4/2009	29,0	26,3	10,2	73,4
29/3/2005	40,3	40,2	10,2	72,9	27/5/2009	23,4	23,5	10,2	72,9
7/6/2005	26,7	25,3	10,2	73,9	3/9/2009	29,9	28,9	10,2	74,6
22/6/2005	28,8	28,5	10,2	69,8	10/2/2010	65,3	64,9	10,5	66,2
21/7/2005	38,2	38,1	10,2	69,3	27/4/2010	36,9	37,9	10,2	69,8
15/8/2005	33,4	32,2	10,2	72,7	14/6/2010	27,1	28,4	10,2	69,8
13/10/2005	23,1	22,5	10,2	73,2	7/7/2010	27,6	28,5	10,2	69,8
17/11/2005	20,1	20,6	10,2	72,6	3/8/2010	18,3	23,4	10,2	73,4
5/12/2005	27,0	27,1	10,2	71,9	8/9/2010	27,9	32,9	10,2	72,9
8/3/2006	28,1	32,5	10,2	69,8	20/10/2010	38,0	44,0	10,2	70,3
24/4/2006	41,8	40,6	10,2	71,9					
7/11/2006	23,7	22,9	10,2	73,4					
6/12/2006	29,8	30,0	10,2	71,9					

Tabela 39: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF} , IQA_{CETESB} , IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem IR251. Autoria própria.

Rio Piranga: estação de monitoramento IR251									
Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET	Data	IQA_{NSF}	IQA_{CETESB}	IQA_{FAL}	IET
4/9/2002	27,4	24,7	10,2	73,3	7/11/2006	27,7	25,8	10,2	74,6
26/11/2002	30,3	26,8	10,2	72,3	6/12/2006	23,2	21,9	10,2	71,9
18/12/2002	36,1	33,5	10,2	70,8	22/3/2007	34,6	33,1	10,2	71,9
15/1/2003	39,3	36,6	10,2	69,4	18/6/2007	46,3	45,2	10,2	56,7
12/2/2003	26,8	23,8	10,2	71,6	11/7/2007	33,4	32,0	10,2	71,9
13/3/2003	36,3	34,1	10,2	71,6	22/8/2007	29,3	27,4	10,2	73,4
24/4/2003	37,0	35,5	10,2	71,7	19/9/2007	25,6	24,0	10,2	73,4
24/7/2003	36,3	33,6	10,2	71,9	9/10/2007	25,1	23,5	10,2	73,4
19/8/2003	42,5	39,3	10,2	73,2	5/12/2007	33,2	31,6	10,2	71,6
2/9/2003	24,3	21,8	10,2	73,9	13/2/2008	42,8	41,7	10,2	69,8
25/9/2003	25,2	22,7	10,2	73,2	18/3/2008	47,1	46,0	10,2	65,1
7/10/2003	38,3	35,9	10,2	68,7	5/5/2008	32,1	31,2	10,2	69,8
22/10/2003	40,6	38,7	10,2	69,8	15/7/2008	25,0	24,2	10,2	71,0
3/12/2003	46,9	45,7	10,2	66,7	13/8/2008	27,6	27,0	10,2	69,8
17/4/2004	49,6	48,5	10,2	66,2	2/9/2008	30,3	29,8	10,2	69,8
13/7/2004	33,0	31,2	10,2	73,9	10/11/2008	19,9	18,3	10,2	74,6
26/10/2004	38,4	38,3	10,2	69,8	10/12/2008	21,7	20,9	10,2	71,9
1/3/2005	32,4	30,6	10,2	71,2	3/2/2009	42,2	41,2	10,2	66,2
29/3/2005	40,4	38,9	10,2	69,3	6/4/2009	37,0	35,3	10,2	71,9
7/6/2005	31,0	30,1	10,2	71,2	27/5/2009	29,7	28,7	10,2	71,9
22/6/2005	33,8	33,3	10,2	67,2	3/9/2009	30,3	30,1	10,2	73,4
21/7/2005	26,6	26,0	10,2	68,0	10/2/2010	48,9	47,4	10,2	65,1
15/8/2005	36,5	35,0	10,2	70,8	27/4/2010	41,5	41,4	10,2	69,8
13/10/2005	27,8	26,4	10,2	71,6	14/6/2010	35,8	35,8	10,2	69,8
17/11/2005	27,8	26,7	10,2	71,6	7/7/2010	36,0	35,8	10,2	69,8
5/12/2005	43,6	41,7	10,2	68,7	3/8/2010	29,7	34,5	10,2	69,8
8/3/2006	37,2	40,6	10,2	69,3	8/9/2010	31,9	36,7	10,2	71,6
24/4/2006	39,0	36,6	10,2	71,9	20/10/2010	29,6	34,4	10,2	70,8

Tabela 40: Comparação entre os resultados da aplicação dos índices IQA_{NSF}, IQA_{CETESB}, IQA_{FAL} e IET, para a estação de amostragem GN200. Autoria própria.

