



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro Biomédico**

**Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde**

Ana Carolina Silva de Oliveira Lima

**Adequação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* para a bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro  
2023

Ana Carolina Silva de Oliveira Lima

**Adequação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* para a  
bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Monitoramento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Albert Luiz Suhett

Rio de Janeiro  
2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CZO

L732 Lima, Ana Carolina Silva de Oliveira

Adequação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* para a bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro / Ana Carolina Silva de Oliveira Lima - 2023.

102 f.

Orientador: Albert Luiz Suhett

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

1. Ciência e Tecnologia Ambiental - Teses. 2. Índice de qualidade da água - Teses. 3. Qualidade da água - Teses. 4. Monitoramento. 5. Rio Guandu - Teses I. Suhett, Albert Luiz. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde. III. Título.

CDU 502

Bibliotecária Joice Soltosky Cunha CRB-7 5946

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que cite a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Ana Carolina Silva de Oliveira Lima

**Adequação do índice de qualidade de água da *National Sanitation Foundation* para a  
bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Monitoramento Ambiental.

Aprovada em 28 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Albert Luiz Suhett (Orientador)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

---

Prof. Dr. Ronaldo Figueiró Portella Pereira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Clarice Casa Nova dos Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro  
2023

## DEDICATÓRIA

A Deus, o autor da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela Sua maravilhosa graça, pelo fôlego de vida, por todo o sustento e pelas bênçãos incontáveis, pois sem Ele eu nada seria.

Aos meus pais, Nilo Alberto e Raquel Cecilia, que sempre com muito amor estiveram ao meu lado, me apoiando e encorajando na minha caminhada. Meus exemplos de amor, força e resiliência. Esse título também é deles.

Ao meu irmão Gabriel Silva pelo seu amor e também encorajamento.

Ao meu amado marido, Carlos Augusto, por todo o seu amor e incentivo na minha caminhada. A quem sou imensamente grata e feliz em compartilhar a vida.

Ao meu orientador, Dr. Albert Luiz Suhett, pela oportunidade de realização deste trabalho, por todo auxílio, ensinamento, atenção e dedicação, ao qual expresso minha eterna gratidão.

Ao Dr. Marcel Carvalho Abreu por todo seu auxílio na calibração dos índices, tornando viável o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Ronaldo Figueiró Portella Pereira e à Dra. Clarice Casa Nova dos Santos por aceitarem o convite em constituírem a banca examinadora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental por todo ensino e conhecimento transferidos na figura de seus docentes.

## RESUMO

LIMA, Ana Carolina Silva de Oliveira. *Adequação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation para a bacia hidrográfica do rio Guandu, no Estado do Rio de Janeiro*. 2023. 102 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A água é fundamental à manutenção da vida e, portanto, sua quantidade e qualidade devem estar adequadas para os seus respectivos usos. No entanto, ocorre uma crescente deterioração das características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos, devido às atividades antropogênicas, tornando-se, assim, indispensável o monitoramento das águas como forma de controle e subsídio para uma melhor gestão dos ambientes hídricos. Diante disso, as bacias hidrográficas são consideradas unidades territoriais apropriadas para a avaliação das implicações decorrentes das ações humanas. A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu representa grande importância no desenvolvimento e abastecimento da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, onde as águas são avaliadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), mediante a utilização do modelo de Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* ( $IQA_{NSF}$ ), o mais difundido no Brasil. Contudo, evidencia-se a necessidade de se adequar o referido índice às características ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, de modo a expressar resultados mais fidedignos às suas especificidades. Assim, o objetivo do estudo foi a adequação do modelo de Índice de Qualidade de Água do Instituto Estadual do Ambiente ( $IQA_{INEA}$ ) para a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, de forma a diagnosticar sua real conjuntura hídrica. Para isso, empregou-se a técnica de Análise Fatorial via Componentes Principais e o método de Rotação Varimax, no intuito de calibrar os pesos das variáveis indicadas como relevantes no processo de avaliação do estado hídrico. Com efeito, desenvolveu-se o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o recomendado  $IQA_{GUANDU}$ , os quais foram aplicados às amostras selecionadas dos anos de 2018 e 2019 dos boletins de dados brutos disponíveis do INEA. Dessa forma, realizou-se uma comparação entre os índices constituídos e o índice empregado pelo INEA ( $IQA_{INEA}$ ), por meio de testes não paramétricos. Os resultados demonstraram, em sua maioria, uma conformidade na categorização da condição hídrica em relação ao  $IQA_{INEA}$ . Entretanto, ao verificar somente as amostras com classificação “ruim” e “muito ruim”, os resultados evidenciaram uma redução das amostras identificadas como “ruim” e um aumento expressivo da categorização “muito ruim” referente aos resultados apresentados no  $IQA_{INEA}$ . Portanto, os índices desenvolvidos apontaram uma tendência de valores mais baixos, e, assim, maior sensibilidade na avaliação de ambientes mais degradados da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Palavras-chave: Índice. Qualidade de Água. Monitoramento. Guandu.

## ABSTRACT

LIMA, Ana Carolina Silva de Oliveira. *Adequacy of the National Sanitation Foundation's water quality index for the Guandu river basin, in the State of Rio de Janeiro*. 2023. 102 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental)– Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Water is fundamental to the maintenance of life and, therefore, its quantity and quality must be adequate for its respective uses. However, there is an increasing deterioration in the physical, chemical and biological characteristics of water resources, due to anthropogenic activities, making water monitoring essential as a form of control and support for better management of water environments. Given this, river basins are considered appropriate territorial units for assessing the implications arising from human actions. The Guandu River Basin represents great importance in the development and supply of the Metropolitan Region of the State of Rio de Janeiro, where the waters are evaluated by the State Institute of the Environment (INEA), using the National Water Quality Index model. Sanitation Foundation (IQANSF), the most widespread in Brazil. However, there is a need to adapt the aforementioned index to the environmental characteristics of the Guandu River Basin, in order to express results that are more reliable to its specificities. Thus, the objective of the study was to adapt the Water Quality Index model from the State Environmental Institute (IQAINEA) to the Guandu River Basin, in order to diagnose its real water situation. To this end, the Factor Analysis technique via Principal Components and the Varimax Rotation method were used, in order to calibrate the weights of the variables indicated as relevant in the water status assessment process. In effect, IQAGUANDU-T and the recommended IQAGUANDU were developed, which were applied to samples selected from the years 2018 and 2019 from the raw data bulletins available from INEA. In this way, a comparison was made between the established indices and the index used by INEA (IQAINEA), using non-parametric tests. The results demonstrated, for the most part, compliance in the categorization of water conditions in relation to IQAINEA. However, when checking only samples classified as “bad” and “very bad”, the results showed a reduction in samples identified as “bad” and a significant increase in the “very bad” categorization regarding the results presented in IQAINEA. Therefore, the developed indices pointed to a trend towards lower values, and, thus, greater sensitivity in the assessment of more degraded environments in the Guandu River Basin.

Keywords: Index. Water Quality. Monitoring. Guandu.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Bacia hidrográfica e seus componentes.....	29
Figura 2 –	Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....	32
Figura 3 –	Escala de cores do $IQA_{NSF}$ .....	41
Figura 4 –	Curvas de variação de cada parâmetro e suas diretrizes ( $IQA_{NSF}$ e $IQA_{INEA}$ ).....	45
Figura 5 –	Estações de amostragens da Região Hidrográfica II Guandu.....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Análise de Componentes Principais.....	55
Gráfico 2 –	Comparação entre os valores do $IQA_{INEA}$ , $IQA_{GUANDU-T}$ e $IQA_{GUANDU}$ , com letras minúsculas iguais indicando nenhuma diferença significativa (teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn, $p < 0,05$ ).....	67
Gráfico 3 –	Comparação entre os valores do $IQA_{INEA}$ , $IQA_{GUANDU-T}$ e $IQA_{GUANDU}$ , com letras minúsculas distintas indicando diferenças significativas (teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn, $p < 0,05$ ).....	67
Gráfico 4 –	Desvios dos valores de IQA calculados com os índices ajustados em relação ao $IQA_{INEA}$ , com asteriscos indicando desvios negativos consistentes diferentes de zero (teste de Wilcoxon para uma amostra, $p < 0,05$ ), realizado em todas as amostras.....	68
Gráfico 5 –	Desvios dos valores de IQA calculados com os índices ajustados em relação ao $IQA_{INEA}$ , com asteriscos indicando desvios negativos consistentes diferentes de zero (teste de Wilcoxon para uma amostra, $p < 0,05$ ), realizado nas amostras classificadas como ruins e muito ruins.....	69
Gráfico 6 –	Correlação entre o $IQA_{INEA}$ fornecido e o $IQA_{INEA}$ calculado.....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Área e População da RH II.....	32
Quadro 2 –	Níveis de qualidade de água e suas respectivas faixas de coloração.....	45
Quadro 3 –	Pontos amostrais e suas respectivas localizações e coordenadas geográficas.....	48
Quadro 4 –	Os autovetores e obtenção dos autovalores ( $IQA_{GUANDU-T}$ ).....	54
Quadro 5 –	Os autovetores e obtenção dos autovalores ( $IQA_{GUANDU}$ ).....	58
Quadro 6 –	Valores e classificações do $IQA_{INEA}$ , $IQA_{GUANDU-T}$ e $IQA_{GUANDU}$ (2018)....	60
Quadro 7 –	Valores e classificações do $IQA_{INEA}$ , $IQA_{GUANDU-T}$ e $IQA_{GUANDU}$ (2019)....	62
Quadro 8 –	Quantidade de amostras do $IQA_{INEA}$ , $IQA_{GUANDU-T}$ e $IQA_{GUANDU}$ nos diferentes níveis de qualidade da água (2018 e 2019).....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela1 –	Parâmetros do $IQA_{NSF}$ e seus respectivos pesos ( $w_i$ ) originais.....	42
Tabela2 –	Parâmetros do $IQA_{INEA}$ e seus respectivos pesos ( $w_i$ ).....	44
Tabela 3 –	Pesos extraídos com a AF/ACP e Rotação Varimax.....	56
Tabela4 –	Pesos dos respectivos parâmetros do $IQA_{GUANDU-T}$ .....	57
Tabela5 –	Pesos dos respectivos parâmetros do $IQA_{GUANDU}$ .....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
ANA	Agência Nacional de Águas
BHRG	Bacia Hidrográfica do Rio Guandu
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IQA	Índice de Qualidade de Água
IQA <sub>CETESB</sub>	Índice de Qualidade de Água da Companhia Ambiental
IQA <sub>INEA</sub>	Índice de Qualidade de Água do Instituto Estadual do Ambiente
IQA <sub>NSF</sub>	Índice de Qualidade de Água da <i>National Sanitation Foundation</i>
IQA <sub>GUANDU-T</sub>	Índice de Qualidade de Água do Guandu com a variável de Temperatura
IQA <sub>GUANDU</sub>	Índice de Qualidade de Água do Guandu sem a variável de temperatura
KMO	<i>Kayser Mayer Olkim</i>
MIB	2-metilisoborneol
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NMP	Número Mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
PCBs	Bifenilas Policloradas
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PT	Fosfato Total
pH	Potencial Hidrogeniônico
RH II	Região Hidrográfica II

SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
T	Turbidez
TEMP	Temperatura

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
Km	Quilômetro
mm	Milímetro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
s	Segundo
L	Litro
$\Sigma$	Somatório
<i>i</i>	Número do i-ésimo parâmetro
<i>qi</i>	Qualidade do i-ésimo parâmetro
<i>wi</i>	Peso do i-ésimo parâmetro
<i>n</i>	Número de parâmetros
$\prod$	Produtório ponderado
NO <sub>3</sub>	Nitrato
°C	Temperatura
>	Maior que
<	Menor que
≥	Maior ou igual
≤	Menor ou igual
mg	Miligramma

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1	<b>A ÁGUA E SUA DISTRIBUIÇÃO.....</b>	<b>17</b>
2	<b>OS MÚLTIPLOS USOS DA ÁGUA.....</b>	<b>19</b>
3	<b>POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....</b>	<b>22</b>
4	<b>GESTÃO DAS ÁGUAS.....</b>	<b>25</b>
5	<b>BACIA HIDROGRÁFICA.....</b>	<b>29</b>
5.1	<b>Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....</b>	<b>31</b>
5.1.1	<u>Problemática hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.....</u>	<b>35</b>
6	<b>ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.....</b>	<b>39</b>
6.1	<b>Índice da <i>National Sanitation Foundation</i>.....</b>	<b>40</b>
7	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>47</b>
7.1	<b>Geral.....</b>	<b>47</b>
7.2	<b>Específicos.....</b>	<b>47</b>
8	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>48</b>
8.1	<b>Seleção de dados.....</b>	<b>48</b>
8.2	<b>Pesos do IQA.....</b>	<b>50</b>
8.3	<b>Dados de <i>qi</i>.....</b>	<b>52</b>
8.4	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>53</b>
9	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
9.1	<b>IQA<sub>GUANDU-T</sub>.....</b>	<b>54</b>
9.2	<b>IQA<sub>GUANDU</sub>.....</b>	<b>57</b>
9.3	<b>Aplicação do IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub>.....</b>	<b>59</b>
9.4	<b>IQA<sub>INEA</sub> fornecido e IQA<sub>INEA</sub> calculado.....</b>	<b>70</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE A – Valores de 2018 obtidos na curva média de qualidade.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE B – Valores de 2019 obtidos na curva média de qualidade.....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018).....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019).....</b>	<b>96</b>



## INTRODUÇÃO

A água é um elemento imprescindível à vida, razão pela qual sua qualidade precisa estar adequada e em quantidade suficiente (FUNASA, 2015). Todavia, no decorrer dos últimos anos, a água tem sido o foco das atenções mundiais, devido à sua crescente contaminação, que, por sua vez, enseja transformações nas características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos, causando a sua degradação e comprometendo o futuro das águas (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Os impactos antropogênicos nas águas de um rio ou de uma bacia hidrográfica sucedem da intensa atividade humana, resultado de seus usos múltiplos (TUNDISI, 2006; WEINBERG, 2013). No Brasil, a água é empregada principalmente para o abastecimento humano e industrial, bem como na dessedentação dos animais, na irrigação, na geração de energia elétrica, na mineração, na aquicultura, na navegação, na recreação e no lazer (ANA, 2019).

Em razão da progressiva deterioração dos corpos hídricos, se torna indispensável o controle da qualidade de água de um rio ou bacia hidrográfica, de modo a fundamentar atitudes de proteção e recuperação ambiental, visando assegurar os usos atuais e futuros dos recursos hídricos (WEINBERG, 2013).

As bacias hidrográficas representam unidades espaciais apropriadas para a avaliação das perturbações resultantes das ações humanas, que podem gerar ameaças ao equilíbrio da qualidade e quantidade da água (ARAÚJO *et al.*, 2009). As bacias são sistemas essenciais para o planejamento do uso e conservação ambiental, sendo assim considerada a unidade de elaboração e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu apresenta grande relevância estratégica, em razão de ser a única para a subsistência e desenvolvimento da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, pois suas massas de águas abastecem a segunda maior região metropolitana do país, além de viabilizar o processo produtivo de inúmeras indústrias, que geram emprego e renda para milhares de pessoas. Mediante sua inegável importância estratégica, a bacia necessita de minuciosa fiscalização e gestão ambiental, em virtude da contaminação de suas águas (INEA, 2012).

Com o intuito de possibilitar a preservação e recuperação qualitativa e quantitativa de rios e bacias hidrográficas, torna-se fundamental o monitoramento da qualidade da água, a

viabilizar subsídio que permita a avaliação da conjuntura do corpo hídrico. A caracterização de um manancial se dá por meio de uma análise sistemática qualitativa das águas, por meio do conhecimento dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água baseados nas amostragens periódicas dos corpos d'água. O monitoramento deve estabelecer um estudo esclarecedor, determinando os parâmetros a serem monitorados e a metodologia empregada (ALVES, 2012; WEINBERG, 2013).

Nesse contexto, os Índices de Qualidade de Água (IQA) sintetizam e convertem as extensas informações oriundas dos monitoramentos em uma configuração mais acessível e de fácil compreensão pelas entidades responsáveis dos recursos hídricos e também para toda a comunidade que utiliza essas massas de águas (COIMBRA, 2011; WEINBERG, 2013).

O monitoramento da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, como também das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, é desempenhado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), que utiliza como referência o modelo de Índice de Qualidade de Água, elaborado pela *National Sanitation Foundation* (IQA<sub>NSF</sub>) dos Estados Unidos da América, no ano de 1970. O INEA, com base nos dados coletados e na avaliação do índice (IQA<sub>INEA</sub>), desenvolve regularmente relatórios e boletins, que fornecem o diagnóstico dos mananciais (MIRANDA, 2020).

Miranda (2020) identificou como situação-problema a utilização do IQA<sub>INEA</sub> em uma formulação satisfatória na verificação da qualidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. No estudo, evidenciou a necessidade de adequação do índice, atendendo às características físicas, químicas e biológicas da bacia.

Portanto, o presente trabalho visa solucionar a situação-problema relatada, tendo como objetivo a adequação do Índice de Qualidade de Água utilizado na avaliação da condição hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Dessa forma, o desenvolvimento desta versão do índice, aqui proposta, é fundamental para a manutenção do biosistema dessa bacia, sendo de vital importância para o sustento e sobrevivência dos habitantes da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, bem como de todo equilíbrio ecossistêmico.

## 1 A ÁGUA E SUA DISTRIBUIÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível à manutenção da vida, uma vez que todo processo metabólico para ser realizado necessita da sua atuação de forma direta ou indireta, portanto, a água é considerada uma fonte de vida para todos os organismos. Diante disso, a sua conservação no meio ambiente torna-se primordial, a fim de que sua quantidade e qualidade possam estar adequadas para sua utilização (ESTEVES, 1998; BRAGA *et al.*, 2005; REBOUÇAS, 2002; SOUZA *et al.*, 2014).