Rio Guandu: estação de monitoramento GN200									
Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET	Data	IQA _{NSF}	IQA _{CETESB}	IQA _{FAL}	IET
26/11/2002	57,2	56,8	36,6	57,9	17/11/2005	58,8	58,4	37,4	57,9
18/12/2002	46,1	45,3	10,2	61,5	5/12/2005	57,0	56,0	37,5	57,9
15/1/2003	42,0	41,7	27,6	73,7	8/2/2006	67,5	66,6	35,8	61,5
12/2/2003	52,9	52,4	35,8	60,0	8/3/2006	58,1	61,8	36,7	57,9
13/3/2003	62,2	61,4	37,5	57,9	27/4/2006	58,3	58,1	37,5	60,0
24/4/2003	54,6	54,3	37,5	57,3	23/5/2006	61,9	61,7	37,5	57,9
20/5/2003	62,7	62,1	37,5	57,9	7/11/2006	67,2	66,7	37,4	57,9
30/6/2003	74,9	74,3	79,2	57,3	6/12/2006	58,1	57,8	37,5	61,5
24/7/2003	66,6	65,4	37,5	60,0	22/3/2007	58,2	57,9	37,5	60,0
19/8/2003	61,9	61,8	37,5	57,9	18/6/2007	66,5	66,3	37,5	57,3
28/8/2003	56,0	54,7	27,6	63,6	11/7/2007	75,8	75,5	37,8	56,7
2/9/2003	71,9	71,3	37,0	56,7	22/8/2007	64,2	64,0	37,5	56,0
9/9/2003	61,4	60,9	40,3	56,7	19/9/2007	78,6	78,3	79,5	57,9
25/9/2003	68,5	67,6	35,3	63,6	7/11/2007	65,9	65,6	37,5	57,9
7/10/2003	67,1	66,5	37,4	57,9	5/12/2007	68,2	67,5	28,2	60,0
22/10/2003	70,3	69,5	40,0	61,5	13/2/2008	61,6	61,4	35,8	60,0
4/11/2003	63,1	62,2	37,5	57,9	18/3/2008	65,8	65,0	37,5	60,0
11/11/2003	68,0	67,7	37,5	56,0	11/6/2008	75,4	75,0	37,8	57,3
18/11/2003	52,6	51,6	16,2	57,9	15/7/2008	69,6	69,2	37,5	57,9
3/12/2003	61,4	60,8	36,8	57,9	13/8/2008	66,3	65,9	37,5	56,7
26/1/2004	69,5	68,7	37,6	56,7	2/9/2008	74,3	73,9	79,7	56,0
11/2/2004	56,0	55,7	37,5	57,9	8/10/2008	69,0	69,2	37,5	57,3
17/4/2004	48,7	48,5	10,5	61,5	10/11/2008	65,8	65,3	37,2	60,0
8/6/2004	68,3	68,1	37,5	57,9	10/12/2008	66,5	66,2	37,5	60,0
22/6/2004	68,0	67,7	37,5	57,3	3/2/2009	63,2	62,3	35,8	60,0
13/7/2004	61,0	60,6	37,4	56,7	9/3/2009	72,2	71,7	60,0	54,3
3/8/2004	66,5	65,8	37,5	56,7	6/4/2009	72,2	71,9	60,0	57,9
9/9/2004	72,1	71,4	71,2	55,2	27/5/2009	70,2	70,1	37,5	60,0
26/10/2004	64,8	64,9	37,4	57,9	10/6/2009	61,2	60,9	37,5	55,2
24/11/2004	68,8	68,7	37,4	56,7	3/9/2009	64,1	63,4	37,5	56,0
8/12/2004	61,1	60,4	37,4	61,5	10/2/2010	57,4	57,2	37,5	61,5
13/1/2005	60,2	59,1	37,2	62,2	27/4/2010	57,7	57,7	37,4	60,0
28/4/2005	55,6	55,4	37,4	57,9	19/5/2010	62,5	62,7	45,6	57,3
9/5/2005	54,6	54,2	71,0	57,9	14/6/2010	62,2	62,2	37,5	57,3
22/6/2005	47,5	46,5	35,8	61,5	7/7/2010	72,8	72,9	79,2	56,0
21/7/2005	57,5	57,2	37,5	57,9	3/8/2010	69,6	72,9	77,2	57,9
15/8/2005	65,4	65,0	37,5	55,2	8/9/2010	70,5	73,7	48,1	54,3
13/10/2005	56,4	56,1	37,4	57,9	17/11/2010	69,0	72,4	60,3	56,7

Anexo D

Tabela 41: Consolidação dos resultados finais da aplicação do ICT, para todas as estações de amostragem selecionadas. Autoria própria.

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG350	9/2/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,09	0,01
LG350	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,04		0,002	0,06	0,01
LG350	21/3/2000	0,0200	0,01		0,25	0,005		0,002	0,05	0,01
LG350	12/4/2000	0,0200	0,05		0,1	0,04		0,002	0,08	0,01
LG350	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,075	0,01
LG350	7/6/2000	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,06	0,02
LG350	12/7/2000	0,0200	0,01	0,004	0,1	0,03		0,002	0,06	0,01
LG350	2/8/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,055	0,01
LG350	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,002	0,12	0,01
LG350	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,05		0,002	0,035	0,01
LG350	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,05	0,01
LG350	13/12/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,002	0,08	0,02
LG350	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,1	0,01
LG350	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,35	0,01		0,002	0,085	0,01
LG350	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,055	0,01
LG350	8/5/2001	0,0200	0,01	0,005	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
LG350	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,25	0,01		0,001	0,065	0,03
LG350	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
LG350	31/7/2001	0,0100	0,01	0,006	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
LG350	21/8/2001	0,0100	0,01	0,001	5	0,005		0,001	0,04	0,01
LG350	20/9/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,01		0,001	0,03	0,01
LG350	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,04	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG350	12/11/2001	0,0300	0,01	0,001	0,15	0,03		0,001	0,05	0,01
LG350	5/12/2001	0,0100	0,01	0,001	0,35	0,015		0,001	0,05	0,01
LG350	9/1/2002	0,0200	0,01	0,002	0,1	0,02		0,001	0,095	0,03
LG350	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,11	0,03
LG350	10/4/2002	0,0800	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG350	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,05	0,02
LG350	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG350	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
LG350	13/8/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,03	0,01
LG350	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,06	0,01
LG350	26/11/2002	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005		0,001	0,25	0,02
LG350	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
LG350	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,02
LG350	12/2/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,07	0,01
LG350	13/3/2003			0,001						
LG350	24/4/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,03	0,01
LG350	20/5/2003	0,0200	0,02	0,002	0,1	0,06		0,002	0,05	0,01
LG350	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG350	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,02
LG350	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,015		0,001	0,025	0,01
LG350	2/9/2003			0,001						
LG350	7/10/2003			0,001						
LG350	4/11/2003			0,001						
LG350	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
LG350	11/2/2004			0,001						

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG350	17/4/2004	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,015		0,001	0,075	0,01
LG350	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,016	0,01
LG350	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,005		0,001	0,03	0,01
LG350	3/8/2004			0,001						
LG350	9/9/2004			0,001						
LG350	26/10/2004			0,001						
LG350	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,005		0,001	0,05	0,01
LG350	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	2,5	0,01		0,001	0,1	0,01
LG350	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
LG350	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
LG350	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
LG350	28/4/2005			0,001						
LG350	9/5/2005			0,001						
LG350	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,02
LG350	22/6/2005			0,001						
LG350	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02	0,25	0,001	0,045	0,01
LG350	15/8/2005			0,001						
LG350	13/10/2005			0,001						
LG350	17/11/2005			0,001						
LG350	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,5	0,001	0,05	0,01
LG350	11/1/2006	0,0100	0,01		0,1	0,005	0,7	0,001	0,045	0,01
LG350	8/2/2006			0,001						
LG350	8/3/2006			0,001						
LG350	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,65	0,001	0,04	0,01
LG350	23/5/2006	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,03	0,1	0,001	0,035	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG350	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06	0,15	0,001	0,045	0,01
LG350	7/11/2006	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005	0,5	0,001	0,05	0,01
LG350	6/12/2006			0,001						
LG350	22/3/2007	0,0200	0,01	0,001	0,0003	0,01	0,6	0,001	0,04	0,01
LG350	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,015	0,2	0,001	0,035	0,01
LG350	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,6	0,001	0,04	0,01
LG350	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,35	0,001	0,03	0,02
LG350	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,01	0,15	0,001	0,03	0,01
LG350	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,003	0,018	0,01
LG350	7/11/2007			0,001						
LG350	5/12/2007			0,003						
LG350	13/2/2008			0,001						
LG350	18/3/2008			0,001						
LG350	8/10/2008	0,0800	0,01		0,0001	0,04		0,002	0,045	0,01
LG350	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,035	0,01
LG350	27/5/2009	0,0100	0,01			0,01		0,001	0,04	0,01
LG351	9/2/2000	0,0200	0,01	0,006	0,1	0,04		0,002	0,45	0,01
LG351	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,04		0,002	0,07	0,01
LG351	21/3/2000	0,0200	0,01		0,3	0,005		0,002	0,09	0,01
LG351	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,05		0,002	0,1	0,01
LG351	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,075	0,01
LG351	7/6/2000	0,0600	0,01		0,1	0,01		0,002	0,06	0,04
LG351	12/7/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,002	0,06	0,01
LG351	2/8/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,002	0,055	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG351	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,06		0,002	0,5	0,01
LG351	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,035	0,01
LG351	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,06		0,002	0,055	0,01
LG351	13/12/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,2		0,002	0,05	0,01
LG351	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,35	0,01
LG351	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,35	0,01		0,002	0,16	0,01
LG351	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,05	0,01
LG351	8/5/2001	0,0300	0,01	0,001	0,2	0,01		0,001	0,055	0,01
LG351	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,04		0,001	0,055	0,02
LG351	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,005		0,001	0,045	0,01
LG351	31/7/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG351	21/8/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
LG351	20/9/2001	0,0100	0,01	0,002	0,3	0,005		0,001	0,055	0,01
LG351	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,04	0,01
LG351	12/11/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,055	0,01
LG351	5/12/2001	0,0100	0,01	0,002	0,35	0,02		0,001	0,05	0,01
LG351	9/1/2002	0,0100	0,01	0,005	0,1	0,02		0,002	0,06	0,01
LG351	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,003	0,13	0,03
LG351	10/4/2002	0,0800	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG351	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,16		0,001	0,05	0,01
LG351	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,03	0,01
LG351	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
LG351	13/8/2002	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,035	0,01
LG351	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,25	0,01
LG351	26/11/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG351	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,007		0,001	0,06	0,01
LG351	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,07		0,001	0,075	0,01
LG351	12/2/2003	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,056	0,03
LG351	13/3/2003			0,001						
LG351	24/4/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,01	0,02
LG351	20/5/2003	0,0100	0,02	0,001	0,1	0,015		0,001	0,045	0,02
LG351	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,06
LG351	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
LG351	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,01		0,001	0,025	0,01
LG351	2/9/2003			0,001						
LG351	7/10/2003			0,001						
LG351	4/11/2003			0,001						
LG351	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
LG351	11/2/2004			0,001						
LG351	17/4/2004	0,0100	0,01	0,001	0,5	0,04		0,001	0,1	0,01
LG351	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,01
LG351	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,02		0,001	0,045	0,01
LG351	3/8/2004			0,001						
LG351	9/9/2004			0,001						
LG351	26/10/2004			0,001						
LG351	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,01		0,001	0,06	0,01
LG351	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,9	0,005		0,001	0,08	
LG351	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
LG351	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,045	0,01
LG351	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG351	28/4/2005			0,001						
LG351	9/5/2005			0,001						
LG351	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,055	0,02
LG351	22/6/2005			0,001						
LG351	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02	0,25	0,001	0,035	0,01
LG351	15/8/2005			0,001						
LG351	13/10/2005			0,001						
LG351	17/11/2005			0,001						
LG351	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,6	0,001	0,05	0,01
LG351	11/1/2006	0,0200	0,01		0,1	0,005	0,6	0,001	0,035	0,01
LG351	8/2/2006			0,001						
LG351	8/3/2006			0,001						
LG351	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,6	0,001	0,035	0,01
LG351	23/5/2006	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,035	0,03
LG351	27/9/2006		0,01	0,001	0,1	0,02	0,35	0,001	0,05	0,01
LG351	7/11/2006	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005	0,65	0,001	0,04	0,01
LG351	6/12/2006			0,001						
LG351	22/3/2007	0,0400	0,01	0,001	0,0001	0,01	0,65	0,001	0,035	0,01
LG351	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,01	0,15	0,001	0,035	0,01
LG351	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,4	0,001	0,035	0,01
LG351	11/7/2007	0,0100	0,01		0,00025	0,005	0,45	0,001	0,02	0,01
LG351	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,03	0,1	0,001	0,02	0,01
LG351	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,002	0,025	0,01
LG351	7/11/2007			0,002						
LG351	5/12/2007			0,008						