A importância da água não está relacionada exclusivamente à sua representação na natureza, mas também às suas atribuições na saúde, à qualidade de vida humana, à economia, e a outros fatores. Desse modo, a água é um recurso natural essencial e indispensável, seja como componente bioquímico dos organismos vivos, seja como fonte de vida para as inúmeras espécies de vegetais e animais, além de ser um elemento significativo de valores sociais, culturais e religiosos da sociedade. A água está presente em todos os aspectos da civilização humana, no desenvolvimento das cidades, nos processos industriais e agrícolas, como também na produção de vários bens de consumo final e intermediário, o que evidencia a sua suma importância para a execução das diversas atividades fundamentais (PASCHOAL, 2012; SOUZA *et al.*, 2014; MIRANDA, 2020).

A água predomina na superfície do Planeta Terra, cobrindo cerca de 70% do total e as terras emersas cobrem os 30% restantes. A água está distribuída na Terra entre a água doce e a água salgada. No entanto, sabe-se que apenas 2,5% se encontram na forma de água doce. Desse total, aproximadamente 68,9% encontram-se na forma de gelo e coberturas de neve nas regiões do Ártico, da Antártica e das regiões montanhosas e cerca de 29,9% se concentram em águas subterrâneas e aquíferos e 0,9% em pântanos, permafrost e umidade do solo. Dessa forma, somente 0,3% estão disponíveis em águas superficiais como rios, lagos, reservatórios e bacias hidrográficas (SILVA; PEREIRA, 2019).

A água doce está distribuída de forma desproporcionada, ocasionando áreas de grande abundância e outras com elevado estresse hídrico. Essa desigualdade ocorre tanto de forma intracontinental, como inter-regional. A desconformidade da distribuição dos recursos hídricos contrasta com as diferenças populacionais. Por exemplo, a Ásia, o continente mais populoso, concentra 59,8% dos habitantes e 31,6% do total de água doce superficial do Planeta. De outro modo, as Américas apresentam 13,6% da população mundial e 41% da água disponível (AUGUSTO *et al.*, 2012; SILVA; PEREIRA, 2019).

O Brasil é o país mais rico em água doce, com 12% das reservas do Planeta e com 2,8 da população mundial. Do potencial de água superficial da Terra, concentram-se 18%, escoando pelos rios brasileiros. Entretanto, mesmo evidenciando uma situação aparentemente favorável, observa-se no Brasil uma enorme desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos, uma vez que 70% do volume total dessa água estão na Bacia Amazônica, que corresponde às regiões Norte e Centro-Oeste, onde a densidade populacional é a menor do país. Por outro lado, o Nordeste, uma região muito árida e com problemas de escassez, apresenta cerca de 30% da população e possui somente 5% da água doce. Nas regiões Sul e Sudeste, os conflitos de uso se agravam devido à concentração de 60% da população do país e com uma disponibilidade hídrica de 12,5% da água doce (CARVALHO *et al.*, 2007; AUGUSTO *et al.*, 2012).

Os recursos hídricos são abundantes, no entanto, não estão distribuídos de forma proporcionada na superfície do Planeta. Em determinadas localidades, as retiradas são bem maiores que a oferta, acarretando um desequilíbrio nos recursos hídricos disponíveis. Esse cenário notório causa uma restrição em termos de desenvolvimento em certas regiões, dificultando assim, o atendimento às necessidades humanas e deteriorando os ecossistemas hídricos (COSTA *et al.*, 2012). Em vista disso, a situação brasileira, embora considerada privilegiada em fontes hídricas, evidencia crescentes conflitos de qualidade, quantidade e déficit de oferta de água (CARVALHO *et al.*, 2007).

## 2 OS MÚLTIPLOS USOS DA ÁGUA

A água é um recurso crucial no crescimento e desenvolvimento das civilizações e das cidades atuais, que utilizam a mesma para seus numerosos fins. O ser humano utiliza a água não somente para manter suas necessidades pessoais diárias de sobrevivência, como a higienização, a alimentação e para o adequado funcionamento do organismo, mas também e principalmente para a funcionalidade socioeconômica. A água como um componente fundamental para a vida humana em seus múltiplos usos, bem como para o equilíbrio e manutenção da dinâmica dos sistemas ambientais, deve ser reconhecida como um serviço ambiental (TOMASONI *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2014).

Os ambientes hídricos são utilizados com diversas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água (tanto doméstico quanto industrial), a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura, a pesca, a dessedentação de animais, a preservação da fauna e da flora, a criação de espécies, a harmonia paisagística e a diluição e transporte de despejos. Desse modo, os usos da água são classificados como usos consuntivos e não consuntivos. Essa classificação ocorre em função da quantidade hídrica demandada e as reduções quali-quantitativas ocasionadas após os usos (MORAES; JORDÃO, 2002; ESTEVES, 2011; SOUZA *et al.*, 2014).

O conceito de uso consuntivo refere-se quando um determinado volume de água dos mananciais é retirado, que depois de utilizado, a porção é devolvida em quantidade reduzida e/ou com qualidade inferior, acarretando deterioração quali-quantitativa dos recursos hídricos. No Brasil, os usos consuntivos da água são empregados na irrigação (63%), abastecimento humano (18%), setor industrial (14%) e uso animal (5%)(CARVALHO *et al.*, 2007; TUCCI, 2006; SOUZA *et al.*, 2014).

O principal uso de água no país, em termos de quantidade utilizada, é a irrigação. Esse uso corresponde à atividade agrícola que manuseia um conjunto de equipamentos e técnicas para diminuir a deficiência total ou parcial de água para as culturas, e modifica conforme a necessidade de cada cultura, o tipo de solo, o relevo, o clima e dentre outros fatores. O regime de chuvas viabiliza uma suplementação na irrigação, proporcionando o cultivo em regiões com escassez mais intensa de água, como no semiárido, ou em localidades com períodos característicos de seca, como na região central. Estima-se que cerca de 7,3 milhões de hectares são de áreas irrigadas no Brasil (ANA, 2019).

O abastecimento urbano representa o segundo maior uso da água no país e o mesmo ocorre de forma concentrada no território, causando uma crescente pressão sobre os sistemas operadores de água. As recentes crises hídricas em mananciais de abastecimento, como decorre nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, bem como no Distrito Federal, aumentaram a discussão sobre o cenário da segurança hídrica das áreas de aglomeração populacional, que são abastecidas por sistemas complexos (ANA, 2019).

Os usos da água nas indústrias são de acordo com a especialidade e a tecnologia de que dispõem em seus processos. A água é utilizada desde a sua incorporação nos produtos até a lavagem dos materiais, nos equipamentos e instalações, nos sistemas de refrigeração, como também na geração de vapor. No entanto, como todo uso consuntivo, o uso industrial é um dos principais responsáveis da degradação dos corpos hídricos. Diante disso, a água posterior ao uso nas indústrias pode comportar resíduos tóxicos, como exemplo, os metais pesados e restos de materiais em decomposição (SOUZA *et al.*, 2014).

Os usos não consuntivos utilizam a água em seus próprios corpos hídricos sem necessitar, predominantemente, remover do sistema de captação, ou após sua captação, retornam inteiramente aos seus mananciais. Os exemplos desses usos, podemos citar: a preservação da flora e fauna, a navegação, a pesca, a recreação, a geração de energia elétrica, e a diluição de efluentes (REBOUÇAS, 2002; SOUZA *et al.*, 2014).

No Brasil, as usinas hidrelétricas correspondem cerca de 90% da produção de energia elétrica. Sendo assim, a energia produzida pelas hidrelétricas consiste na principal forma de uso não consuntivo, onde se utiliza a movimentação das águas. Entretanto, as enormes estruturas das usinas, como as de Itaipu, Tucuruí e Sobradinho, resultam em grande impacto ambiental nas regiões onde são construídas, pois tendem a inundar áreas extensas, o que acarreta consequências drásticas sobre a qualidade da água, sobre o equilíbrio ecossistêmico e sobre toda a população local, demandando a implementação de critérios de construção e localização que reduzam os danos ao meio ambiente (MMA, 2005; SOUZA *et al.*, 2014).

A navegação é um dos mais antigos meios de transporte, sendo também considerado um dos que menos provoca implicações ambientais. Esse modo de transporte pode ser privilegiado a frente dos outros, em relação ao meio ambiente, uma vez que a navegação em corrente livre não secciona nenhum ecossistema, pois os rios ou lagos fazem parte de ecossistemas mais abundantes (SANTOS, 2006). No entanto, a possibilidade de acidentes com as embarcações é um risco de danos ao meio ambiente, de modo a requerer determinadas medidas a fim de diminuir os riscos de acidentes, além de uma boa gestão hidroviária (MMA, 2005; SOUZA *et al.*, 2014).

Outras formas de uso não consuntivo são as atividades relacionadas à pesca, recreação, lazer, harmonia paisagística e turismo. Essas atividades dependem, sobretudo, da qualidade da água, principalmente daquelas atribuídas à recreação de contato primário, como a natação. Diante disso, o deterioramento dos corpos de água decorrente do despejo de esgotos domésticos, dos resíduos industriais, entre outros, acabam comprometendo a realização dessas atividades, onde podemos ressaltar principalmente as populações ribeirinhas que possuem na pesca a sua principal e até mesmo a única fonte de sobrevivência. Por essa razão, a pesca e o lazer precisam ser assegurados pela proteção ambiental dos cursos d'água. Em vista disso, todas essas atividades (consultivas e não consultivas), sendo em maior ou menor escala, apresentam riscos aos recursos hídricos quando manejadas sem uma adequada fiscalização (MMA, 2005; SOUZA *et al.*, 2014).

O processo acelerado da urbanização e do desenvolvimento das atividades econômicas intensivas em uso de água favorece o crescimento das demandas hídricas no Brasil, como também o aumento do estresse hídrico ao longo dos anos. Sendo assim, estima-se que cerca de 80% dos recursos hídricos foram retirados nas últimas duas décadas, apresentando um prognóstico de que, até 2030, a retirada de água aumente em 26%. As localidades mais críticas são a Região Sudeste, onde se ressalta o uso da água para abastecimento humano, irrigação e na indústria, e a Região Sul, em que é marcante a retirada de água para irrigação de vastas lavouras, evidenciando ainda a situação da Região Nordeste, que apresenta uma demanda significativa com relação à sua disponibilidade de água (ANA, 2019).

Diante do exposto, o uso das águas é classificado como múltiplo mediante a variedade em que seu uso pode ser empregado. No entanto, a sua numerosa utilidade e a intrínseca relação com o homem, acabam ocasionando a degradação das águas, uma vez que, essas atividades modificam suas características físicas, químicas e biológicas, e, portanto, causam a diminuição na disponibilidade de água de qualidade. Sendo assim, as interações antrópicas, em sua vasta atuação, geram poluentes específicos que resultam em prejuízos na qualidade dos corpos hídricos (PEREIRA, 2004; BRAGA *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2012; MIRANDA, 2020).

Portanto, os ecossistemas de água doce são primordiais, sendo sua utilização necessária, devendo ser de modo múltiplo. Entretanto, tal uso deve respeitar seus devidos limites e potencialidades, conforme dispõe o artigo 225 da Constituição Federal, que preconiza o direito ao meio ambiente sadio para toda a coletividade. Em vista disso, o uso dos recursos hídricos requer a observância contínua da conservação ambiental, para que não ocorra comprometimento do futuro das águas (COSTA *et al.*, 2012).

### 3 POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A poluição se apresenta no seu sentido mais amplo como sendo qualquer modificação das características de um ecossistema, de forma que um ambiente torna-se impróprio para os organismos vivos que vivem nesse biosistema (SAMPAIO, 2008).

A Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Artigo 3º, inciso III, define a poluição como a degradação da qualidade ambiental mediante práticas que de forma direta ou indireta: afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como representem conjunturas adversas às atividades sociais e econômicas, perturbem a biota, prejudiquem as condições estéticas ou sanitárias ambientais, além de dispensar matérias ou energia em desconformidade com os parâmetros ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981; MIRANDA, 2020).

As atividades antropogênicas, assim como as interferências naturais, podem provocar transformações nas características físicas, químicas e biológicas das águas, resultando na contaminação dos recursos hídricos, com consequências específicas na saúde humana e nos sistemas ecológicos. Desse modo, o deterioramento da qualidade hídrica ocorre mediante alterações nas concentrações dos nutrientes, dos sedimentos, do potencial hidrogeniônico (pH), das condições biológicas, da presença de componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, dos metais pesados, entre tantos outros fatores (VON SPERLING, 1996; ANA, 2011; XAVIER, 2020).

Em vista disso, o equilíbrio ambiental dos corpos hídricos é perturbado principalmente em razão das intensas interferências humanas em suas bacias hidrográficas, que decorrem do despejo indevido do esgoto doméstico, do escoamento de resíduos da agricultura, dos solos suscetíveis à erosão, do vazamento de chorume, do derramamento dos compostos tóxicos derivados de pesticidas, de traços dos produtos farmacêuticos, como também da contaminação por compostos xenobióticos, além da poluição atmosférica, onde se pode promover a formação das chuvas ácidas, bem como a precipitação de outras substâncias poluidoras (BICUDO *et al.*, 2010; MIRANDA, 2020).

Em razão da grande sobrecarga de nutrientes, a contaminação se tornou um problema de qualidade da água mais averiguado em todo o mundo. Essa contaminação frequentemente está associada ao excesso de nitrogênio e fósforo, os quais são oriundos principalmente do lançamento de esgoto doméstico e dos resíduos industriais, como também do escoamento da agricultura. Os nutrientes em abundância promovem o aumento da produtividade de matéria



vegetal, resultando no supercrescimento de plantas vasculares, nas florações de algas, que estabelecem uma densa camada na superfície dos mananciais, gerando o esgotamento do oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar a mortandade de inúmeros organismos aquáticos, reduzindo, assim, a diversidade biológica. Essas florações de algas, especificamente de cianobactérias são capazes de produzir toxinas prejudiciais à saúde de seres humanos e de toda a biota dos ecossistemas hídricos. O enriquecimento com nutrientes transforma os recursos hídricos em ecossistemas denominados de hipereutróficos (FUNASA, 2003; ANA, 2011).

As atividades industriais acarretam consideráveis e crescentes danos sobre a qualidade das águas. No mundo todo, a cada ano, estima-se que, as indústrias efetuam o derramamento de 300 a 400 milhões de toneladas de metais pesados, bem como de lodo tóxico, solventes e outros resíduos nos mananciais. Além disso, os processos industriais geram subprodutos como as dioxinas, os furanos e as bifenilas policloradas (PCBs), os quais são classificados como poluentes orgânicos, que são introduzidos no meio ambiente durante seu uso e disposição final. Essas substâncias representam um grande risco, devido à elevada toxicidade desses materiais, que, por sua vez, ocasionam a degradação dos ecossistemas de água doce (ANA, 2011).

Os setores industriais como as usinas termoelétricas, fábricas de papel/celulose, de produtos químicos e farmacêuticos, as unidades de engarrafamento, as refinarias de petróleo, bem como as atividades de mineração e perfuração corroboram para a deterioração da qualidade hídrica. Os resíduos industriais podem comportar numerosos poluentes, entre eles: os contaminantes microbiológicos, como as bactérias, vírus e protozoários; os complexos químicos, como agrotóxicos orgânicos e inorgânicos, amianto entre tantos outros; os metais, como mercúrio, chumbo, cobre, zinco e muitos outros. Além disso, o derramamento de efluentes de água empregada em processos de resfriamento produz modificações na temperatura do ambiente hídrico, a ensejar o desequilíbrio de todo o sistema (ANA, 2011).

Também estão sendo detectados compostos químicos sintéticos, denominados disruptores endócrinos, bem como de contaminantes emergentes. Tais disruptores são produtos químicos capazes de interferir na ação hormonal, encontrados entre aqueles manuseados na indústria, na agricultura, nas residências e nos cuidados pessoais, e englobam os agrotóxicos, desinfetantes, os aditivos plásticos e os produtos farmacêuticos, como as pílulas anticoncepcionais. Esses disruptores mimetizam ou interrompem o funcionamento de outros hormônios naturais do indivíduo, comprometendo o desenvolvimento do sistema

endócrino dos organismos vivos expostos a esses compostos, os quais podem apresentar implicações irreversíveis (ANA, 2011).

Em vista disso, de modo geral, as fontes poluidoras dos ecossistemas ambientais podem ser classificadas como: fontes pontuais e fontes difusas. Nesse sentido, as fontes pontuais são consideradas identificáveis, uma vez que, o lançamento da carga poluidora apresenta uma especificidade do local de despejo, como por exemplo, um cano de esgoto de uma indústria. Já as fontes difusas são de difícil identificação, ou seja, dispõem de um descarregamento de poluentes de maneira dispersa e local indeterminado, como exemplo, o escoamento de fertilizantes e pesticidas para os corpos d'água (BRAGA *et al.*, 2005; MOTA, 2003; MILLER; SPOOLMAN, 2015; MIRANDA, 2020).

Em agravamento, no Brasil cerca de 35 milhões de pessoas não possuem acesso à água devidamente tratada, e aproximadamente 100 milhões, ou 47,6% da população, não dispõem de uma coleta de esgoto. Dos efluentes produzidos, somente 46% são corretamente tratados. Em virtude disso, as águas ficam sujeitas à contaminação, o que compromete a integridade dos ecossistemas hídricos, bem como a saúde pública (SNIS, 2019; XAVIER, 2020).

Diante disso, embora a vida humana seja extremamente dependente dos fluxos de água, as ações antrópicas estão degradando mananciais em todo o mundo, ocasionando impactos quantitativos e qualitativos, comprometendo a saúde ambiental, causando a extinção de espécies e reduzindo a capacidade da água de desempenhar suas funções ecossistêmicas, e, portanto, os ecossistemas de água doce estão estimados entre os mais deteriorados do Planeta (ANA, 2011).

Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos de modo eficiente em nível de bacias hidrográficas torna-se desafiadora, em decorrência de atender às demandas dos variados usos da água e concomitantemente assegurar o equilíbrio e a manutenção dos ecossistemas, que são provedores de serviços primordiais ao bem-estar da humanidade (MEA, 2003; XAVIER, 2020).