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
LG351	13/2/2008			0,001						
LG351	18/3/2008			0,001						
LG351	8/10/2008	0,0300	0,01		0,0001	0,03		0,001	0,06	0,01
LG351	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,015		0,001	0,03	0,01
LG351	27/5/2009	0,0100	0,005			0,015		0,001	0,045	0,01
LG351	8/9/2010									
LG351	20/10/2010									
MC410	9/2/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,07		0,002	0,18	0,01
MC410	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,005		0,002	0,16	0,01
MC410	21/3/2000	0,0200	0,01		0,3	0,01		0,002	0,11	0,01
MC410	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,4	0,01
MC410	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,16	0,01
MC410	7/6/2000	0,0600	0,01		0,1	0,015		0,002	0,12	0,03
MC410	12/7/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,18	0,01
MC410	2/8/2000	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,16	0,02
MC410	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,07		0,002	0,055	0,01
MC410	3/10/2000	0,0200	0,01	0,003	0,9	0,02		0,002	0,18	0,01
MC410	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,002	0,13	0,01
MC410	13/12/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,002	0,2	0,01
MC410	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,25	0,01
MC410	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,8	0,02		0,002	0,14	0,01
MC410	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,13	0,01
MC410	8/5/2001	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,14	0,01
MC410	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,5	0,03		0,001	0,1	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
MC410	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,07		0,001	0,12	0,01
MC410	31/7/2001	0,0100	0,01	0,04	0,1	0,01		0,001	0,11	0,01
MC410	21/8/2001	0,0100	0,01	0,005	0,35	0,02		0,001	0,09	0,01
MC410	20/9/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,14	0,02
MC410	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,2	0,01
MC410	12/11/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,17	0,01
MC410	5/12/2001	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,015		0,001	0,2	0,01
MC410	9/1/2002	0,0200	0,01	0,004	0,1	0,03		0,001	0,5	0,01
MC410	19/2/2002	0,0400	0,01	0,001	0,2	0,06		0,003	0,2	0,02
MC410	10/4/2002	0,0700	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,12	0,01
MC410	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,15	0,01
MC410	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,16	0,01
MC410	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,35	0,01
MC410	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,2	0,01
MC410	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,03
MC410	26/11/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,16	0,02
MC410	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,03		0,001	0,24	0,01
MC410	15/1/2003	0,0100	0,02	0,001	0,15	0,05		0,001	0,2	0,02
MC410	12/2/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,07	0,05
MC410	13/3/2003			0,001						
MC410	24/4/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,065	0,02
MC410	20/5/2003	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,17	0,01
MC410	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,02
MC410	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,2	0,01
MC410	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,05		0,001	0,18	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
MC410	2/9/2003			0,001						
MC410	7/10/2003			0,001						
MC410	4/11/2003			0,001						
MC410	7/1/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,065	0,02
MC410	11/2/2004			0,001						
MC410	17/4/2004	0,0700	0,01	0,001	0,15	0,09		0,001	0,12	0,01
MC410	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,075	0,01
MC410	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,085	0,01
MC410	3/8/2004			0,001						
MC410	9/9/2004			0,001						
MC410	26/10/2004			0,001						
MC410	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,02		0,001	0,1	0,01
MC410	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,007		0,001	0,1	
MC410	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,12	0,01
MC410	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,12	0,01
MC410	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,11	0,01
MC410	28/4/2005			0,001						
MC410	9/5/2005			0,001						
MC410	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,12	0,01
MC410	22/6/2005			0,001						
MC410	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	1,6	0,001	0,085	0,01
MC410	15/8/2005			0,001						
MC410	13/10/2005			0,001						
MC410	17/11/2005			0,001						
MC410	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	1,5	0,001	0,05	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
MC410	11/1/2006	0,0100	0,01		0,2	0,005	1,1	0,001	0,06	0,01
MC410	8/2/2006			0,001						
MC410	8/3/2006			0,001						
MC410	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02	4,5	0,001	0,13	0,01
MC410	23/5/2006	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,015	0,4	0,001	0,1	0,02
MC410	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,55	0,001	0,065	0,01
MC410	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,25	0,001	0,065	0,01
MC410	6/12/2006			0,001						
MC410	22/3/2007	0,0200	0,01	0,001	0,0001	0,015	0,8	0,001	0,095	0,01
MC410	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,015	0,65	0,001	0,1	0,01
MC410	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	1	0,001	0,085	0,01
MC410	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,03	0,1	0,001	0,1	0,01
MC410	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,25	0,001	0,15	0,01
MC410	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,003	0,1	0,01
MC410	7/11/2007			0,004						
MC410	5/12/2007			0,001						
MC410	13/2/2008			0,001						
MC410	18/3/2008			0,001						
MC410	8/10/2008	0,0400	0,01		0,0001	0,12		0,001	0,2	0,02
MC410	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,015		0,001	0,075	0,01
MC410	27/5/2009	0,0100	0,01			0,015		0,001	0,07	0,01
GN201	9/2/2000	0,0200	0,02	0,001	0,1	0,07		0,002	0,25	0,01
GN201	16/2/2000	0,0200	0,01		0,3	0,06		0,002	0,07	0,01
GN201	21/3/2000	0,0200	0,01		0,25	0,015		0,002	0,1	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN201	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,09	0,01
GN201	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,015		0,002	0,095	0,01
GN201	7/6/2000	0,0200	0,01		0,1	0,05		0,002	0,06	0,05
GN201	12/7/2000	0,0200	0,01	0,004	0,3	0,12		0,002	0,12	0,01
GN201	2/8/2000	0,0800	0,01	0,004	0,1	0,015		0,002	0,055	0,01
GN201	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,08		0,002	0,085	0,01
GN201	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,002	0,075	0,01
GN201	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,09		0,002	0,085	0,01
GN201	13/12/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,002	0,06	0,02
GN201	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,04		0,002	0,1	0,01
GN201	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,5	0,015		0,004	0,3	0,01
GN201	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,06	0,02
GN201	8/5/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
GN201	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
GN201	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,06	0,02
GN201	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,002	0,035	0,01
GN201	21/8/2001	0,0100	0,01	0,006	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	20/9/2001	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
GN201	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,04	0,01
GN201	12/11/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	5/12/2001	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,015		0,001	0,04	0,01
GN201	9/1/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,085	0,01
GN201	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,003	0,7	0,02
GN201	10/4/2002	0,1000	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,03	0,01
GN201	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN201	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,002	0,065	0,01
GN201	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,035	0,01
GN201	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,045	0,02
GN201	26/11/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,085	0,02
GN201	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,08	0,01
GN201	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,075	0,01
GN201	12/2/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,07	0,01
GN201	13/3/2003			0,001						
GN201	24/4/2003		0,01	0,001	0,1	0,005		0,002	0,045	0,01
GN201	20/5/2003	0,0200	0,02	0,002	0,1	0,01		0,001	0,06	0,01
GN201	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,03		0,001	0,035	0,01
GN201	2/9/2003			0,001						
GN201	7/10/2003			0,001						
GN201	4/11/2003			0,001						
GN201	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,05	0,04
GN201	11/2/2004			0,001						
GN201	17/4/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,08	0,01
GN201	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,035	0,01
GN201	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
GN201	3/8/2004			0,001						
GN201	9/9/2004			0,001						
GN201	26/10/2004			0,001						

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN201	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,015		0,001	0,035	0,01
GN201	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,02	0,01
GN201	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,06	0,01
GN201	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,05	0,01
GN201	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN201	28/4/2005			0,001						
GN201	9/5/2005			0,001						
GN201	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,05	0,01
GN201	22/6/2005			0,001						
GN201	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02	0,2	0,001	0,04	0,01
GN201	15/8/2005			0,001						
GN201	13/10/2005			0,002						
GN201	17/11/2005			0,001						
GN201	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,6	0,001	0,04	0,01
GN201	11/1/2006	0,0100	0,01		0,1	0,005	0,85	0,001	0,045	0,01
GN201	8/2/2006			0,001						
GN201	8/3/2006			0,001						
GN201	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01	0,7	0,001	0,04	0,01
GN201	23/5/2006	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,025	0,02
GN201	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,15	0,001	0,025	0,01
GN201	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,25	0,001	0,025	0,01
GN201	6/12/2006			0,001						
GN201	22/3/2007	0,0300	0,01	0,001	0,0001	0,005	1	0,001	0,045	0,01
GN201	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,2	0,001	0,02	0,01
GN201	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,5	0,001	0,065	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN201	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,2	0,001	0,02	0,01
GN201	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,01	0,25	0,001	0,025	0,01
GN201	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,001	0,018	0,01
GN201	7/11/2007			0,002						
GN201	5/12/2007			0,009						
GN201	13/2/2008			0,001						
GN201	18/3/2008			0,001						
GN201	8/10/2008	0,0400	0,01		0,0001	0,04		0,001	0,035	0,01
GN201	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,01		0,001	0,045	0,01
GN201	27/5/2009	0,0200	0,01			0,015		0,001	0,04	0,01
PO290	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,04		0,002	0,5	0,01
PO290	21/3/2000	0,0200	0,01		0,3	0,04		0,002	0,25	0,01
PO290	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,3	0,01
PO290	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,015		0,002	0,25	0,01
PO290	7/6/2000	0,0200	0,02		0,1	0,015		0,002	0,14	0,05
PO290	12/7/2000	0,0200	0,01	0,002	0,1	0,03		0,002	0,4	0,01
PO290	2/8/2000	0,0400	0,01	0,002	0,1	0,04		0,002	0,25	0,01
PO290	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,002	0,75	0,01
PO290	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,002	0,35	0,01
PO290	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,6	0,02		0,002	0,55	0,01
PO290	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,4	
PO290	8/5/2001	0,0200	0,01	0,001	0,2	0,01		0,001	0,2	0,01
PO290	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,17	0,01
PO290	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,15		0,002	0,09	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
PO290	21/8/2001	0,0100	0,01	0,003	1,4	0,01		0,001	0,18	0,01
PO290	20/9/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,13	0,01
PO290	9/10/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,1		0,001	0,25	0,01
PO290	12/11/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,45	0,01
PO290	5/12/2001	0,0200	0,01	0,001	0,15	0,03		0,003	0,3	0,01
PO290	9/1/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,8	0,03
PO290	19/2/2002	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,03		0,003	0,2	0,02
PO290	10/4/2002	0,0600	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,02
PO290	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,25	0,01
PO290	20/6/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,12		0,001	0,14	0,02
PO290	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,3	0,01
PO290	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,3	0,01
PO290	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,04	0,01
PO290	26/11/2002	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,09		0,001	0,25	0,01
PO290	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,06		0,001	0,28	0,04
PO290	15/1/2003	0,0100	0,02	0,001	0,1	0,03		0,001	0,12	0,02
PO290	12/2/2003	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,06		0,001	0,25	0,02
PO290	13/3/2003			0,001						
PO290	24/4/2003		0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,2	0,01
PO290	20/5/2003	0,0300	0,02		0,1	0,03		0,001	0,25	0,01
PO290	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,15	0,02
PO290	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,2	0,01
PO290	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,015		0,001	0,11	0,01
PO290	19/8/2003	0,0100	0,02	0,001	0,1	0,005	0,65	0,001	0,12	0,01
PO290	2/9/2003			0,001						