## 4 GESTÃO DAS ÁGUAS

A aplicação de um gerenciamento das águas é fundamental diante da necessidade de se assegurar a disponibilidade deste recurso, tanto na atualidade quanto na geração futura, de modo que a conjuntura hídrica possa estar em padrões adequados de utilização. Sendo assim, a gestão das águas é um mecanismo que visa estabelecer as melhores alternativas de aproveitamento dos recursos hídricos. Seu escopo é realizar deliberações com o propósito de conferir os melhores resultados ambientais, sociais e econômicos (ANA, 2011).

Diante disso, a gestão das águas busca providências e soluções de compromisso com a responsabilidade de coordenar as demandas hídricas, principalmente com medidas de redução dos conflitos pelo uso da água, sejam existentes ou possíveis de ocorrer. Tal intento se dá em virtude dos diferentes interesses dos usuários da água, da sociedade civil, do poder público, assim como das metas a serem alcançadas, sejam elas de caráter social, econômico ou ambiental, e ainda, com vistas a promover a prevenção e a mitigação de episódios hidrológicos críticos, como as secas e as inundações (ANA, 2011).

À vista disso, a Lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, denominada “Lei das Águas”, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a fim de regular a gestão dos recursos hídricos no Brasil, prevendo que a gestão da água não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade, mas deve observar as diversidades geográficas e socioeconômicas das distintas localidades do País, além do planejamento dos setores de usuários e as estratégias regionais, estaduais e nacional, bem como da integração com o manejo ambiental do uso do solo, dos sistemas estuarinos e zonas costeiras (ANA, 2019).

O principal fundamento da referida Lei é a natureza jurídica da água ser considerada bem de domínio público, isto é, um recurso natural limitado, atribuído de valor econômico, sendo que, na conjuntura de escassez, o seu uso deve ser preferencialmente o consumo humano e dos animais. Dentre os objetivos, dispõe assegurar a disponibilidade hídrica com parâmetros de qualidade pertinentes aos seus respectivos usos. A PNRH foi constituída com a finalidade de estruturar os instrumentos de proteção dos recursos hídricos mediante o princípio da gestão por bacia hidrográfica e, desse modo, corroborar para a conservação das águas (COSTA; PERIN, 2004).

Posto isso, a Política Nacional de Recursos Hídricos cria o intitulado Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que apresenta como um dos objetivos principais a implementação da PNRH, além de coordenar a gestão integrada das

águas (BRASIL, 1997). O SINGREH é constituído pelos seguintes órgãos: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Conselho de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU), integrante da organização do Ministério do Meio Ambiente (MMA); Comitês de Bacia Hidrográfica; Órgãos dos Poderes Públicos Federal, estaduais e municipais, cujas atribuições se associam com a gestão de recursos hídricos, além também das Agências de Água (BRASIL, 1997; COSTA; PERIN, 2004; ANA, 2011).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é, portanto, de modo geral, integrado por instâncias atuantes na elaboração e resolução (conselhos e comitês de bacias), por instâncias de formação de políticas governamentais (secretarias de Estado e Ministério do Meio Ambiente - MMA), bem como por instâncias de execução e regulação (Agência Nacional de Águas - ANA, órgãos gestores e agências de água) (ANA, 2012).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é formado por representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com exercício na gestão ou na utilização dos recursos hídricos, além dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, dos usuários, das instituições civis de recursos hídricos. Os componentes do Conselho são conduzidos por um Presidente, sendo este o Ministro do Meio Ambiente, e um Secretário Executivo, no caso o Secretário Nacional de Recursos Hídricos, um constituinte efetivo da organização do MMA, incumbido do gerenciamento dos meios hídricos (COSTA; PERIN, 2004).

Dentre várias atribuições, o CNRH realiza a articulação do planejamento de recursos hídricos em conjunto com a logística nacional, regional, estaduais e dos usuários. O Conselho também examina propostas de modificação na legislação referente aos ambientes hídricos e sua Política Nacional, bem como autoriza recomendações de instituições de Comitês de Bacia Hidrográfica em mananciais de domínio da União e define medidas gerais para o desenvolvimento de suas regulamentações (COSTA; PERIN, 2004).

Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) dispõem como área de efetuação a totalidade de uma bacia hidrográfica e igualmente suas sub-bacias. Estes desenvolvem o debate sobre implicações pertinentes aos recursos hídricos, como também viabilizam as atividades das entidades constituintes, corroboram para o programa estratégico da bacia, instituem procedimentos de cobrança pelo uso dos corpos de água, além de indicarem os valores a serem requeridos (COSTA; PERIN, 2004).

Embora tenha uma proximidade entre as nomeações, a Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela Lei nº 9.984, de 2000, não é uma agência de água nas normas inicialmente

regulamentadas no inciso V do artigo 33 da Lei nº 9.433, de 1997. A ANA evidencia-se mediante sua amplitude nacional de exercício, tendo a competência no controle, a outorga e a cobrança do uso das águas de domínio da União e, sobretudo, a responsabilidade de implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Desse modo, a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos necessita ser interpretada associadamente com a Lei que instituiu a Agência Nacional de Águas, uma vez que, a mesma regulamentou e realizou segmentos de seus mecanismos (COSTA; PERIN, 2004; ANA, 2014).

Por outro lado, as agências de água atuam em território limitado da bacia hidrográfica, sendo que suas execuções são técnicas e locais, além de serem caracterizadas por uma assistência constante ao andamento do comitê da respectiva bacia. As agências de água não dispõem de autoridade na fiscalização dos usos, nem na dimensão dos rios federais e estaduais. Contudo, efetuam, singularmente, procedimentos essenciais à preservação, conservação, bem como de recuperação dos mananciais (ANA, 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos instaurou regulamentos para o uso múltiplo e racional da água e determinou, ainda, que a gestão das águas deve ser realizada de forma estruturada entre os Estados e a União. Para que possa ser efetivada, a PNRH necessita da atuação dos Estados e Municípios na implementação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, com relevância no desenvolvimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (COSTA; PERIN, 2004).

A unidade espacial de gestão de recursos hídricos determinada na PNRH é a bacia hidrográfica. Em vista disso, o Comitê de Bacia Hidrográfica estabelece fórum de debates para a realização de deliberações sobre a gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica (ANA, 2019).

No ano de 1997, quando foi instituída a PNRH, havia 30 CBHs elaborados em bacias de domínio estadual no Brasil, um número correspondente a 3,7% do território e a 23,9% da população nacional. Os CBHs, até 2018, somavam 225 de âmbito estadual. Na atualidade, os comitês estaduais executam cerca de 82,3% dos municípios e 38,8% do território nacional, compreendendo 83,9% dos habitantes e 91% do Produto Interno Bruto (PIB) (ANA, 2019).

Logo, a bacia hidrográfica é considerada como uma unidade territorial adequada para fins de planejamento da gestão hídrica no Brasil. No âmbito do arranjo territorial, consiste em um elemento básico de estudo para a elaboração de ações e medidas, visando à integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (CARVALHO, 2020).

Os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas são efetuados inicialmente com a caracterização da bacia hidrográfica, nos aspectos físicos, geográficos, ambientais e

socioeconômicos (primeira fase). Em seguida, passa-se à avaliação dos cenários de interesse e a projeção para o futuro, no que tange ao uso da água na bacia, considerando o decorrer de vigência do plano (segunda fase). Por fim, chega-se a um programa de providências, além de diretrizes para o uso sustentável da água fundamentado em análise crítica mediante as fases anteriores (terceira fase) (ANA, 2019).

Nesse sentido, o estudo da bacia hidrográfica possibilita investigar de maneira sistêmica as condições, os fatores e as relações ambientais, sociais e econômicas mediante as demandas e ofertas existentes em sua área. Dessa forma, este sistema hídrico tem sido adotado como unidade física de caracterização e avaliação, no intuito de favorecer a atuação sobre os recursos hídricos (VILAÇA *et al.*, 2009; CARVALHO, 2020).

O conceito de unidade territorial para o gerenciamento de recursos hídricos evidenciou-se na conjuntura das políticas hídricas no Brasil, no decorrer dos anos de 1990, mediante os Princípios Básicos estabelecidos para a gestão das águas na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, no ano de 1992, como também na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Eco-92 ou Rio-92), impulsionando uma nova aplicabilidade de gestão. Sendo assim, a partir da Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica é reconhecida como a unidade de planejamento e gestão hídrica (CASTRO, 2012; CARVALHO, 2020).

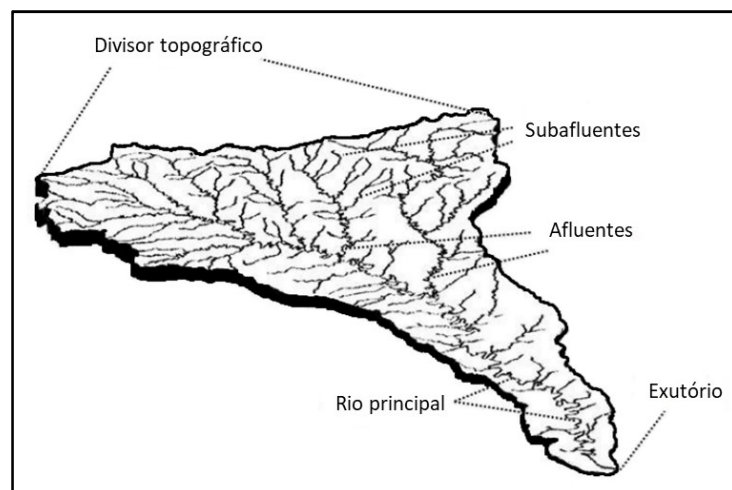
Nesse contexto, a gestão dos recursos hídricos necessita ser desenvolvida de forma integrada, tendo em consideração todas as características físicas, sociais e econômicas encontradas na área da bacia hidrográfica, para que tenha um gerenciamento adequado e efetivo das águas (CARVALHO, 2020).

## 5 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica pode ser descrita como um agrupamento de drenagem que escoam toda a água precipitada até a sua área mais baixa, denominada de exutório (AZEVEDO; BARBOSA, 2011). Por convenção, o rio principal de uma bacia é o fluxo de água mais extenso, que conecta uma nascente ao exutório. Os cursos hídricos secundários que encaminham a água diretamente ao rio principal são identificados como seus afluentes e, do mesmo modo, os rios que conduzem para os afluentes são os subafluentes (Figura 1). Essa correlação é designada como uma corrente de drenagem, a qual é constituída de, no mínimo, um rio central e seus afluentes, que difundem toda a água ao decorrer da bacia (TUCCI, 1993; CRUZ; TAVARES, 2009; BERNARDI *et al.*, 2012).

Nesse sentido, ao transpor o exutório da bacia, a água passa a fazer parte de outra bacia hidrográfica mais abrangente ou do oceano. Logo, a formação das demarcações entre bacias hidrográficas ocorre mediante os divisores de águas, que são classificados como as regiões mais altas, onde ocorre uma separação da água da precipitação pluvial em distintas bacias hidrográficas (BERNARDI *et al.*, 2012). Diante disso, a bacia hidrográfica pode ser classificada como um ente sistêmico, sendo uma área onde ocorrem os balanços de entrada provenientes da chuva e saída de água através do exutório, possibilitando o delineamento de bacias e sub-bacias, cuja correlação sucede ao longo dos sistemas hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

Figura 1 – Bacia hidrográfica e seus componentes



Fonte: Adaptado de Bernardi *et al.*, 2012.

Segundo Gomes *et al* (2021), a bacia hidrográfica está estabelecida como uma unidade de análise para os estudos desde os aspectos físico-naturais aos culturais das paisagens terrestres. Em razão da sua multidimensionalidade e complexidade, a bacia hidrográfica apresenta diversos atributos que podem ser agrupados em perspectivas específicas, como a hidrológica, a geomorfológica e de gestão das águas.

Perante o exposto, de modo geral, a bacia hidrográfica conceitua-se como uma área geográfica natural, definida mediante os pontos mais altos do relevo (espigões, divisores de água), dentro dos quais a água é drenada superficialmente por um curso d'água principal até sua saída da bacia, na localidade mais baixa do relevo (SANTANA, 2003).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, na Resolução de nº 32, definiu a divisão do território brasileiro de acordo com suas respectivas condições hidrográficas, as chamadas Regiões Hidrográficas Brasileiras. Sendo assim, constitui uma região hidrográfica, um território que apresente uma bacia hidrográfica, um conjunto de bacias ou sub-bacias que dispõem de características ecossistêmicas, sociais e econômicas similares. Posto isso, tais divisões foram realizadas de modo a corresponder às necessidades de gestão dos recursos hídricos com a configuração física e as particularidades locais (MMA, 2007; PORTO; PORTO, 2008).

No território demarcado como bacia hidrográfica ocorre o desenvolvimento das atividades humanas. Logo, todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de uma determinada bacia hidrográfica, sendo possível afirmar que, no seu exutório, estarão retratados todos os processos de ocupação e utilização das águas que são efetuados no seu sistema hídrico (PORTO; PORTO, 2008).

A bacia hidrográfica apresenta características essenciais que possibilitam a integração entre os diversos sistemas de gerenciamento, avaliação e atividade ambiental. O emprego da bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das diferentes atuações e uso das potencialidades ambientais, tem como intuito fornecer providências adequadas para a utilização e exploração de seus recursos naturais. À vista disso, o estudo da bacia hidrográfica viabiliza a análise em detalhes quanto às alterações que ocorrem nela, e que, baseado nas variáveis hidrológicas envolvidas, torna-se possível compreender os fenômenos e representá-los de forma matemática, permitindo auxiliar no desenvolvimento social e econômico dos respectivos habitantes que dispõem do recurso, como também a sustentabilidade, mitigando os danos na conjuntura hídrica e na qualidade de vida (TUCCI, 1993; BORDALLO, 1995; BERNARDI *et al*, 2012).



### 5.1 Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Guandu

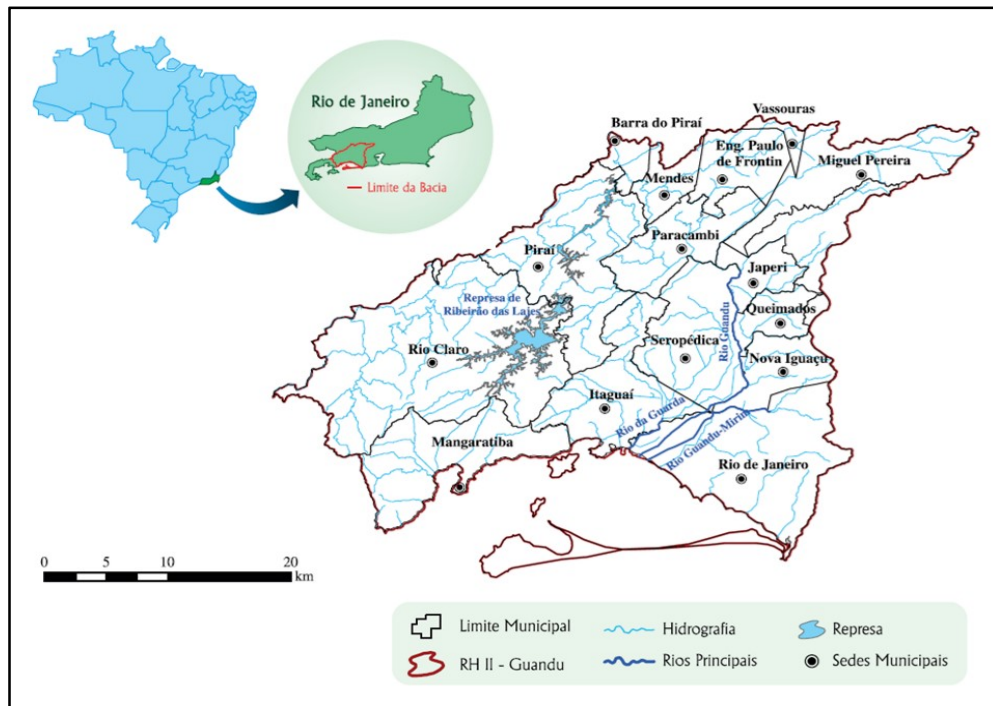
O território do Estado do Rio de Janeiro, por meio da Resolução nº 107, de 22 de Maio de 2013, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, foi delimitado em zonas hidrográficas, no qual a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG) está inserida na Região Hidrográfica II (RH II) (PAIVA, 2018). A BHRG localiza-se no sudoeste do Estado do Rio de Janeiro e a oeste da bacia da Baía de Guanabara, contribuindo à Baía de Sepetiba, ocupando aproximadamente uma superfície de 3,6 mil km<sup>2</sup> da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, o que significa cerca de 1,7% do território brasileiro (XAVIER, 2020).

A BHRG é constituída pelos principais rios: Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Essa área engloba quinze municípios do Estado do Rio de Janeiro, a saber: em totalidade os municípios de Engenheiro Paulo de Frontin, Itaguaí, Japeri, Paracambi, Queimados e Seropédica, e, parcialmente, os municípios de Barra do Piraí, Mangaratiba, Mendes, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro, Rio de Janeiro e Vassouras, onde se encontra uma população predominantemente urbana (Figura 2 e Quadro 1) (INEA, 2012; MIRANDA, 2020).

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu é a principal fornecedora de água para a Região Metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, estimando, aproximadamente, 80% de abastecimento de água. Além disso, também é responsável pela provisão de 25% da energia elétrica da região. Dessa forma, o recurso hídrico em questão, necessita de atenção e de providências emergenciais que assegurem disponibilidade no que tange à quantidade e qualidade para os habitantes (PAIVA, 2018; ITPA, 2022).

À vista disso, a BHRG é de vital importância para a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, uma vez que suas águas são utilizadas para abastecimento de cerca de 9 milhões de habitantes dessa região e, portanto, proporcionando o processo produtivo de numerosas indústrias significativas no cenário nacional e, assim, a geração de emprego e renda para milhares de cidadãos (INEA, 2012; MIRANDA, 2020; COMITÊ GUANDU, 2022).

Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Guandu



Fonte: Adaptado de INEA, 2012.

Quadro 1 – Área e população da RH II

Município	Área do município (Km <sup>2</sup> )	Área do município na RH II (%)	População na RH II
Barra do Pirai	578,7	7,5	101.139
Eng. Paulo de Frontin	132,9	100	14.138
Itaguaí	275,7	100	136.547
Japeri	81,8	100	106.296
Mangaratiba	356,2	96,8	45.941
Mendes	97,0	76,4	18.681
Miguel Pereira	289,1	87,1	25.622
Nova Iguaçu	521,1	48,6	825.388
Paracambi	179,6	100	53.093
Pirai	505,1	78	29.802
Queimados	75,7	100	152.311
Rio Claro	836,8	95,5	18.677
Rio de Janeiro	1.200,1	39,1	6.775.561
Seropédica	283,7	100	83.841
Vassouras	583,0	7,6	37.262
<b>Total Geral</b>	<b>5.951,5</b>	<b>-</b>	<b>8.424.299</b>

Fonte: Adaptado de PERH Guandu, 2018 e IBGE, 2021.

O Rio Guandu, fundamental curso de água da Baía de Sepetiba, drena uma bacia com área de 1.385 km<sup>2</sup> e é formado pelo Ribeirão das Lajes, que passa a ser denominado Rio Guandu a partir da confluência com o Rio Santana, na altitude de 30 metros. Os seus afluentes principais são os Rios dos Macacos, Santana, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga, tendo o seu curso final no canal de São Francisco, como passa a ser chamado, apresentando um percurso total até a foz de aproximadamente 48 km (COMITÊ GUANDU, 2012).

O Rio da Guarda corresponde uma área de aproximadamente 346 km<sup>2</sup> e à direita margeia a Bacia do Rio Guandu. Seu principal constituidor é o Valão dos Bois, onde as nascentes situam-se na vertente nordeste da Serra da Cachoeira, com um prolongamento de aproximadamente 35 km e área de drenagem em torno de 131 km<sup>2</sup>. O Rio da Guarda origina-se após a confluência do Valão dos Bois com o Rio Piloto, se desenvolvendo ao decurso de cerca de 7 km até a sua foz na Baía de Sepetiba. Os seus principais afluentes são os Rios Piloto, Cai Tudo e Itaguaí, margem direita, o Canal de São Francisco e Agostinho pela margem esquerda (COMITÊ GUANDU, 2012).

O Rio Guandu-Mirim dispõe de uma área de aproximadamente 190 km<sup>2</sup>, nascendo na serra do Mendanha, com o nome de Guandu-do-Sena, que é formado de numerosas nascentes, dentre as quais os córregos Fundão, Pescador, Jequitibá, Bico do Padre, Cachoeiras, Piabas e Bananal. Prosseguindo, o seu curso nomeia-se Rio da Prata do Mendanha até a confluência com o Rio Guandu Sapê, quando passa a se denominar de Guandu-Mirim. Suas águas introduzem no canal D. Pedro II e, seguidamente, no canal Guandu, onde deságua na Baía de Sepetiba. O seu deslocamento total compreende uma extensão de cerca de 40 km. Seus principais afluentes são, na margem esquerda, os Rios Guandu do Sapê e Cabenga, e pela margem direita, os Rios Guarajuba, dos Cachorros e Campinho (COMITÊ GUANDU, 2012).

Uma característica singular da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, sem outro exemplo no Brasil, é a interligação com a Bacia do Rio Paraíba do Sul, uma vez que, a grande parte do volume de água que a compõe é proveniente da transposição, em média, de 120 m<sup>3</sup>/s do Rio Paraíba do Sul, no município de Barra do Pirai (INEA, 2012; XAVIER, 2020).

A fisiografia da Região Hidrográfica II Guandu é composta por duas divisões distintas: o Domínio Serrano, caracterizado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar, na parte sudoeste e nordeste da bacia, além dos maciços, no decurso da faixa costeira na direção N-NE, onde as partes mais elevadas variam entre 200 e 800 metros; e o Domínio da Baixada, uma extensa planície flúvio-marinha, que configura a Baixada de Sepetiba, evidenciando maciços como o do Tinguá, do Gericinó, do Mendanha e encostas do Planalto Brasileiro. Sua variedade paisagística ainda identifica-se um vulcão extinto, situado

na Serra do Mendanha, e as baías de Sepetiba e da Guanabara, aos extremos da bacia. Na localidade da Baixada ressalta-se as colinas baixas e a extensão da planície fluvial do Rio Guandu e do Rio da Guarda (EMBRAPA, 2010; COMITÊ GUANDU, 2012; AGEVAP, 2018; XAVIER, 2020; MIRANDA, 2020).

Entre os dois domínios mencionados, ocorrem ainda colinas residuais de transição, apresentando diversidade paisagística na região. Os solos são ricos em matéria orgânica e água, proporcionando a fertilidade e, com efeito, uma abundante variedade vegetal (LAMEIRA *et al.*, 2010; PAIVA, 2018). A fitofisionomia originária da região da bacia é constituída integralmente de remanescentes do bioma Mata Atlântica, caracterizado por florestas ombrófilas da Serra do Mar até as planícies costeiras, além das áreas inundáveis, manguezais, assim como as restingas estendendo-se por cordões arenosos ao longo do litoral (INEA, 2012; AGEVAP, 2018; XAVIER, 2020; MIRANDA, 2020).

Posto isso, na atualidade, a cobertura de vegetação nativa em fase de avançada regeneração corresponde a cerca de 44% da área da RH II, sendo outros 39% representados por pastagens, 9% por zonas urbanas em diferentes graus de densidade do ecossistema, 4% de vegetação nativa em estágios inicial e médio de regeneração e por solo exposto, enquanto que, menos de 4% são retratados por áreas úmidas, mangues, restingas, cordões arenosos e afloramentos rochosos (INEA, 2012; MIRANDA, 2020).

O clima característico da área é o tropical úmido com temperatura média anual entre 20°C e 27°C e altos índices pluviométricos, do qual a média anual varia de 1.000 mm a 2.300 mm. O período de precipitação pluviométrica máxima ocorre de dezembro a março e o de mínima, de junho a agosto. O mês de julho é considerado o mais seco, com precipitação média mensal de 50 mm, e Janeiro sendo o mais chuvoso, com média mensal de 300 mm (LAMEIRA *et al.*, 2010; PAIVA, 2018).

Diante do exposto, apesar de sua inquestionável importância, a bacia apresenta sérios problemas no seu estado de conservação e preservação que comprometem significativamente a provisão dos serviços ecossistêmicos e, do mesmo modo, a adequada qualidade de suas águas (PAIVA, 2018). Sendo assim, requer uma elaborada e minuciosa engenharia de gestão a fim de possibilitar a viabilidade hídrica (INEA, 2012).

Por força do Decreto Estadual nº 31.178 de 03 de Abril de 2002, foi elaborado o Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu, órgão colegiado associado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que constitui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei Estadual Nº 3.239/99). O Comitê do Guandu se destaca em ser o primeiro Comitê de Bacia Estadual implementado no Estado do Rio de Janeiro. Desde 2002, o

Comitê busca efetuar políticas e projetos em razão da melhoria e manutenção da qualidade e da disponibilidade da água dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, enfatizando uma articulação descentralizada e participativa da gestão dos recursos hídricos desta bacia (INEA, 2012; MIRANDA, 2020; COMITÊ GUANDU, 2022).

Em 2006, foi instituído pela primeira vez o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, instrumento que visa nortear as decisões do Comitê Guandu, correspondendo como fundamento para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos, bem como resoluções para os problemas da RH II. O planejamento foi concluído e autorizado em dezembro de 2018, com a 4ª Reunião Ordinária do Plenário do Comitê Guandu (INEA, 2012; MIRANDA, 2020).

Após 20 anos de existência, o Comitê de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, criado da forma mais dialógica e democrática, tem se empenhado fortemente na busca de soluções ou na minimização dos transtornos recorrentes da bacia. Atualmente, o Comitê Guandu e o Governo do Estado do Rio de Janeiro, mediante a Secretaria de Estado do Ambiente e o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), implementaram o Projeto Sanear Guandu. Esse investimento trata-se de numerosas obras de esgotamento sanitário que favorece o impedimento de que mais de 400 mil litros de esgoto sejam despejados por hora, o equivalente a cerca de 9 milhões e meio de litros por dia diretamente em rios que drenam ou no próprio Rio Guandu. Diante disso, retrata-se uma das maiores problemáticas dessa bacia, o lançamento *in natura* de esgoto em seus corpos de água (COMITÊ GUANDU, 2022).

### 5.1.1 Problemática hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu

Os recorrentes problemas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu sucedem da precariedade de infraestrutura de saneamento básico, causando a contaminação das águas. Nesse sentido, o derramamento *in natura* de esgotos sanitários, juntamente com o lançamento de efluentes industriais, urbanos e agropecuários, somados à ineficiência de um adequado esgotamento sanitário, está causando a degradação constante dos mananciais dessa bacia. Os Rios Queimados, Poços e Ipiranga, por exemplo, que constituem os afluentes do baixo Guandu, recebem os efluentes do conjunto industrial de Queimados, como também do esgoto de uma parte da Baixada Fluminense, cujos municípios expressam baixos índices de tratamento do esgoto sanitário (PAIVA BRITTO; QUINTSLR, 2017; XAVIER, 2020).

Á vista disso, diante dos transtornos referentes à condição da qualidade hídrica, ressalta-se o episódio ocorrido no início de 2020, quando se constatou alta turbidez, odor e sabor desagradáveis na água de abastecimento da população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Essas alterações foram associadas à presença de geosmina, um composto orgânico sintetizado por alguns microrganismos, como as cianobactérias (algas azuis). As florações de cianobactérias ou “blooms” ocorrem mediante o crescimento exacerbado da concentração de matéria orgânica, em consequência do despejo de efluentes domésticos e industriais, como também de fertilizantes agrícolas introduzidos diretamente nos corpos de água. Logo, a constatação desses microrganismos, bem como suas substâncias químicas produzidas são indicadores de mananciais eutrofizados (FUNASA, 2003; SAMPAIO, 2008; XAVIER, 2020; MICROAMBIENTAL, 2021).

O ecossistema hídrico recebe, mantém e converte naturalmente os fluxos de água e sedimentos, dispondo-se da capacidade de decompor a matéria orgânica formada a partir das atividades antropogênicas. No entanto, em condições extremas com a introdução demasiada de material orgânico, a capacidade de homeostase é afetada, acarretando o desequilíbrio na automanutenção, o que causa o processo de eutrofização ou também de hipereutrofização, tornando-se um ambiente fétido e impróprio, prejudicando a sustentação de toda a biota aquática. Diante disso, essa conjuntura hídrica foi evidenciada na crise hídrica de 2020, que, em virtude do estado inadequado da qualidade de água, impossibilitou a realização do abastecimento dos habitantes da Região Hidrográfica II Guandu (SAMPALHO, 2008; CARVALHO, 2017; ANA, 2017; AGEVAP, 2018; XAVIER, 2020).

Além da geosmina foi verificada a presença de 2-metilisoborneol (MIB), sendo que a junção desses compostos confere gosto de terra e mofo à água, respectivamente. Esses metabólitos odíferos associados às cianobactérias são considerados os principais problemas enfrentados atualmente. A remoção de gosto e odor em águas de abastecimento é um trabalho complexo, uma vez que a MIB e a geosmina são persistentes ao tratamento convencional de água, que corresponde à coagulação, sedimentação e filtração (MA *et al.*, 2018). Portanto, na atualidade, os métodos mais empregados são os procedimentos com ozônio e carvão ativado. Embora o tratamento com carvão ativado remova esses compostos, a utilização desse mecanismo torna-se oneroso e ambientalmente insustentável para uma aplicação ininterrupta (COSTA, 2019; SOTERO-MARTINS *et al.*, 2021).

Um estudo recente enfatiza, ainda, a existência acentuada de antimicrobianos nos mananciais da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Os antimicrobianos são amplamente utilizados e cerca de 70 a 80% das doses ingeridas são excretadas inalteradas e inseridas nos

corpos de água, principalmente mediante o derramamento dos efluentes hospitalares e das indústrias farmacêuticas. O descarte de resíduos antimicrobianos em ambientes hídricos ocasiona danos na biodiversidade e no desempenho ecossistêmico, como também no desenvolvimento de uma resistência bacteriana. Desse modo, essa contaminação afeta a composição microbiana, com implicações na qualidade hídrica e no comprometimento de um abastecimento seguro de água potável (BIANCO *et al.*, 2022).

Os transtornos no abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro são históricos, desde os primórdios do Brasil colônia até os dias atuais. As soluções adotadas para combater a falta de água vertiam desde os mananciais de serra até aos rios extensos que atravessam o Estado, sendo o município do Rio de Janeiro o mais beneficiado. No entanto, atualmente, o Rio Guandu é considerado a única solução viável para o abastecimento, devido à inexistência de outras fontes além daquelas que já abastecem a região. Nesse contexto, essas fontes são na sua maioria integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, que passou a apresentar, no início do século XX, um aumento da sua vazão natural mínima com a transposição dos Rios Pirai e Paraíba do Sul (COELHO *et al.*, 2016).

Há uma progressiva dependência do abastecimento do Rio de Janeiro e dos municípios da Baixada Fluminense do sistema de captação Guandu, que está sucessivamente sendo ampliada desde a década de 1950, com um imenso investimento de recursos públicos no crescimento da sua vazão (PAIVA BRITTO; QUINTSLR, 2017). O abastecimento da Região Hidrográfica II Guandu ocorre em função do Complexo Hidrelétrico de Lajes, o maior agrupamento de infraestruturas hidráulicas do Estado do Rio de Janeiro. Embora disponha de uma relevância no setor elétrico, o intuito da sua construção ocorre no abastecimento hídrico, apresentando uma grande influência. Nesse sentido, o Complexo Hidrelétrico de Lajes é constituído por cinco usinas, sendo três geradoras (Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos) e duas elevatórias (Santa Cecília e Vigário), e seis reservatórios de água. As usinas elevatórias são as responsáveis da transposição dos Rios Paraíba do Sul e Pirai, inerentes à bacia do Rio Paraíba do Sul para a bacia do Rio Guandu (AGEVAP, 2018; XAVIER, 2020).

A estimativa de habitantes atendidos pelo sistema público de abastecimento é de 96,5% na Região Hidrográfica II Guandu. Excluindo-se o Rio de Janeiro, que apresenta a maior taxa de abastecimento da RH II Guandu, esse percentual reduz para 89,4%, um valor abaixo da média da região Sudeste (91,2%). Esse déficit no atendimento resulta na providência de fontes alternativas de abastecimento por uma parcela da população. Recentemente, foram reconhecidas mais de cinquenta minas d'água usufruídas para o abastecimento humano na RH II Guandu. Nesse contexto, estima-se que para o fornecimento

hídrico sejam retirados  $89,07\text{m}^3\text{s}^{-1}$  para atendimento dos principais usuários de água: abastecimento urbano ( $54,15\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ), termelétricas ( $30,08\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) e indústrias ( $4,42\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ). (AGEVAP, 2017; AGEVAP, 2018; XAVIER, 2020).

Em razão disso, um dos cenários tendenciais da demanda hídrica é o comprometimento total da água disponível até 2030, necessitando assim de um aumento imediato da ordem de  $3.000\text{Ls}^{-1}$  no território atendido da Região Hidrográfica II Guandu. Diante disso, a ausência de um saneamento básico satisfatório como uma distribuição regular da água e o acrescento de estações de tratamento de esgoto, causa modificações nas características físicas, químicas e biológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, o que resulta em implicações na qualidade hídrica e conseqüentemente suas águas tornam-se difíceis de tratar, sendo assim, carece de atuações que possibilitam evitar essa problemática (INEA, 2014; IPEA, 2017; XAVIER, 2020).

Nesse sentido, tornam-se importantes as ações de monitoramento contínuo da qualidade das águas como ferramenta para o manejo correto dos recursos hídricos e no subsídio de diretrizes em relação às políticas públicas de meio ambiente, influenciando no maior controle do derramamento de esgoto nos mananciais. Para isso, o monitoramento compreende a avaliação constante das concentrações de diversas variáveis, que, por sua vez, auxiliam na caracterização do estado hídrico. Sendo assim, o estudo desses dados e informações corroboram conhecimento e na melhor gestão dos ambientes hídricos (BISNAS, 1990; GONÇALVES, 2004; MAROTTA *et al.*, 2008; GRUNITZKI *et al.*, 2013; POMPÊO *et al.*, 2015).



## 6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

Para a compreensão ecológica da qualidade das águas e na instauração de um sistema de monitoramento, é necessária a aplicação de procedimentos simples que possam fornecer informações objetivas e interpretáveis. Neste contexto, a utilização de índices de qualidade de água é um meio satisfatório de monitoramento dos recursos hídricos no decorrer de uma bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002; PRADO; DI LULLO, 2007).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é caracterizado como um indicador de classificação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e tem sido amplamente utilizado na avaliação e categorização hídrica, além de expressar uma atribuição significativa na gestão dos recursos hídricos. O cálculo desse indicador viabiliza uma abordagem eficiente e emprega técnicas de agregação que possibilitam a conversão de dados extensos em um único valor ou índice (ASADOLLAH *et al.*, 2021; UDDIN *et al.*, 2021).

Desse modo, o IQA é um instrumento matemático que viabiliza a representação do nível de qualidade da água tomando-se a média de diversas variáveis em um único número. Sendo assim, o propósito de um índice não é descrever separadamente a concentração de um determinado parâmetro e sim sintetizar uma realidade complexa, atuando como um identificador dos transtornos com a qualidade das águas, bem como uma ferramenta de estudo e gestão ambiental. Sendo assim, o desenvolvimento de um IQA torna-se um facilitador na compreensão do estado hídrico, como também na comunicação com o público não técnico sobre a caracterização de um manancial (PRADO; DI LULLO, 2007; PINTO, 2011).

Em 1965, o primeiro índice de qualidade de água foi proposto pelo pesquisador alemão Horton. Desde então, entidades ambientais vêm apoiando o desenvolvimento e uso de índices, com o intuito de assegurar o conhecimento da conjuntura hídrica para os diversos setores, principalmente o setor de gestão dos recursos hídricos e o setor de abastecimento público, visando o acompanhamento e controle da poluição (MENEZES *et al.*, 2013; MIRANDA, 2020).

Um IQA normalmente consiste em quatro processos ou componentes na sua formulação. Primeiro, são selecionados os parâmetros de qualidade da água de interesse, de forma a avaliar o estado hídrico. Em segundo, os dados obtidos são analisados e para cada variáveis concentrações são convertidas em um subíndice adimensional de valor

único. Posteriormente, o terceiro processo é a determinação do fator de ponderação para cada indicador de qualidade da água e, em quarto, um índice final de valor único é calculado por uma função que integra os subíndices e fatores de ponderação para todos os parâmetros averiguados, resultando na classificação da condição hídrica(UDDIN *et al.*, 2021).

No Brasil, o interesse pelos índices de qualidade de água fortaleceu a partir de 1972, quando o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) expressou em seu relatório anual a importância e necessidade do uso desses índices para monitoramento do meio ambiente. Perante o exposto, o índice que obteve grande aceitação, passando a ser o mais difundido foi a fórmula do Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation*(PRADO; DI LULLO, 2007).

### 6.1 Índice da *National Sanitation Foundation*

Em 1970, Brown, McClelland, Deininger e Tozer com a contribuição da *National Sanitation Foundation*, desenvolveram o denominado Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* (IQA<sub>NSF</sub>). O estudo utilizou-se do método de *Delphi* da *Rand Corporation*, por meio das respostas a inúmeros questionários, a fim de comparar e combinar as opiniões de 142 especialistas em gestão de qualidade hídrica, com vistas à obtenção de um consenso e ao estabelecimento de um novo índice (BROWN *et al.*, 1970; WEINBERG, 2013; MIRANDA, 2020).

Os especialistas avaliaram e deliberaram sobre a incorporação de variáveis analíticas de qualidade de água para a composição do IQA<sub>NSF</sub>. Nesse sentido, nove variáveis foram selecionadas na constituição do índice, e, portanto, consideradas relevantes na aferição do estado hídrico, sendo essas: Coliformes Fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fosfato, Nitrato, Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico, Sólidos Totais, Temperatura e Turbidez. Além disso, foi definido um peso relativo na representação de cada variável analítica (Tabela 1). E, finalmente, os especialistas instituíram curvas de variação da qualidade das águas em conformidade com a condição de cada variável analítica (Figura 4). À vista disso, as curvas de variação, bem como seus pesos relativos correspondentes, foram verificadas como a melhor versão do índice realizado a partir dos especialistas questionados(LERMONTOV, 2009; WEINBERG, 2013; LIMA, 2021). Diante do exposto, segue a fórmula (aditiva) original do índice:

$$IQANSF = \sum_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

Onde:

$IQANSF$  = Índice de Qualidade de Água, número entre 0 e 100;

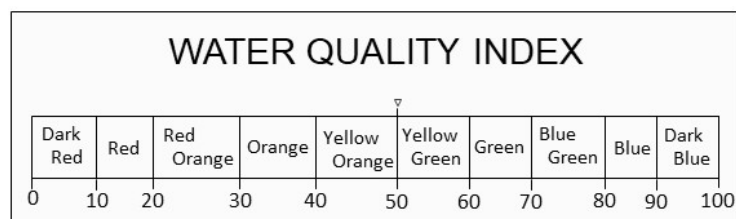
$qi$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade;

$wi$  = peso unitário do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

$n$  = número de parâmetros.

Brown *et al.* (1970), expressaram ainda, a viabilidade da utilização de uma escala de espectro de cores com o propósito de elucidar a condição hídrica resultante dos valores obtidos por meio do cálculo do  $QA_{NSF}$ . De modo geral, a cor azul escuro retratava a melhor qualidade de água, a cor amarela representava uma água de qualidade média e a cor vermelha como a pior qualidade hídrica (Figura 3).

Figura 3– Escala de cores do  $QA_{NSF}$



Fonte: Adaptado de Brown *et al.*, 1970.

No suceder da aplicabilidade do  $IQA_{NSF}$ , observou-se a necessidade de uma nova configuração do cálculo do índice devido à ausência de uma sensibilidade na análise das variáveis que evidenciavam valores extremos, e, sendo assim, os autores Brown *et al.* (1973), apresentaram uma versão multiplicativa, a qual é a mais adotada no Brasil (OLIVEIRA, 2017). Desse modo, segue fórmula (multiplicativa) do índice:

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (2)$$

Onde:

$IQA_{NSF}$  = Índice de Qualidade de Água, valor entre 0 e 100;

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

$wi$  = 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:

$$\sum_{i=1}^n wi = 1 \quad (3)$$

$n$  = número de parâmetros, sendo que o somatório dos mesmos deve ser igual a 1 (um).

Tabela 1—Parâmetros do  $IQA_{NSF}$  e seus respectivos pesos ( $wi$ ) originais

Parâmetros	Pesos ( $wi$ )
Coliformes Fecais	0,15
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Fosfato	0,10
Nitrato	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08

Fonte: Adaptado de Brown *et al.*, 1970.

Segundo Brown *et al.* (1970), o  $IQA_{NSF}$  possibilita com uma única expressão numérica retratar a influência dos parâmetros de qualidade de água. Dessa forma, o índice viabiliza um mecanismo significativo e uniforme de averiguação da qualidade global de um curso de água, e, assim, proporcionando a comparação do estado hídrico de diversos mananciais em diferentes pontos no espaço e no tempo, além de aferir o progresso ou até mesmo a ausência no desenvolvimento e melhoria em programas de redução da poluição das águas. Os autores destacam, ainda, que o índice exerce uma atribuição fundamental no processo de monitoramento da qualidade das águas, bem como na educação ambiental, uma vez que, a configuração do índice proporciona um claro entendimento para os órgãos gestores, bem como para a comunidade em geral (OLIVEIRA, 2017).

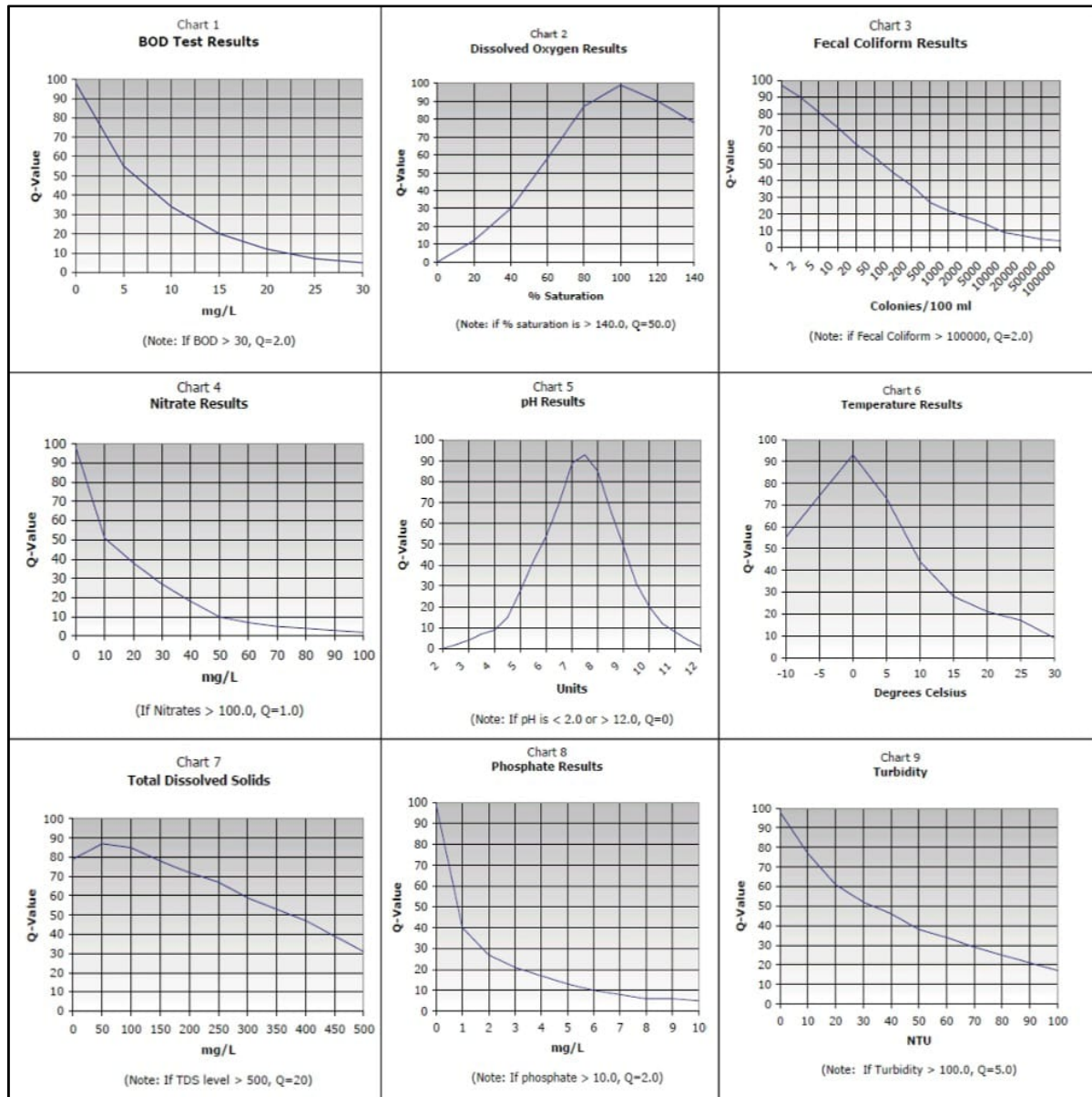
O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) utiliza como modelo o Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* ( $IQA_{NSF}$ ) no monitoramento das águas no Estado do Rio de Janeiro. No entanto, atendendo a realidade do Estado, o índice teve minuciosas modificações, no que tange à nomenclatura de alguns parâmetros e no valor fixo de alguns pesos (Tabela 2) (LIMA, 2021). Sendo assim, o INEA emprega de igual modo as fórmulas (2 e 3) do  $IQA_{NSF}$ , bem como as curvas de variação e também aplica a escala de cores na representação da condição hídrica avaliada. Logo, a partir dos dados do monitoramento, são produzidos periódicos Boletins de Qualidade das Águas das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, que dispõem sobre a conjuntura hídrica dos corpos de água, incluindo, assim, a Região Hidrográfica II Guandu (MIRANDA, 2020).

Portanto, o INEA se utiliza das nove variáveis consideradas fundamentais na avaliação da qualidade de água, sendo essas: Coliformes Termotolerantes (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fosfato Total (PT), Nitrato ( $NO_3$ ), Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura ( $^{\circ}C$ ) e Turbidez (T). Para cada variável é formada uma curva de qualidade, que correlaciona sua concentração a uma nota de zero a cem (Figura 4). Além do valor obtido em cada parâmetro observado na curva de qualidade, também é atribuído a cada um desses um peso relativo fixo (Tabela 2). Dessa forma, o cálculo é definido mediante o produto ponderado das nove variáveis indicadas, elevadas ao seu respectivo peso. O resultado desse cálculo categoriza em “muito ruim” ( $25 > IQA \geq 0$ ), “ruim” ( $50 > IQA \geq 25$ ), “média” ( $70 > IQA \geq 50$ ), “boa” ( $90 > IQA \geq 70$ ) ou “excelente” ( $100 \geq IQA \geq 90$ ) a qualidade de água, e adota uma faixa de cor representando os níveis de estado hídrico (Quadro 2) (INEA, 2019).

Tabela 2–Parâmetros do IQA<sub>INEA</sub> e seus respectivos pesos (*w<sub>i</sub>*)

<b>Parâmetros</b>	<b>Pesos (<i>w<sub>i</sub></i>)</b>	<b>Unidade de medida</b>
Coliformes Termotolerantes	0,16	NMP/100mL
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,11	mg/L O <sub>2</sub>
Fosfato Total	0,10	mg/L
Nitrato	0,10	mg/L
Oxigênio Dissolvido	0,17	% Saturação
Potencial Hidrogeniônico	0,11	--
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07	mg/L
Temperatura	0,10	°C
Turbidez	0,08	uT

Fonte: Adaptado de INEA, 2019.

Figura4–Curvas de variação de cada parâmetro e suas diretrizes (IQA<sub>NSFe</sub>eIQA<sub>INEA</sub>)

Fonte: PathFinder Science, 2018; Silveira, 2018.

Quadro 2–Níveis de qualidade de água e suas respectivas faixas de coloração

Categoria de Resultados	IQA <sub>INEA</sub>	Faixas
Excelente	$100 \geq IQA \geq 90$	
Boa	$90 > IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA \geq 50$	
Ruim	$50 > IQA \geq 25$	
Muito Ruim	$25 > IQA \geq 0$	

Fonte: Adaptado de INEA, 2019.

As entidades como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) do Estado do Rio Grande do Sul, e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) utilizam como referência o modelo do IQA<sub>NSF</sub> na verificação da condição das águas. Contudo, tais organizações providenciaram, também, adaptações no índice da *National Sanitation Foundation*, diante da necessidade de uma avaliação que observasse as particularidades das águas de suas respectivas localidades. Nesse sentido, as modificações foram efetuadas quanto a determinadas variáveis, pesos fixos e na classificação da escala de cores (SANTINI, 2017; OLIVEIRA, 2017; MIRANDA, 2020).

A CETESB, por exemplo, após as alterações realizadas no IQA<sub>NSF</sub> original, passou a adotar o nome de IQA<sub>CETESB</sub>. Desse modo, o índice da CETESB dispõe da substituição da variável fosfato pelo fósforo total e do nitrato pelo nitrogênio total, além de apresentar mudanças na faixa de coloração, que expressam a conjuntura hídrica (LIMA, 2021). Nesse contexto, os Estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco e São Paulo utilizam a escala de cores de qualidade das águas aplicada pela CETESB, enquanto os Estados de Alagoas, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul empregam a classificação da *National Sanitation Foundation* (SILVEIRA, 2018).

O número de estudos com relação à determinação da qualidade das águas por meio de índices está cada vez mais crescente na atualidade devido à relevância do conhecimento da caracterização dos ambientes hídricos. A adaptação ou ajuste de índices representam a necessidade de resultados mais fidedignos com a situação do ecossistema hídrico estudado, conforme as especificidades e as peculiaridades de cada caso (ROCHA *et al.*, 2014; MIRANDA, 2020).

À vista disso, podemos descrever os trabalhos de Moretto *et al.* (2012), Ferreira *et al.* (2015), Santini (2017) e Ceconello *et al.* (2018), os quais realizaram ajustes do IQA para uma bacia hidrográfica, bem como para reservatórios e arroio, em busca de atender as características ambientais de seus devidos casos de avaliação. Desse modo, os trabalhos desenvolvidos ressaltam e evidenciam a importância de tais estudos em retratar a realidade da conjuntura de um determinado sistema hídrico.



## 7 OBJETIVOS

### 7.1 Geral

Adequar o modelo de Índice de Qualidade de Água da *National Sanitation Foundation* ( $IQA_{NSF}$ ), utilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) na avaliação das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, com o intuito de diagnosticar com mais exatidão a conjuntura hídrica dessa bacia.

### 7.2 Específicos

- Calibrar os respectivos pesos ( $w_i$ ) de cada um dos parâmetros utilizados no  $IQA_{INEA}$ , sendo esses: Coliformes Termotolerantes (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fosfato Total (PT), Nitrato ( $NO_3$ ), Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura ( $^{\circ}C$ ) e Turbidez (T);
- Desenvolvimento do  $IQA_{GUANDU-T}$  (utilização da variável de temperatura);
- Proposta de um índice adicional sem a variável de temperatura, nomeado de  $IQA_{GUANDU}$ ;
- Avaliar as mesmas amostras selecionadas com o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$ ;
- Comparar os valores obtidos entre o  $IQA_{INEA}$ , o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$  a fim de averiguar divergências significativas.