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
PO290	25/9/2003			0,001						
PO290	7/10/2003			0,001						
PO290	22/10/2003			0,004						
PO290	4/11/2003			0,001						
PO290	3/12/2003			0,001						
PO290	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,09	0,01
PO290	26/1/2004			0,001						
PO290	11/2/2004			0,001						
PO290	17/4/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,25	0,01
PO290	8/6/2004			0,001						
PO290	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,14	0,01
PO290	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,1	0,01
PO290	3/8/2004			0,001						
PO290	9/9/2004			0,001						
PO290	26/10/2004			0,001						
PO290	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,02		0,001	0,35	0,01
PO290	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,04		0,001	0,1	0,01
PO290	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,13	0,01
PO290	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,007	0,15	0,01
PO290	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,16	0,01
PO290	28/4/2005			0,001						
PO290	9/5/2005			0,001						
PO290	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,02
PO290	22/6/2005			0,001						
PO290	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04	1,1	0,001	0,04	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
PO290	15/8/2005			0,001						
PO290	13/10/2005			0,001						
PO290	17/11/2005			0,001						
PO290	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	2	0,001	0,06	0,01
PO290	11/1/2006	0,0100	0,01		0,1	0,005	1,2	0,001	0,09	0,01
PO290	8/2/2006			0,001						
PO290	8/3/2006			0,001						
PO290	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,25	0,001	0,2	0,01
PO290	23/5/2006	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,25	0,01
PO290	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1		0,2	0,001	0,17	0,01
PO290	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,2	0,01
PO290	6/12/2006			0,001						
PO290	22/3/2007	0,0100	0,01	0,001	0,0005	0,005	0,55	0,001	0,25	0,01
PO290	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,25	0,001	0,2	0,01
PO290	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,54	0,001	0,14	0,03
PO290	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,2	0,001	0,2	0,01
PO290	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,04	0,1	0,001	0,17	0,01
PO290	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,001	0,15	0,01
PO290	7/11/2007			0,001						
PO290	5/12/2007			0,006						
PO290	13/2/2008			0,001						
PO290	18/3/2008			0,001						
PO290	8/10/2008	0,0500	0,01		0,0001	0,04		0,003	0,16	0,01
PO290	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,25	0,01
PO290	27/5/2009	0,0100	0,01			0,02		0,001	0,25	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM271	9/2/2000	0,0600	0,01	0,002	0,2	0,07		0,002	0,45	0,01
QM271	16/2/2000	0,0200	0,01		0,35	0,005		0,002	0,5	0,01
QM271	21/3/2000	0,0400	0,01		0,25	0,04		0,002	0,45	0,01
QM271	12/4/2000	0,0400	0,01		0,1	0,05		0,002	0,45	0,01
QM271	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,005		0,002	0,3	0,01
QM271	7/6/2000	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,004	0,26	0,01
QM271	12/7/2000	0,0200	0,01	0,005	0,1	0,02		0,002	0,2	0,01
QM271	2/8/2000	0,0600	0,01		1	0,04		0,002	0,25	0,01
QM271	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,25		0,002	0,4	0,01
QM271	3/10/2000	0,0200	0,01	0,005	0,1	0,04		0,002	0,25	0,01
QM271	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,3	0,01
QM271	13/12/2000	0,0200	0,01	0,008	0,1	0,05		0,002	0,4	0,01
QM271	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,45	0,01
QM271	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,3	0,015		0,004	0,4	0,01
QM271	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,35	0,03
QM271	8/5/2001	0,0500	0,01	0,001	0,5	0,14		0,001	0,5	0,01
QM271	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,015		0,001	0,35	0,01
QM271	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,3	0,01
QM271	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,25	0,01
QM271	21/8/2001	0,0100	0,01	0,08	0,45	0,03		0,001	0,3	0,01
QM271	20/9/2001	0,0100	0,01	0,004	0,1	0,02		0,001	0,25	0,01
QM271	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,25	0,01
QM271	12/11/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,35	0,01
QM271	5/12/2001	0,0200	0,01	0,004	0,2	0,02		0,003	0,3	0,01
QM271	9/1/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,45	0,02