## 8 MATERIAL E MÉTODOS

### 8.1 Seleção de dados

O estudo utilizou como fonte os dados amostrais dos Boletins de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II Guandu, disponíveis no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), a saber: <http://www.inea.rj.gov.br/rh-ii-guandu/>. A seleção de dados compreendeu os anos de 2018 e de 2019 (Anexo A e B), os quais foram definidos em razão de, na sua totalidade, apresentarem um número maior de amostras devidamente íntegras (amostras apresentando as respectivas concentrações ou medidas de cada uma das nove variáveis avaliadas, ou seja, amostras com resultados completos para tornar viável a realização do cálculo do IQA). Dessa forma, cada um dos períodos selecionados integram vinte e seis estações de amostragens (CA140, EN670, GM180, GN200, GN201, GR100, IG010, IG301, IT040, IU100, LG350, LG351, MC410, PI0241, PM360, PO290, PR000, QM270, QM271, SA030, SC490, SF080, SH300, SN331, SP310 e VS660), que abrangem vinte e três corpos de água (Rio Cação, Rio Engenho Velho, Rio Guandu-Mirim, Rio Guandu, Rio da Guarda, Rio Ingaíba, Rio Itaguaí, Canal do Itá, Rio Itinguçu, Ribeirão das Lajes, Rio Macaco, Rio Pirai, Rio Piranema, Rio dos Poços, Rio Piraquê, Rio Queimados, Rio Santo Antônio, Rio do Saco, Canal de São Francisco, Rio Sahy, Rio Santana, Rio São Pedro e Vala do Sangue) (Quadro 3 e Figura 5), constituindo um total de 254 amostras da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Quadro 3 – Pontos amostrais e suas respectivas localizações e coordenadas geográficas (continua)

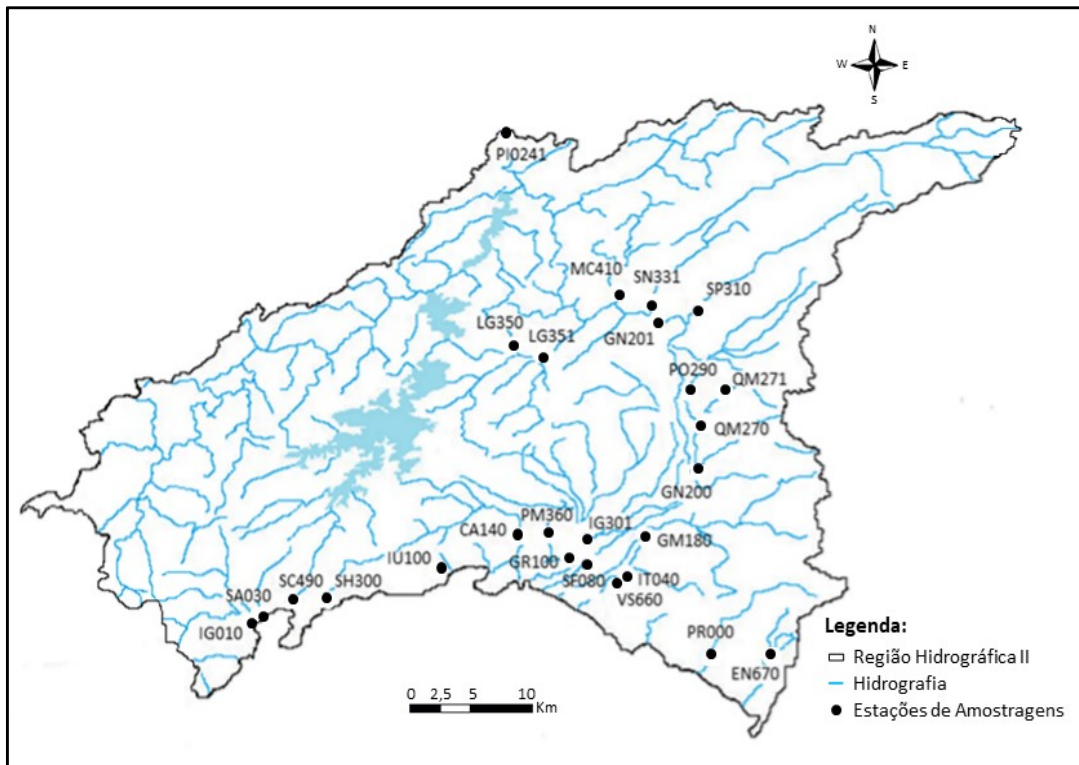
<b>Estação</b>	<b>Localização</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
CA140	Rio Cação	Itaguaí	-22,87220000	-43,80649722
EN670	Rio Engenho Velho	Rio de Janeiro	-22,99221389	-43,54509444
GM180	Rio Guandu-Mirim	Rio de Janeiro	-22,87269722	-43,67620000
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	-22,80936944	-43,62728611
GN201	Rio Guandu	Seropédica	-22,65720000	-43,66421944
GR100	Rio da Guarda	Itaguaí	-22,88918889	-43,75375833
IG010	Rio Ingaíba	Mangaratiba	-22,95652778	-44,08701944
IG301	Rio Itaguaí	Itaguaí	-22,87314167	-43,74267222
IT040	Canal do Itá	Rio de Janeiro	-22,90948056	-43,69575556

Quadro 3 – Pontos amostrais e suas respectivas localizações e coordenadas geográficas (conclusão)

IU100	Rio Itinguçú	Mangaratiba	-22,90672778	-43,88928056
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	-22,68235278	-43,81666389
LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambi	-22,69215278	-43,78428611
MC410	Rio Macaco	Paracambi	-22,62812500	-43,70334444
PI0241	Rio Piraí	Barra do Piraí	-22,46770833	-43,82691111
PM360	Rio Piranema	Itaguaí	-22,87015833	-43,78251944
PO290	Rio dos Poços	Queimados	-22,72925833	-43,62951944
PR000	Rio Piraquê	Rio de Janeiro	-22,99328333	-43,60694444
QM270	Rio Queimados	Queimados	-22,75976944	-43,61583056
QM271	Rio Queimados	Queimados	-22,73036667	-43,59254444
SA030	Rio Santo Antônio	Mangaratiba	-22,95056667	-44,07645833
SC490	Rio do Saco	Mangaratiba	-22,93880833	-44,04639722
SF080	Canal de São Francisco	Rio de Janeiro	-22,89739167	-43,73498889
SH300	Rio Sahy	Mangaratiba	-22,93800000	-44,00388889
SN331	Rio Santana	Paracambi	-22,63714167	-43,66818056
SP310	Rio São Pedro	Japeri	-22,64249722	-43,62298889
VS660	Vala do Sangue	Rio de Janeiro	-22,91993056	-43,70376389

Fonte: Adaptado de INEA, 2018; INEA, 2019; INEA, 2021.

Figura 5 – Estações de amostragens da Região Hidrográfica II Guandu



Fonte: Adaptado de INEA, 2023.

Os dados brutos amostrais foram compilados para uma Planilha do *Microsoft Excel*, de forma a facilitar a avaliação inicial das amostras. Nesse contexto, foi verificada a necessidade da conversão dos valores de Oxigênio Dissolvido (OD), uma vez que esse parâmetro encontrava-se em uma unidade de medida (mg/L) diferente da utilizada no cálculo do  $IQA_{INEA}$  (% de saturação) e, diante disso, todos os valores amostrais de OD foram transformados em porcentagem de saturação, por meio de equações de conversão efetuadas com o auxílio do Programa Graphpad Prism.

À vista disso, foram também convertidos os dados amostrais de determinados indicadores de qualidade (Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fosfato Total, Nitrato e Sólidos Totais Dissolvidos) que não estavam expressos com valores específicos ( $>1.600.000$ ;  $<18$ ;  $<2,0$ ;  $<0,2$ ;  $<0,02$  e  $<0,01$ ) e, portanto, foram modificados, de modo, a possibilitar a utilização dos mesmos, a saber:  $>1.600.000 = 1.600.001$ ;  $<18 = 17,99$ ;  $<2,0 = 1,99$ ;  $<0,2 = 0,19$ ;  $<0,02 = 0,019$  e  $<0,01 = 0,009$ .

Posto isso, identificou-se, ainda, amostras apresentando dados inconsistentes, as quais foram, portanto, removidas do estudo. Esses dados foram observados no ano de 2018 e 2019, no parâmetro de Coliformes Termotolerantes, sendo dois valores ( $>16.000$ ) e um valor (10) respectivamente. Sendo assim, a seleção de dados que incluíam um total de 257 amostras passou a apresentar 254 amostras com valores satisfatórios.

## 8.2 Pesos do IQA

Por conseguinte, o estudo se dedicou na calibração de cada um dos pesos das variáveis integrantes do índice  $IQA_{INEA}$ . Para isso, utilizou-se os dados brutos amostrais do ano de 2018, de forma a atender às condições hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Em vista disso, foram observadas as metodologias adotadas em trabalhos anteriores, que retratavam um intuito similar e, assim, asseguraram o desenvolvimento deste estudo.

Nesse sentido, o trabalho de Moretto *et al.* (2012), Ferreira *et al.* (2015), Santini (2017) e Ceconello *et al.* (2018) utilizaram a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP), com a finalidade de calibrar o IQA. Dessa forma, este estudo utilizou a técnica de Análise Fatorial via ACP (AF/ACP) mediante o manuseio do “RStudio”, um software livre com linguagem de programação em “R”.

Posto isso, essa técnica de estatística multivariada viabiliza a diminuição da dimensionalidade de dados, auxiliando, conseqüentemente, na sua visualização sem uma perda significativa de informações, além de determinar as variáveis de maior influência na análise, como descrito em Pinto (2011). Desse modo, a AF/ACP atua na verificação de como cada variável contribui na variância dos dados, possibilitando observar o grau de influência dos indicadores nas amostras avaliadas.

No trabalho de Ferreira *et al.* (2015) e Santini (2017) foi empregado, ainda, um método complementar, intitulado de Transformação Ortogonal Varimax (rotação varimax). Segundo Santini (2017), esse método consiste na transformação ortogonal empregada em álgebra matricial para rotacionar os eixos com os fatores.

Para conferir autenticidade à AF/ACP, foram realizados o critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett. Segundo Ferreira *et al.* (2015), o KMO auxilia na verificação da proporção da variância dos indicadores, que pode ser explicada pelos fatores, ou seja, uma avaliação da conformidade dos dados à aplicação da AF/ACP. Assim sendo, a aferição ocorre por meio da equação KMO:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} x \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} x \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} x \sum a_{ij}^2} \quad (4)$$

Onde:

$r_{ij}$  = coeficiente de correlação simples entre a variável  $i$  e  $j$ ;

$a_{ij}$  = coeficiente de correlação parcial entre a variável  $i$  e  $j$ .

Com efeito, o valor do peso ( $w_i$ ) de cada variável será atribuído em função do autovalor do componente (raiz característica) associado ao peso de cada variável, em razão dos componentes principais extraídos representados pelos autovetores (Equação 5). O autovalor é então empregado como critério de ponderação, em virtude de expressar os fatores que, por sua vez, compreendemos níveis distintos das variâncias dos indicadores (FERREIRA *et al.*, 2015). Ressalta-se a obrigatoriedade do somatório dos pesos apresentarem um valor igual a um (1).

$$W_i = \frac{(F_1.C_1) + (F_2.C_2) + \dots + (F_n.C_n)}{(F_1.\Sigma_i C_1) + (F_2.\Sigma_i C_2) + \dots + (F_n.\Sigma_i C_n)} \quad (5)$$

Onde:

$W_i$  = peso a ser associado a cada parâmetro de qualidade de água;

$F_i$  = autovalor de cada fator;

$C_i$  = explicabilidade da variável em relação ao componente principal.

### 8.3 Dados de $qi$

De acordo com Brown *et al.* (1970), além do peso fixo ( $w_i$ ), cada variável apresenta um valor de qualidade ( $q$ ) obtido por meio da curva média de cada variável analítica, em função da sua concentração ou medida (Figura 4). Em virtude disso, a extração dos dados de  $qi$  são indispensáveis na execução do cálculo de um Índice de Qualidade de Água (IQA).

Sendo assim, o estudo ainda dedicou-se na extração dos valores dos dados de  $qi$  (Apêndice A e B), os quais foram extraídos a partir dos dados brutos das amostras dos anos de 2018 e 2019, do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (Anexo A e B). Desse modo, os referidos valores foram gerados com a utilização do Aplicativo Online Plotdigitizer, disponível em: <https://plotdigitizer.com/app>.

Diante disso, ressalta-se que o estudo necessitou efetuar o referido método, uma vez que não foi encontrado nenhum direcionamento metodológico de como o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) realiza a obtenção dos valores de  $qi$ . Sendo assim, foi adotado este procedimento padrão, de forma a assegurar a obtenção dos mesmos 2.286 (correspondente aos dados das nove variáveis das 254 amostras de 2018 e 2019) dados de  $qi$ , e, assim, as comparações posteriormente realizadas entre o  $IQA_{INEA}$ , o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$  possam se basear somente nas diferenças dos seus respectivos pesos fixos.

Posto isso, no decorrer da extração dos valores de  $qi$  foram implementadas as “observações” utilizadas pelo INEA (Figura 4). Essas “observações” correspondem aos critérios de cada indicador diante de determinadas concentrações, que excedem a numeração limite das curvas médias de qualidade.

À vista disso, as especificações descrevem, a saber: se a concentração de Coliformes Termotolerantes (CT) for superior a 100.000 NMP/100 mL<sup>-1</sup>, o valor de  $q$  será 2; no caso da

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) for maior que  $30 \text{ mg/L}^{-1}$ , o valor de  $q$  será igual a 2; na condição da concentração de Fosfato Total (PT) for superior a  $10 \text{ mg/L}^{-1}$ , o valor de  $q$  será igual a 2; se a concentração de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) for maior que  $100 \text{ mg/L}^{-1}$ , o valor de  $q$  será igual a 1; quando a porcentagem (%) de saturação do Oxigênio Dissolvido (OD) for maior que 140, o valor de  $q$  será 50; se o Potencial Hidrogeniônico (pH) for inferior a 2 ou superior a 12, o valor de  $q$  será zero; quando a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) for superior a  $500 \text{ mg/L}^{-1}$ , o valor de  $q$  será 20; caso a Turbidez (T) da amostra for superior a 100 uT (ou NTU), o valor de  $q$  será igual a 5; e o valor da temperatura corresponderá a diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura medida do ar (INEA, 2019).

Portanto, a Equação (2) e os  $w_i$  fixos calibrados ( $\text{IQA}_{\text{GUANDU-T}}$  e  $\text{IQA}_{\text{GUANDU}}$ ), bem como os valores de  $q_i$  gerados, foram aplicados em uma Planilha do *Microsoft Excel*. Logo, foram executados os cálculos de classificação do estado hídrico das águas (IQA) da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu às mesmas amostras dos anos (2018 e 2019) selecionados.

#### 8.4 Análise dos dados

Os resultados obtidos com o  $\text{IQA}_{\text{GUANDU-T}}$  e o  $\text{IQA}_{\text{GUANDU}}$  foram comparados com os valores do  $\text{IQA}_{\text{INEA}}$ , mediante a realização de análises estatísticas no software GraphPad Prism na versão 5.0, utilizando os gráficos de boxplot ou diagrama de caixas. Nesse sentido, foi empregado um método não paramétrico, que corresponde ao teste de Kruskal-Wallis e um teste decorrente, denominado de Dunn (Gráfico 2 e 3).

Por conseguinte, também foram efetuadas análises com o intuito de verificar a existência de um desvio negativo consistente entre o  $\text{IQA}_{\text{GUANDU-T}}$  e  $\text{IQA}_{\text{GUANDU}}$  em relação ao  $\text{IQA}_{\text{INEA}}$ . Para isso, utilizou-se o teste de Wilcoxon, um procedimento não paramétrico de hipóteses. Nessa finalidade, o critério conferido foi um valor hipotético de zero para cada índice avaliado ( $\text{IQA}_{\text{INEA}}$ ,  $\text{IQA}_{\text{GUANDU-T}}$  e  $\text{IQA}_{\text{GUANDU}}$ ), em virtude de evidenciar desvios significativamente diferentes de zero (Gráfico 4 e 5).

Por fim, realizou-se uma correlação entre o  $\text{IQA}_{\text{INEA}}$  fornecido (valores de IQA do Instituto Estadual do Ambiente) e o  $\text{IQA}_{\text{INEA}}$  calculado (valores de IQA gerados mediante a obtenção dos dados de  $q_i$ ), de modo a aferir a ocorrência de concordâncias dos valores resultantes da classificação do estado hídrico (Gráfico 6).

## 9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 9.1 IQA<sub>GUANDU-T</sub>

O critério de Kayser Mayer Olkim (KMO) para verificar a conformidade dos dados selecionados constatou um KMO adequado (0,80), uma vez que Silveira e Andrade (2002) indicaram intervalos de critério para os resultados do KMO, sendo: inaceitável ( $KMO < 0,50$ ), admissível ( $0,50 < KMO < 0,70$ ), adequado ( $0,70 < KMO < 0,90$ ) e excelente ( $KMO > 0,90$ ). À vista disso, o teste de esfericidade de Bartlett resultou também em um valor adequado ( $p < 0,05$ ). Sendo assim, com os dados avaliados como adequados, a Análise Fatorial via Componentes Principais (AF/ACP) tornou-se viável.

Logo, os processos a seguir executados foram também encontrados nos trabalhos de Moretto *et al.* (2012), Ferreira *et al.* (2015), Santini (2017) e Cecconello *et al.* (2018), os quais também realizam calibrações do IQA. Desse modo, foram desenvolvidos os autovetores, dos quais, por sua vez, são obtidos os autovalores, que representam a variância de cada um dos componentes principais (Quadro 4).

Quadro 4– Os autovetores e obtenção dos autovalores (IQA<sub>GUANDU-T</sub>)

Variáveis	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
DBO	0,50	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,31	0,78	0,21
PT	0,51	-0,03	0,01	-0,03	-0,07	-0,05	0,17	-0,17	-0,82
Nitrato	-0,15	-0,49	0,42	-0,09	0,45	0,54	0,24	-0,04	-0,08
OD	-0,46	0,06	-0,16	0,03	-0,15	-0,20	0,83	0,01	-0,09
pH	0,00	0,06	-0,57	-0,75	0,29	0,14	-0,01	0,04	-0,02
Turbidez	0,01	-0,52	0,32	-0,52	-0,43	-0,41	-0,04	0,06	0,09
CT	0,50	0,03	0,01	-0,04	0,05	-0,02	0,35	-0,60	0,51
STD	-0,05	0,53	0,35	-0,32	-0,48	0,51	0,05	-0,02	-0,01
Temperatura	0,05	-0,46	-0,49	0,22	-0,53	0,47	-0,02	-0,03	0,05
<b>Autovalores</b>	<b>3,47</b>	<b>1,39</b>	<b>1,22</b>	<b>0,92</b>	<b>0,76</b>	<b>0,71</b>	<b>0,28</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>

Legenda: Componente (C); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Fosfato Total (PT); Oxigênio Dissolvido (OD); Potencial Hidrogeniônico (pH); Coliformes Termotolerantes (CT); Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

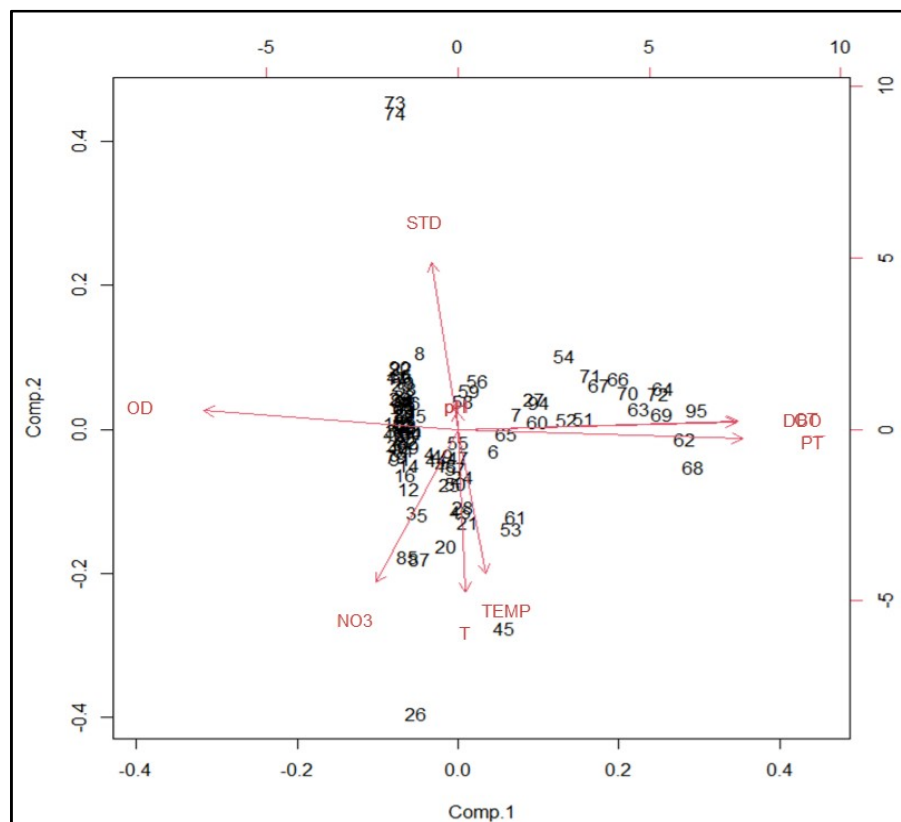
Fonte: A autora, 2023.



Segundo Moretto *et al.* (2012), os autovetores viabilizam interpretar os componentes principais. Diante disso, observa-se, por exemplo, que a primeira componente principal (C1) expressa uma relação entre a variável de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ), Oxigênio Dissolvido (OD) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) com a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fosfato Total (PT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (T), Coliformes Termotolerantes (CT) e Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). A magnitude dos valores de cada variável indica a influência das mesmas na componente. Desse modo, verifica-se que o indicador de STD apresenta um valor menor em comparação ao  $\text{NO}_3$  e ao OD. Logo, as variáveis que apresentam valores maiores (positivos) exercem maior influência na avaliação, como encontrado na DBO, no PT e em CT.

Nesse contexto, obteve-se a visualização da distribuição das variáveis em razão dos seus valores averiguados, o que retrata a dimensão da interferência de cada indicador avaliado (Gráfico 1). No gráfico a seguir observa-se os componentes principais 1 e 2, expressando respectivamente uma variância explicada de 38,6% e 15,4%, totalizando 54% da variância.

Gráfico 1 – Análise de Componentes Principais



Legenda: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Fosfato Total (PT); Nitrato ( $\text{NO}_3$ ); Oxigênio Dissolvido (OD); Potencial Hidrogeniônico (pH); Turbidez (T); Coliformes Termotolerantes (CT); Sólidos Totais Dissolvidos (STD); Temperatura (TEMP).

Fonte: A autora, 2023.

Com efeito, após a AF/ACP, utilizou-se a Transformação Ortogonal Varimax (rotação varimax), assegurando a obtenção dos coeficientes (pesos) de cada parâmetro (Tabela 3). Posto isso, os indicadores com maior grau de influência são os que expressam os maiores coeficientes e, conseqüentemente, as variáveis que apresentam coeficientes mais baixos configuram menor representatividade.

Tabela 3– Pesos extraídos com a AF/ACP e Rotação Varimax

<b>Parâmetros</b>	<b><i>w<sub>i</sub></i></b>
Coliformes Termotolerantes	0,19
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,18
Fosfato Total	0,20
Nitrato	0,11
Oxigênio Dissolvido	0,17
Potencial Hidrogeniônico	0,03
Sólidos Totais Dissolvidos	0,05
Temperatura	0,05
Turbidez	0,04

Fonte: A autora, 2023.

Considerando que o somatório dos pesos ( $w_i$ ) de cada parâmetro necessita expressar um valor igual a um (1), optou-se em retirar um centésimo (0,01) das variáveis com menor influência (pH e Turbidez), uma vez que o somatório dos coeficientes após a Rotação Varimax apresentou um resultado de um inteiro e dois centésimos (1,02). Logo, a partir da calibração dos pesos, desempenhou-se a constituição de um novo índice ajustado às características físicas, químicas e microbiológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, de acordo com os indicadores avaliados e, assim, o novo índice desenvolvido foi nomeado de IQA<sub>GUANDU-T</sub> (Tabela 4).

Tabela 4– Pesos dos respectivos parâmetros do IQA<sub>GUANDU-T</sub>

<b>Parâmetros</b>	<b>Pesos (<math>w_i</math>)</b>
Coliformes Termotolerantes	0,19
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,18
Fosfato Total	0,20
Nitrato	0,11
Oxigênio Dissolvido	0,17
Potencial Hidrogeniônico	0,02
Sólidos Totais Dissolvidos	0,05
Temperatura	0,05
Turbidez	0,03
<b>Soma</b>	<b>1,00</b>

Fonte: A autora, 2023.

## 9.2 IQA<sub>GUANDU</sub>

Para a construção da proposta de um índice adicional, excluindo-se a variável de temperatura, desenvolveu-se o IQA<sub>GUANDU</sub>, efetuando-se os mesmos processos observados na constituição do IQA<sub>GUANDU-T</sub>. Sendo assim, realizou-se a Análise Fatorial via Componentes Principais (AF/ACP), e, conseqüentemente, a aquisição dos autovalores, que expressam a variância dos componentes (Quadro 5). Cabe ressaltar que sem o indicador de temperatura os componentes principais 1 e 2 apresentaram respectivamente na ACP uma variância explicada de 43,3% e 16,6%, estabelecendo um total de 59,9% da variância. Posteriormente, utilizou-se a Transformação Ortogonal Varimax, considerando-sea obrigatoriedade do somatório dos  $w_i$  atribuídos ser igual a um (1).

Diante disso, os novos  $w_i$  adquiridos expressam o grau de atuação dos indicadores e, sendo assim, verifica-se que a influência das variáveis de Fosfato Total (PT), Coliformes Termotolerantes (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD) são maiores diante dos indicadores de Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Turbidez (T) e Nitrato (NO<sub>3</sub>) das amostras estudadas (Tabela 5).

Quadro 5 – Os autovetores e obtenção dos autovalores(IQA<sub>GUANDU</sub>)

Variáveis	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
DBO	0,50	0,01	0,04	0,02	0,07	0,31	0,77	0,23
PT	0,51	-0,03	-0,02	-0,03	-0,08	0,18	-0,15	-0,82
Nitrato	-0,15	-0,64	0,08	-0,06	0,71	0,24	-0,04	-0,08
OD	-0,46	0,14	-0,08	0,04	-0,25	0,83	0,01	-0,09
pH	0,00	0,29	-0,75	-0,51	0,30	-0,01	0,03	-0,02
Turbidez	0,01	-0,62	-0,11	-0,52	-0,56	-0,04	0,06	0,09
CT	0,50	0,01	-0,02	-0,02	0,02	0,34	-0,62	0,50
STD	-0,04	0,32	0,64	-0,68	0,13	0,06	-0,01	-0,03
<b>Autovalores</b>	<b>3,46</b>	<b>1,32</b>	<b>1,05</b>	<b>0,89</b>	<b>0,73</b>	<b>0,28</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>

Legenda: Componente (C); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Fosfato Total (PT); Oxigênio Dissolvido (OD); Potencial Hidrogeniônico (pH); Coliformes Termotolerantes (CT); Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 5–Pesos dos respectivos parâmetros do IQA<sub>GUANDU</sub>

Parâmetros	Pesos ( $w_i$ )
Coliformes Termotolerantes	0,18
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,18
Fosfato Total	0,19
Nitrato	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
Potencial Hidrogeniônico	0,04
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07
Turbidez	0,07
<b>Soma</b>	<b>1,00</b>

Fonte: A autora, 2023.

Um Índice de Qualidade de Água (IQA) estabelece as variáveis consideradas relevantes no processo de estimar o estado hídrico. Dessa forma, visando atender melhor às condições ambientais específicas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, desenvolveu-se o IQA<sub>GUANDU</sub>, devido à compreensão da variável de temperatura não ser um indicativo satisfatório na avaliação das características do estudo de caso.

A proposta de um índice, sem considerar o indicador de temperatura, consiste no fato de que a mesma evidencia uma ampla variação térmica, o que possibilita acarretar em distorções nos resultados amostrais, e, desse modo, modificar a percepção da realidade hídrica. Além disso, utiliza-se a temperatura como um indicativo da ocorrência de uma

poluição térmica, um cenário no qual não corresponde com as águas averiguadas (SANCHEZ, 2006; VON SPERLING, 2007; PIRATOBA *et al.*, 2017).

Nesse sentido, ao verificar, ainda, as diretrizes metodológicas das curvas de variação de cada variável (Figura 4), utilizadas no Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e descrito também nos boletins de qualidade (Anexo A e B), constata-se que a medida de temperatura empregada no cálculo do IQA compreende a diferença entre a temperatura da água e do ar, ou seja, uma condição que não favorece uma aferição verídica das águas. Portanto, diante do mencionado, o nomeado IQA<sub>GUANDU</sub> torna-se um índice viável e mais pertinente na avaliação da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Diante do exposto, o Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos (COMITESINOS) também observou os argumentos mencionados anteriormente, e, sendo assim, adaptou o modelo de índice da *National Sanitation Foundation*, sem levar em consideração o indicador de temperatura, e, em razão disso, satisfazendo as necessidades locais da Bacia do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul (COMITESINOS, 1993; NICOLOSO *et al.*, 2004).

Nesse contexto, o trabalho de Silveira (2018) também não empregou a variável de temperatura nas análises comparativas com os resultados do IQA<sub>INEA</sub> (modelo do IQA<sub>NSF</sub>) e o índice utilizado no estudo (IQACCME - conhecido como IQA Canadá). Esse fato foi devido à Resolução n° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) não descrever uma definição limite para a temperatura da água, e, desse modo, o estudo compreendeu que não seria cabível utilizar este parâmetro.

### 9.3 Aplicação do IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub>

Procedeu-se à avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, diante da aplicação do IQA<sub>GUANDU-T</sub> e do IQA<sub>GUANDU</sub> às amostras dos períodos selecionados (2018 e 2019) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Dessa forma, ambos os índices desenvolvidos foram empregados em 95 amostras do ano de 2018 (Quadro 6), bem como em 159 amostras do ano de 2019 (Quadro 7), correspondendo a um total de 254 amostras. Sendo assim, os resultados obtidos foram aferidos em relação ao IQA<sub>INEA</sub>, de modo a identificar modificações na caracterização do estado hídrico.

Quadro 6 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2018)  
(continua)

Estação	IQA <sub>INEA</sub>	IQA <sub>GUANDU-T</sub>	IQA <sub>GUANDU</sub>
CA140	62,6	62,1	62,6
CA140	58,0	54,0	55,1
CA140	43,0	46,3	42,4
EN670	58,0	59,6	57,8
EN670	44,2	46,5	42,5
GM180	23,6	20,4	18,8
GM180	18,7	9,4	8,7
GN200	60,3	58,6	59,7
GN200	61,6	62,1	61,3
GN200	63,3	62,4	62,2
GN200	61,9	60,5	60,6
GN200	62,2	61,4	62,9
GN200	62,3	60,2	61,0
GN201	60,0	59,8	60,6
GN201	64,6	64,1	63,7
GN201	67,0	67,2	67,7
GN201	65,3	64,9	64,5
GN201	58,8	54,1	55,3
GN201	66,3	64,3	64,7
GR100	29,8	24,6 *	24,1 *
GR100	27,4	24,4 *	23,9 *
IG010	71,0	69,0 *	69,6 *
IG010	77,5	76,4	77,0
IG301	33,8	30,5	30,4
IG301	38,8	36,4	35,1
IG301	29,5	27,8	25,8
IG301	21,2	8,9	9,2
IG301	28,3	26,0	24,1 *
IG301	66,4	65,2	66,6
IG301	59,3	55,3	56,9
IG301	68,7	67,5	69,0
IG301	66,4	64,5	64,5
IG301	72,7	73,4	72,2
IG301	64,8	64,8	64,4
IG301	67,8	66,3	66,6
IG301	66,8	64,8	65,7
IG301	80,3	81,2	81,0
IG301	61,7	60,1	60,2

Quadro 6 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2018)  
(continuação)

IG301	73,4	75,5	74,0
IG301	61,4	61,7	61,6
IG301	76,2	77,0	76,7
IG301	76,0	76,1	76,7
LG351	64,6	63,0	63,2
MC410	44,6	37,9	39,1
MC410	29,1	25,6	24,1 *
MC410	33,7	31,2	29,0
MC410	35,6	28,1	28,8
MC410	35,0	32,0	29,7
PI0241	39,9	36,9	35,9
PI0241	35,8	30,9	31,9
PM360	24,1	16,0	16,6
PM360	24,1	15,6	16,1
PM360	29,1	26,5	24,6 *
PO290	24,3	15,9	16,6
PO290	38,2	34,4	35,3
PO290	33,5	27,8	28,1
PO290	41,1	38,6	39,3
PO290	37,3	33,5	33,8
PO290	39,0	34,3	34,8
PR000	26,1	19,6 *	20,2 *
PR000	18,1	8,9	8,3
QM270	15,2	5,4	5,6
QM270	16,4	5,8	6,0
QM270	16,2	5,7	5,8
QM270	32,4	26,7	27,1
QM270	19,3	7,4	7,6
QM270	24,6	15,5	16,0
QM271	17,0	10,0	10,3
QM271	16,1	5,7	5,8
QM271	16,9	5,9	6,1
QM271	21,7	9,0	9,3
QM271	15,9	5,5	5,7
SA030	60,9	60,3	60,3
SA030	70,9	69,6 *	68,1 *
SC490	57,7	53,5	55,1
SC490	62,1	60,5	61,2
SC490	52,0	48,5 *	48,9 *
SF080	58,6	61,1	60,2

Quadro 6 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2018)  
(conclusão)

SF080	67,6	66,6	67,0
SH300	72,9	70,9	72,1
SH300	67,6	66,7	67,1
SH300	60,8	60,9	61,4
SN331	60,8	62,7	62,5
SN331	64,5	62,9	63,1
SN331	45,7	50,5 *	46,5
SN331	65,7	64,4	64,4
SN331	43,1	43,9	40,2
SP310	62,5	61,3	62,5
SP310	74,2	76,5	77,1
SP310	74,7	73,8	74,0
SP310	67,4	66,9	67,3
SP310	68,5	67,8	68,5
SP310	69,0	67,7	67,9
VS660	22,7	10,2	10,4
VS660	17,7	10,7	10,4

Legenda: (\*) - modificação na classificação em relação ao IQA<sub>INEA</sub>.

Fonte: Adaptado de INEA, 2018; A autora, 2023.

Quadro 7– Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2019)  
(continua)

Estação	IQA <sub>INEA</sub>	IQA <sub>GUANDU-T</sub>	IQA <sub>GUANDU</sub>
CA140	48,4	44,5	45,7
CA140	42,8	45,5	42,0
CA140	54,3	51,4	53,2
CA140	74,3	75,7	74,6
EN670	60,6	60,3	59,8
EN670	67,4	65,5	66,3
EN670	64,7	67,5	69,3
GM180	25,8	18,8 *	19,0 *
GM180	24,7	18,2	18,4
GM180	21,4	13,8	14,0
GM180	17,7	8,9	9,2
GN200	43,1	40,0	40,1
GN200	57,6	56,6	56,8
GN200	67,4	66,7	66,4
GN200	58,2	57,4	57,4
GN200	64,3	64,9	64,0
GN200	68,0	66,5	67,7



Quadro 7 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2019)  
(continuação)

GN200	70,1	67,9 *	68,8 *
GN200	67,7	65,4	66,3
GN200	73,4	71,6	73,0
GN200	65,3	63,2	64,1
GN201	64,1	63,7	64,4
GN201	52,9	50,2	50,6
GN201	68,0	67,9	67,8
GN201	64,1	64,0	63,9
GN201	75,1	80,8	78,6
GN201	84,4	84,7	85,1
GN201	77,0	76,4	77,1
GN201	77,0	76,1	77,0
GN201	73,4	72,4	74,0
GN201	69,9	67,7	68,4
GR100	33,9	29,7	29,2
GR100	37,1	39,2	35,9
GR100	41,0	37,1	36,6
GR100	36,7	31,1	30,9
IG010	68,4	66,5	67,3
IG010	71,5	69,0 *	69,4 *
IG010	61,9	59,4	59,8
IG301	34,4	35,0	31,6
IG301	44,1	46,1	44,5
IG301	25,2	18,8 *	18,2 *
IG301	39,3	35,0	34,0
IT040	16,2	7,0	7,2
IT040	29,4	23,0 *	23,3 *
IT040	28,8	21,8 *	22,6 *
IT040	15,0	6,7	7,2
IU100	50,9	48,6 *	49,9 *
IU100	64,1	63,5	64,4
IU100	67,0	65,6	67,4
IU100	73,9	76,7	76,4
LG350	74,1	73,6	73,5
LG350	57,5	55,6	56,1
LG350	71,3	71,3	70,7
LG350	72,2	73,5	73,0
LG350	60,3	63,2	60,4
LG350	83,9	83,5	83,4
LG350	74,0	72,5	73,2
LG350	84,4	84,3	84,6
LG350	73,3	72,3	73,9
LG350	69,2	66,6	67,3
LG351	56,5	51,3	51,5
LG351	55,1	55,3	54,0
LG351	70,5	70,5	69,8 *