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM271	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,003	0,045	0,03
QM271	10/4/2002	0,0700	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,25	0,02
QM271	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,3	0,01
QM271	20/6/2002	0,0200	0,01	0,008	0,1	0,07		0,001	0,2	0,01
QM271	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,45	0,01
QM271	13/8/2002	0,0400	0,01	0,015	0,1	0,03		0,001	0,3	0,01
QM271	4/9/2002	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,02		0,001	0,25	0,02
QM271	19/8/2003	0,0100	0,01	0,004	0,1	0,02	0,55	0,001	0,2	0,01
QM271	4/11/2003			0,001						
QM271	18/11/2003			0,02						
QM271	3/12/2003			0,007						
QM271	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
QM271	26/1/2004			0,001						
QM271	11/2/2004			0,004						
QM271	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,006		0,001	0,26	0,01
QM271	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
QM271	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,25	0,01
QM271	8/2/2006			0,001						
QM271	8/3/2006			0,001						
QM271	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015	0,4	0,001	0,17	0,01
QM271	23/5/2006	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,07	2	0,001	0,18	0,01
QM271	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,2	0,002	0,18	0,01
QM271	7/11/2006	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,015	0,15	0,001	0,17	0,01
QM271	6/12/2006			0,001						
QM271	22/3/2007	0,0100	0,01	0,001	0,0001	0,015	0,45	0,001	0,14	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM271	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0002	0,1	1,3	0,001	0,2	0,01
QM271	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,01	0,54	0,001	0,2	0,03
QM271	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,03	0,4	0,001	0,13	0,01
QM271	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,05	1,3	0,001	0,18	0,01
QM271	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,15	0,001	0,25	0,01
QM271	7/11/2007			0,001						
QM271	5/12/2007			0,01						
QM271	13/2/2008			0,001						
QM271	8/10/2008	0,0700	0,01		0,0001	0,09		0,002	0,19	0,02
QM271	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,18	0,01
QM271	27/5/2009	0,0200	0,01			0,035		0,001	0,25	0,01
QM270	9/2/2000	0,0200	0,01	0,001	0,15	0,1		0,002	0,25	0,01
QM270	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,02		0,002	0,4	0,01
QM270	21/3/2000	0,0400	0,01		0,25	0,08		0,002	0,4	0,01
QM270	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,05		0,002	0,4	0,01
QM270	17/5/2000	0,0200	0,01		0,25	0,02		0,002	0,25	0,01
QM270	7/6/2000	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,18	0,05
QM270	12/7/2000	0,8500	0,01	0,009	0,1	0,07		0,002	0,3	0,01
QM270	2/8/2000	0,0400	0,01	0,03	0,1	0,05		0,002	0,2	0,01
QM270	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,002	0,35	0,01
QM270	3/10/2000	0,0200	0,01	0,02	0,1	0,04		0,002	0,25	0,01
QM270	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,002	0,5	0,01
QM270	13/12/2000	0,0200	0,01	0,005	0,1	0,02		0,002	0,6	0,01
QM270	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,45	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM270	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,35	0,02		0,002	0,45	0,01
QM270	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,3	0,03
QM270	20/6/2002	0,0400	0,01	0,005	0,1	0,1		0,001	0,18	0,01
QM270	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,45	0,01
QM270	13/8/2002	0,0200	0,01	0,006	0,1	0,04		0,001	0,35	0,01
QM270	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,07		0,001	0,14	0,03
QM270	26/11/2002	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,02		0,001	0,25	0,01
QM270	18/12/2002	0,0100	0,01	0,004	0,1	0,01		0,001	0,29	0,01
QM270	20/5/2003	0,0200	0,01	0,004	0,1	0,015		0,001	0,25	0,04
QM270	30/6/2003	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,015		0,001	0,2	0,02
QM270	24/7/2003	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,01		0,001	0,16	0,01
QM270	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,03		0,001	0,18	0,01
QM270	2/9/2003			0,001						
QM270	7/10/2003			0,001						
QM270	4/11/2003			0,001						
QM270	18/11/2003			0,001						
QM270	7/1/2004	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,19	0,01
QM270	11/2/2004			0,003						
QM270	17/4/2004	0,0100	0,01	0,001	0,4	0,02		0,001	0,3	0,01
QM270	8/6/2004			0,001						
QM270	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,25	0,01
QM270	13/7/2004	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,02		0,001	0,2	0,01
QM270	3/8/2004			0,001						
QM270	9/9/2004			0,001						
QM270	26/10/2004			0,001						

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM270	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,01		0,001	0,19	0,01
QM270	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
QM270	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,2	0,01
QM270	1/3/2005	0,0100	0,01	0,005	0,1	0,02		0,002	0,25	0,01
QM270	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
QM270	28/4/2005			0,001						
QM270	9/5/2005			0,002						
QM270	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,15	0,02
QM270	22/6/2005			0,001						
QM270	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	1,1	0,001	0,065	0,02
QM270	15/8/2005			0,001						
QM270	13/10/2005			0,001						
QM270	17/11/2005			0,001						
QM270	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	1,5	0,001	0,14	0,01
QM270	11/1/2006	0,0200	0,01		0,1	0,01	0,95	0,001	0,03	0,01
QM270	8/2/2006			0,001						
QM270	8/3/2006			0,001						
QM270	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01	0,25	0,001	0,17	0,01
QM270	23/5/2006	0,0300	0,02	0,001	0,1	0,02	0,6	0,001	0,15	0,03
QM270	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,05	0,85	0,001	0,13	0,01
QM270	7/11/2006	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,02	0,1	0,001	0,15	0,01
QM270	6/12/2006			0,001						
QM270	22/3/2007	0,0100	0,01	0,001	0,0001	0,03	0,8	0,001	0,17	0,01
QM270	9/5/2007	0,0100	0,02		0,0001	0,1	16	0,002	0,3	0,02
QM270	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,7	0,001	0,055	0,02

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
QM270	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,4	0,001	0,2	0,02
QM270	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,01	0,1	0,001	0,35	0,01
QM270	9/10/2007	0,0100	0,01			0,03	0,3	0,001	0,09	0,01
QM270	7/11/2007			0,001						
QM270	5/12/2007			0,004						
QM270	13/2/2008			0,001						
QM270	18/3/2008			0,001						
QM270	8/10/2008	0,0600	0,01		0,0001	0,05		0,001	0,16	0,02
QM270	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,2	0,01
QM270	27/5/2009	0,0100	0,01			0,025		0,001	0,15	0,01
CU650	9/2/2000	0,0200	0,01	0,003	0,1	0,04		0,002	0,085	0,01
CU650	16/2/2000	0,0200	0,01		0,2	0,06		0,002	0,5	0,01
CU650	12/4/2000	0,0200	0,01		0,25	0,07		0,002	1,3	0,01
CU650	17/5/2000	0,0200	0,01		0,15	0,05		0,002	0,65	0,01
CU650	7/6/2000	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,004	0,26	0,02
CU650	12/7/2000	0,0200	0,01	0,009	0,1	0,015		0,002	0,55	0,01
CU650	2/8/2000	0,0200	0,01	0,007	0,1	0,01		0,002	0,6	0,01
CU650	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,01		0,002	0,8	0,01
CU650	3/10/2000	0,0200	0,01		0,1	0,06		0,002	0,3	0,01
CU650	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,2		0,002	0,65	0,01
CU650	13/12/2000	0,0200	0,01	0,01	0,1	0,03		0,002	1	0,04
CU650	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,03		0,002	0,55	0,01
CU650	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,5	0,03		0,002	0,4	0,01
CU650	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,35	0,04

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
CU650	8/5/2001	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,25	0,01
CU650	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	1,8	0,015		0,001	0,25	0,04
CU650	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,25	0,01
CU650	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
CU650	21/8/2001	0,0100	0,01	0,003	0,1	0,03		0,001	0,35	0,01
CU650	20/9/2001	0,0100	0,01	0,005	0,25	0,02		0,001	0,18	0,01
CU650	12/11/2001	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,45	0,01
CU650	5/12/2001	0,0100	0,01	0,001	0,2	0,015		0,001	0,4	0,01
CU650	9/1/2002	0,0200	0,01	0,002	0,1	0,015		0,001	0,8	0,01
CU650	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,003	0,5	0,03
CU650	10/4/2002	0,0500	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
CU650	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,45	0,01
CU650	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,2	0,01
CU650	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,4	0,01
CU650	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,05	0,01
CU650	4/9/2002	0,0100	0,01	0,004	0,1	0,03		0,001	0,4	0,01
CU650	26/11/2002	0,0200	0,01	0,007	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
CU650	18/12/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,4	0,03
CU650	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
CU650	12/2/2003	0,0400	0,01	0,007	0,3	0,02		0,001	0,2	0,02
CU650	24/4/2003	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005		0,001	0,01	0,03
CU650	20/5/2003	0,0300	0,02	0,001	0,1	0,005		0,001	0,45	0,01
CU650	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,2	0,01
CU650	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,3	0,01
CU650	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,01		0,001	0,18	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
CU650	19/8/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,09	0,01
CU650	7/1/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,03
CU650	17/4/2004	0,0600	0,01	0,001	0,15	0,005		0,001	0,4	0,01
CU650	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,45	0,01
CU650	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
CU650	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,01		0,001	0,4	0,01
CU650	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,01		0,001	0,24	
CU650	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,12		0,001	0,14	0,01
CU650	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,003	0,35	0,01
CU650	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,4	0,01
CU650	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,4	0,01
CU650	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,4	0,001	0,25	0,02
CU650	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,35	0,01
CU650	11/1/2006	0,0100	0,01		0,1	0,08	0,25	0,001	0,25	0,01
CU650	24/4/2006	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005	0,2	0,001	0,35	0,02
CU650	24/4/2006	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,01	0,1	0,001	0,25	0,01
CU650	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,1	0,001	0,3	0,01
CU650	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,25	0,01
CU650	22/3/2007	0,0100	0,01	0,001	0,0002	0,01	0,45	0,001	0,4	0,01
CU650	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,4	0,001	0,35	0,01
CU650	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,1	0,002	0,3	0,01
CU650	22/8/2007	0,0200	0,01		0,0001	0,01	0,2	0,001	0,3	0,01
CU650	9/10/2007	0,0100	0,1			0,015	0,1	0,001	0,3	0,01
CU650	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,3	0,01
CU650	27/5/2009	0,0100	0,01			0,01		0,001	0,35	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
IR251	9/2/2000	0,0200	0,01	0,003	0,2	0,16		0,002	0,45	0,01
IR251	16/2/2000	0,0200	0,01		0,7	0,06		0,002	1,1	0,01
IR251	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,5	0,01
IR251	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,12		0,002	0,65	0,01
IR251	7/6/2000	0,0400	0,01		0,1	0,03		0,002	0,54	0,02
IR251	12/7/2000	0,0200	0,01	0,002	0,1	0,015		0,002	0,5	0,02
IR251	2/8/2000	0,0400	0,01	0,009	0,1	0,04		0,002	0,6	0,01
IR251	12/9/2000	0,0200		0,001	0,1	0,02		0,002	0,8	0,01
IR251	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,12		0,002	0,25	0,01
IR251	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,04		0,002	0,35	0,01
IR251	13/12/2000	0,0200	0,01	0,009	0,1	0,05		0,002	0,45	0,01
IR251	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,55	0,01
IR251	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,5	0,03		0,002	0,3	0,01
IR251	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,35	0,05
IR251	8/5/2001	0,0300	0,01	0,001	0,7	0,02		0,001	0,25	0,01
IR251	31/5/2001	0,0200	0,01	0,001	5	0,02		0,001	0,3	0,02
IR251	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,02		0,001	0,25	0,01
IR251	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,25	0,01
IR251	21/8/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,3	0,02
IR251	20/9/2001	0,0100	0,01	0,005	0,1	0,07		0,001	0,25	0,02
IR251	12/11/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,1		0,001	0,8	0,01
IR251	5/12/2001	0,0200	0,01	0,002	0,35	0,09		0,001	0,1	0,01
IR251	9/1/2002	0,0100	0,01	0,002	0,4	0,01		0,001	0,13	0,01
IR251	19/2/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,004	0,6	0,03
IR251	10/4/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,5	0,02

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
IR251	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,55	0,02
IR251	20/6/2002	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,04		0,001	0,3	0,01
IR251	29/7/2002	0,0100	0,01	0,004	0,1	0,005		0,001	0,6	0,01
IR251	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,07		0,001	0,35	0,01
IR251	4/9/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,04		0,001	0,012	0,01
IR251	26/11/2002	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,005		0,001	0,25	0,01
IR251	18/12/2002	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,2	0,02
IR251	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,25	0,01
IR251	12/2/2003	0,0100	0,01	0,004	0,15	0,04		0,001	0,19	0,04
IR251	13/3/2003			0,001						
IR251	24/4/2003	0,0100	0,01	0,008	0,1	0,005		0,001	0,35	0,02
IR251	20/5/2003	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,19	0,01
IR251	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,35	0,01
IR251	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,18	0,03
IR251	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,005		0,001	0,3	0,01
IR251	19/8/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,2	0,01
IR251	2/9/2003			0,001						
IR251	25/9/2003			0,001						
IR251	7/10/2003			0,001						
IR251	22/10/2003			0,002						
IR251	18/11/2003			0,009						
IR251	3/12/2003			0,001						
IR251	7/1/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,002	0,2	0,01
IR251	26/1/2004			0,001						
IR251	17/4/2004	0,0500	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,35	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
IR251	8/6/2004			0,001						
IR251	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,08		0,001	0,18	0,01
IR251	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,25	0,01
IR251	3/8/2004			0,001						
IR251	9/9/2004			0,001						
IR251	26/10/2004			0,002						
IR251	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,01		0,001	0,35	0,01
IR251	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,25	0,005		0,001	0,1	
IR251	13/1/2005	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,18	0,01
IR251	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,002	0,4	0,02
IR251	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,4	0,01
IR251	28/4/2005			0,001						
IR251	9/5/2005			0,001						
IR251	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,3	0,01
IR251	22/6/2005			0,001						
IR251	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015	0,4	0,001	0,17	0,01
IR251	15/8/2005			0,001						
IR251	13/10/2005			0,002						
IR251	17/11/2005			0,002						
IR251	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,14	0,01
IR251	11/1/2006	0,0200	0,01		0,1	0,005	0,3	0,001	0,3	0,02
IR251	8/2/2006			0,001						
IR251	8/3/2006			0,001						
IR251	24/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01	0,2	0,001	0,45	0,01
IR251	24/4/2006	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,2	0,04

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
IR251	27/9/2006	0,0100	0,01		0,1	0,03	0,15	0,001	0,25	0,01
IR251	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,2	0,01
IR251	6/12/2006			0,001						
IR251	22/3/2007	0,0400	0,01	0,002	0,0002	0,005	0,25	0,001	0,25	0,01
IR251	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,24	0,001	0,2	0,01
IR251	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,015	0,1	0,001	0,18	0,01
IR251	22/8/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,06	0,15	0,001	0,2	0,01
IR251	19/9/2007									
IR251	9/10/2007	0,0100	0,01			0,02	0,2	0,001	0,18	0,01
IR251	5/12/2007			0,006						
IR251	13/2/2008			0,001						
IR251	18/3/2008			0,001						
IR251	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,02		0,001	0,55	0,01
IR251	27/5/2009	0,0200	0,01			0,015		0,001	0,3	0,01
GN200	9/2/2000	0,0200	0,01	0,001	0,15	0,03		0,002	0,1	0,01
GN200	16/2/2000	0,0200	0,01		0,25	0,04		0,002	0,08	0,01
GN200	21/3/2000	0,0200	0,01		0,4	0,01		0,002	0,05	0,01
GN200	12/4/2000	0,0200	0,01		0,1	0,07		0,002	1,1	0,01
GN200	17/5/2000	0,0200	0,01		0,1	0,02		0,002	0,095	0,01
GN200	7/6/2000	0,0600	0,01		0,1	0,015		0,004	0,06	0,03
GN200	12/7/2000	0,0200	0,01	0,01	0,1	0,01		0,002	0,075	0,01
GN200	2/8/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,05	0,01
GN200	12/9/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,002	0,06	0,01
GN200	3/10/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,1		0,002	0,04	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN200	8/11/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,002	0,06	0,01
GN200	13/12/2000	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,002	0,05	0,02
GN200	10/1/2001	0,0200	0,01		0,1	0,01		0,002	0,12	0,01
GN200	21/2/2001	0,0200	0,01	0,001	0,7	0,03		0,002	0,4	0,01
GN200	20/3/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,06	0,03
GN200	8/5/2001	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,11	0,01
GN200	31/5/2001	0,0100	0,01	0,001	0,25	0,005		0,001	0,055	0,02
GN200	28/6/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
GN200	31/7/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,035	0,01
GN200	21/8/2001	0,0100	0,01	0,002	0,1	0,01		0,001	0,17	0,01
GN200	20/9/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,005		0,001	0,035	0,01
GN200	9/10/2001	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,09		0,001	0,05	0,01
GN200	12/11/2001	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,12		0,001	0,05	0,01
GN200	5/12/2001	0,0100	0,01	0,004	0,2	0,015		0,001	0,035	0,01
GN200	9/1/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,045	0,01
GN200	19/2/2002	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,02		0,003	0,075	0,03
GN200	10/4/2002	0,0400	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,035	0,01
GN200	9/5/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02		0,001	0,025	0,01
GN200	20/6/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,01
GN200	29/7/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,065	0,01
GN200	13/8/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,04	0,01
GN200	4/9/2002	0,0200	0,01	0,001	0,1	0,05		0,001	0,2	0,02
GN200	26/11/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,045	0,01
GN200	18/12/2002	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,06	0,01
GN200	15/1/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,06		0,001	0,045	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercúrio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN200	12/2/2003	0,0200	0,01	0,001	0,2	0,1		0,001	0,065	0,01
GN200	24/4/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,03
GN200	20/5/2003	0,0200	0,02	0,001	0,3	0,03		0,001	0,065	0,01
GN200	30/6/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
GN200	24/7/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03		0,001	0,065	0,01
GN200	12/8/2003	0,0100	0,01		0,1	0,01		0,001	0,03	0,01
GN200	14/8/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,01
GN200	19/8/2003	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,2	0,001	0,025	0,01
GN200	7/1/2004	0,0100	0,01	0,001	0,15	0,005		0,002	0,05	0,01
GN200	17/4/2004	0,0500	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,18	0,01
GN200	22/6/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,025	0,01
GN200	13/7/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,04	0,01
GN200	24/11/2004	0,0100	0,01	0,001		0,015		0,001	0,4	0,01
GN200	8/12/2004	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,06	
GN200	13/1/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,01		0,001	0,07	0,01
GN200	1/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015		0,001	0,05	0,01
GN200	29/3/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,065	0,01
GN200	7/6/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005		0,001	0,4	0,02
GN200	21/7/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,015	0,25	0,001	0,035	0,01
GN200	5/12/2005	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,5	0,001	0,03	0,01
GN200	11/1/2006	0,0100	0,01		0,1	0,005	0,75	0,001	0,04	0,01
GN200	27/4/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,03	0,8	0,001	0,035	0,01
GN200	23/5/2006	0,0300	0,01	0,001	0,1	0,005	0,1	0,001	0,02	0,03
GN200	27/9/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,02	0,1	0,002	0,025	0,01
GN200	7/11/2006	0,0100	0,01	0,001	0,1	0,005	0,25	0,001	0,02	0,01

Estação de Amostragem	Data	Chumbo Total	Cromo Total	Fenóis Totais	Mercurio Total	Zinco Total	Alumínio Dissolvido	Cádmio Total	Manganês Total	Níquel Total
GN200	22/3/2007	0,0200	0,01	0,001	0,0002	0,01	0,25	0,001	0,03	0,01
GN200	9/5/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,15	0,001	0,025	0,01
GN200	18/6/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,005	0,52	0,001	0,03	0,01
GN200	11/7/2007	0,0100	0,01		0,0001	0,02	0,1	0,001	0,02	0,01
GN200	22/8/2007	0,0500	0,01		0,0001	0,005	0,2	0,001	0,02	0,01
GN200	9/10/2007	0,0100	0,01			0,005	0,1	0,002	0,02	0,01
GN200	8/10/2008	0,0600	0,01		0,0001	0,04		0,003	0,035	0,01
GN200	10/11/2008	0,0100	0,01		0,0001	0,01		0,001	0,035	0,01
GN200	27/5/2009	0,0100	0,01			0,025		0,001	0,045	0,01

Anexo E:

Tabela 42: Informações básicas sobre os Índices de Qualidade de Água aplicados nesse trabalho.

Índices de Qualidade de Água	Parâmetros Utilizados	Aspectos do Cálculo
IQANSF	Coliformes Termotolerantes, DBO, OD, Fósforo Total, Temperatura, pH, Turbidez, Sólidos Dissolvidos Totais, Nitrato.	Produtório Ponderado
IQACETESB	Coliformes Termotolerantes, DBO, OD, Fósforo Total, Temperatura, pH, Turbidez, Sólidos Totais, Nitrogênio Total.	
IQABP	Parâmetros do IQACETESB + Densidade de Cianobactérias	Multiplicação por uma taxação
IQAFAL	Coliformes Termotolerantes, DBO, OD, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Índice de Diversidade Shannon-Weaver e Densidade de Cianobactérias.	Lógica Fuzzy
IET	Fósforo Total, Clorofila-A	Equação Algébrica
ICT	Chumbo, Cromo, Zinco, Mercúrio, Alumínio, Cádmiio, Manganês, Níquel, Nitrito, Nitrato.	Percentual para Conformidade