Quadro 7 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2019)  
(continuação)

LG351	69,8	70,8 *	70,4 *
LG351	61,0	63,6	60,8
LG351	76,3	76,0	76,6
LG351	78,7	78,5	79,0
LG351	82,6	83,4	84,5
LG351	58,2	56,5	56,3
MC410	48,7	38,1	39,6
MC410	41,7	36,0	35,3
MC410	40,7	32,8	33,7
MC410	36,2	31,1	31,8
MC410	36,9	29,2	30,5
MC410	35,8	30,6	31,6
MC410	30,3	22,5 *	23,3 *
MC410	34,4	25,6	26,6
MC410	33,0	25,2	26,5
MC410	37,9	32,0	32,0
PI0241	45,5	39,5	39,6
PI0241	39,2	31,2	32,5
PI0241	37,6	30,0	31,2
PI0241	44,1	40,5	40,5
PM360	23,9	15,9	16,6
PM360	34,9	29,7	29,0
PM360	30,1	22,9 *	24,0 *
PM360	35,0	29,4	29,4
PO290	35,1	23,3 *	24,2 *
PO290	34,2	31,9	32,3
PO290	34,2	30,7	31,4
PO290	34,3	31,4	30,6
PO290	33,6	30,1	30,9
PO290	29,1	21,6 *	22,4 *
PO290	22,8	18,8	17,6
PO290	24,7	16,5	17,2
PO290	25,6	17,8 *	18,7 *
PO290	33,6	31,1	30,4
PR000	15,9	8,0	7,8
PR000	26,6	20,3 *	20,8 *
PR000	19,3	10,7	10,2
PR000	13,0	6,1	6,1
QM270	42,3	31,4	32,4
QM270	31,5	24,9 *	25,5
QM270	24,7	17,2	17,7
QM270	30,8	23,3 *	23,8 *
QM270	17,6	10,3	10,8
QM270	18,3	8,9	9,2
QM270	14,9	6,4	6,6
QM270	15,6	6,5	6,8

Quadro 7 – Valores e classificações do IQA<sub>INEA</sub>, IQA<sub>GUANDU-T</sub> e IQA<sub>GUANDU</sub> (2019)  
(continuação)

QM270	34,4	27,6	27,8
QM271	29,1	18,3 *	18,3 *
QM271	22,9	15,4	15,8
QM271	19,8	10,8	11,0
QM271	33,3	26,3	26,8
QM271	20,0	13,1	13,9
QM271	15,8	6,7	7,0
QM271	15,1	6,5	6,7
QM271	21,5	13,5	14,0
QM271	18,6	8,8	9,2
QM271	30,9	24,9 *	24,7 *
SA030	61,0	60,2	58,3
SA030	74,0	73,7	71,7
SA030	57,9	56,5	56,1
SC490	49,1	44,9	45,1
SC490	59,5	56,6	57,6
SC490	50,9	47,2 *	47,3 *
SC490	65,3	67,0	67,3
SF080	67,7	65,4	66,3
SF080	68,6	67,3	68,0
SF080	75,9	78,9	79,9
SF080	66,5	67,2	69,1
SH300	59,8	58,5	57,9
SH300	63,2	60,8	61,9
SH300	61,7	60,0	59,7
SH300	67,0	68,6	68,7
SN331	50,7	56,7	51,4
SN331	41,5	42,4	39,0
SN331	67,4	68,1	67,4
SN331	58,0	58,3	57,9
SN331	76,5	80,7	80,3
SN331	76,7	78,4	78,2
SN331	64,8	63,8	64,8
SN331	66,7	65,5	66,2
SN331	66,9	65,3	66,6
SN331	66,3	65,6	65,3
SP310	81,5	81,9	81,6
SP310	65,4	66,8	64,6
SP310	74,4	75,0	75,1
SP310	57,0	58,3	56,6
SP310	73,1	75,0	76,2
SP310	74,6	74,1	75,0
SP310	76,4	76,7	77,7
SP310	67,9	66,3	67,6
SP310	71,7	69,8 *	71,1
SP310	60,1	61,1	60,2

Quadro 7 – Valores e classificações do  $IQA_{INEA}$ ,  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$  (2019) (conclusão)

VS660	22,9	15,4	15,8
VS660	33,2	25,8	26,5
VS660	20,7	12,1	12,5
VS660	17,3	9,1	9,7

Legenda: (\*) - modificação na classificação em relação ao  $IQA_{INEA}$ .

Fonte: Adaptado de INEA, 2019; A autora, 2023.

Os resultados do  $IQA_{GUANDU-T}$  e do  $IQA_{GUANDU}$  evidenciaram, em sua maioria, uma regularidade no número de amostras com classificação “média”, em comparação ao  $IQA_{INEA}$ . Nesse sentido, observou-se também uma pequena diminuição das amostras de categorização “boa”. No entanto, ressalta-se uma significativa redução das amostras avaliadas como “ruim” mediante ao aumento expressivo das amostras classificadas como “muito ruim” (Quadro 8).

Além disso, constatou a ocorrência de discordâncias na classificação da condição hídrica em 27 amostras do  $IQA_{GUANDU-T}$  (7 amostras de 2018 e 20 amostras de 2019) e em 28 amostras do  $IQA_{GUANDU}$  (9 amostras de 2018 e 19 amostras de 2019), em referência aos resultados atribuídos no  $IQA_{INEA}$ .

Quadro 8 – Quantidade de amostras do  $IQA_{INEA}$ ,  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$ , nos diferentes níveis de qualidade da água (2018 e 2019)

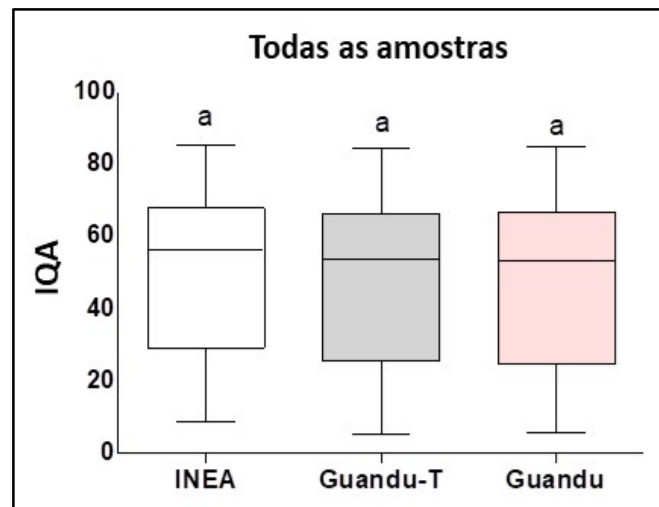
Classificação	Quantidade de amostras do $IQA_{INEA}$	Quantidade de amostras do $IQA_{GUANDU-T}$	Quantidade de amostras do $IQA_{GUANDU}$
Excelente	Zero	Zero	Zero
Boa	42	38	38
Média	92	94	93
Ruim	75	60	59
Muito Ruim	45	62	64

Fonte: A autora, 2023.

Com efeito, foram realizadas as análises utilizando os gráficos de boxplot, viabilizando-se aferir que entre os índices do  $IQA_{INEA}$ , o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$  não ocorreram diferenças significativas, no que se refere à categorização das águas (a, a, a) (Gráfico 2). Entretanto, quando observamos somente as amostras com classificação “ruim” e “muito ruim” encontramos a ocorrência de divergências entre os dados do  $IQA_{GUANDU-T}$  e o

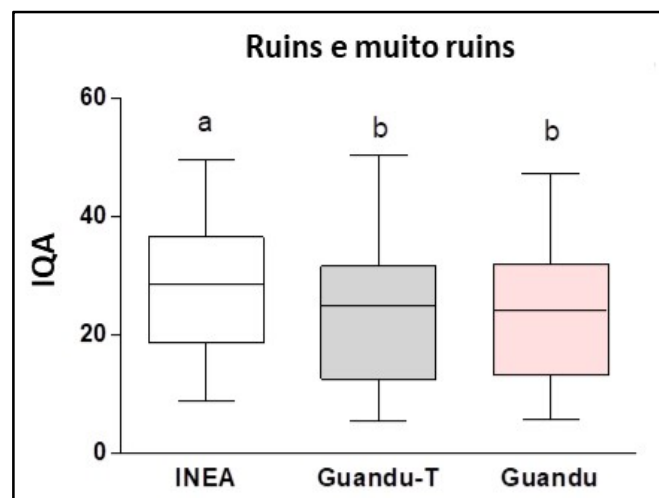
$IQA_{GUANDU}$  em comparação ao  $IQA_{INEA}$  (b, b, a). Nesse sentido, ao analisar a correlação entre os índices desenvolvidos, não foram constatadas modificações expressivas na caracterização do estado hídrico (b, b) (Gráfico 3).

Gráfico 2– Comparação entre os valores do  $IQA_{INEA}$ ,  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$ , com letras minúsculas iguais indicando nenhuma diferença significativa (teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn,  $p < 0,05$ )



Fonte: A autora, 2023.

Gráfico 3 – Comparação entre os valores do  $IQA_{INEA}$ ,  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$ , com letras minúsculas distintas indicando diferenças significativas (teste de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn,  $p < 0,05$ )

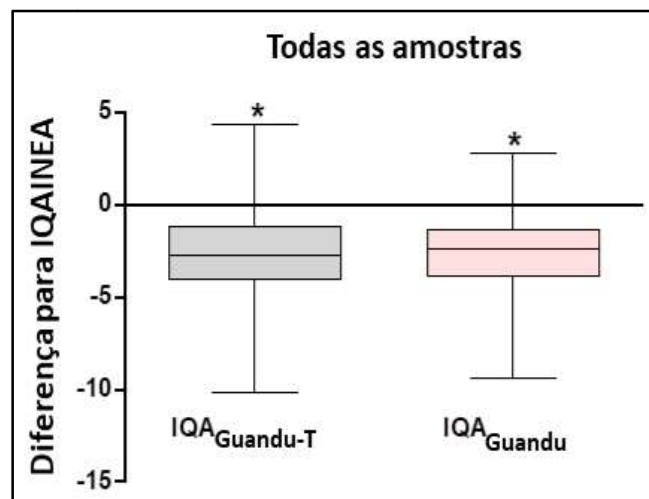


Fonte: A autora, 2023.

Por conseguinte, também foi analisado se os resultados atribuídos com os índices  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$  obtiveram um desvio consistente em relação ao  $IQA_{INEA}$ . Dessa forma, conferiram-se valores diferentes de zero, isto é, os dados resultantes dos índices construídos tanto em todas as amostras (Gráfico 4), bem como nas amostras especificamente de qualificação “ruim” e “muito ruim” (Gráfico 5) averiguou-se um efeito consistente dos dados apresentarem valores mais baixos no que tange aos resultados do INEA. Logo, os índices  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$  atribuíram valores sistematicamente menores (desvio negativo) que os valores do  $IQA_{INEA}$ .

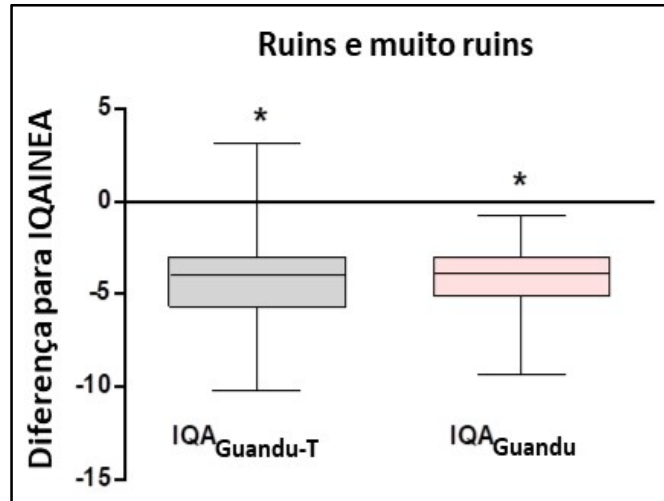
Ante o exposto, compreende-se que o INEA emprega valores de IQA um pouco superestimados nas amostras dos ambientes com qualidade inferior (águas constantemente degradadas), e, conseqüentemente, o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$  expressam uma sensibilidade maior na avaliação das amostras da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Nesse sentido, essa “sensibilidade” evidenciada pode ser descrita como uma melhoria no processo de calibração do índice diante da capacidade de aferir mais precisamente as águas do estudo.

Gráfico 4 – Desvios dos valores de IQA calculados com os índices ajustados em relação ao  $IQA_{INEA}$ , com asteriscos indicando desvios negativos consistentes diferentes de zero (teste de Wilcoxon para uma amostra,  $p < 0,05$ ), realizado em todas as amostras



Fonte: A autora, 2023.

Gráfico 5 – Desvios dos valores de IQA calculados com os índices ajustados em relação ao  $IQA_{INEA}$ , com asteriscos indicando desvios negativos consistentes diferentes de zero (teste de Wilcoxon para uma amostra,  $p < 0,05$ ), realizado nas amostras classificadas como ruins e muito ruins



Fonte: A autora, 2023.

No trabalho de Santini (2017), onde se realizou a calibração do IQA da *National Sanitation Foundation* no monitoramento de determinados cursos hídricos, foi verificado também uma tendência de valores mais baixos do IQA. O estudo descreve que, após a calibração, as amostras classificadas como “boa” modificaram para a categoria “média”, bem como que as águas avaliadas como “média” passaram para a classificação “ruim”, e, conseqüentemente, a maioria da categoria “ruim” modificou para “muito ruim”. Dessa forma, foi evidenciado, ainda, um aumento expressivo da quantidade de amostras “ruim” (74% das amostras) com o índice calibrado em relação ao  $IQA_{NSF}$  (27% das amostras).

Diante do relatado, ressalta-se novamente, assim como nos trabalhos de Moretto *et al.* (2012), Ferreira *et al.* (2015) e Cecconello *et al.* (2018), que também ajustaram o IQA, a importância da adequação dos Índices de Qualidade de Água, uma vez que, dessa forma, leva-se em consideração as características ambientais específicas de um determinado manancial, o que torna viável o conhecimento verídico do estado hídrico das águas avaliadas.

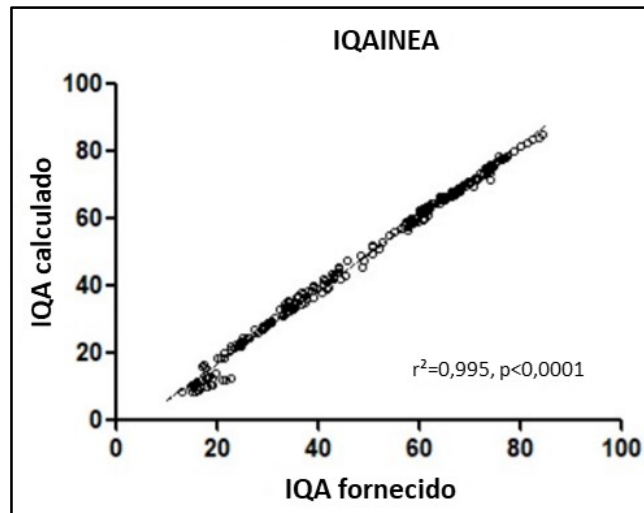
Portanto, o estudo em questão alcançou o esperado, uma vez que os índices calibrados ( $IQA_{GUANDU}$  e  $IQA_{GUANDU-T}$ ) foram capazes de mensurar a qualidade das águas do estudo de caso, assim como descrito também no trabalho de Santini (2017), o que possibilitou evidenciar com exatidão a realidade hídrica ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

#### 9.4 IQA<sub>INEA</sub> fornecido e IQA<sub>INEA</sub> calculado

Diante da extração dos valores de  $qi$  (Apêndice A e B) foi realizado, ainda, uma comparação entre os resultados disponíveis do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), o IQA<sub>INEA</sub> fornecido e os resultados gerados a partir dos dados de  $qi$  produzidos, o IQA<sub>INEA</sub> calculado, os quais foram inseridos com os pesos ( $w_i$ ) (Tabela 2), utilizados pelo INEA. Nesse sentido, os valores de  $qi$  em conjunto com os  $w_i$  do INEA foram calculados para as 95 estações amostrais do ano de 2018, como também para as 159 amostras do ano de 2019.

Os resultados do IQA<sub>INEA</sub> fornecido e do IQA<sub>INEA</sub> calculado aferiram uma conformidade na quantidade de amostras em cada faixa de classificação. Sendo assim, a correlação realizada contribuiu na visualização da equivalência dos dados (Gráfico 6). Logo, verificou-se uma equiparação acentuada entre os resultados, enfatizando como um todo uma similaridade na categorização das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Gráfico 6 – Correlação entre o IQA<sub>INEA</sub> fornecido e o IQA<sub>INEA</sub> calculado



Fonte: A autora, 2023.

Perante o exposto, os resultados evidenciados na correlação retratada entre o IQA<sub>INEA</sub> fornecido e o IQA<sub>INEA</sub> calculado ratificam que o mecanismo adotado na extração dos valores de  $qi$  foi viável e apropriado na realização dos cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA) deste estudo.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer dos anos verifica-se um aumento demasiado da contaminação dos ambientes hídricos, em virtude do uso intensivo das águas nas atividades antropogênicas. Tal realidade acarreta danos na homeostasia ecossistêmica, comprometendo a qualidade ambiental, bem como a saúde pública.

O desenvolvimento e a adaptação de índices de qualidade de água asseguram o conhecimento das características ambientais das águas, assim como evidencia a necessidade do monitoramento constante dos ecossistemas de água doce diante do processo acentuado de degradação desses mananciais.

A construção do nomeado  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$  viabilizou uma avaliação satisfatória das águas da bacia de estudo. Desse modo, os índices constituídos consideraram a conjuntura dessas massas de água, de modo a atender as características físicas, químicas e microbiológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Recomenda-se a utilização do  $IQA_{GUANDU}$  (índice sem a variável de temperatura) devido ao entendimento de este ser um índice mais assertivo na avaliação das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, levando-se em conta o cenário característico em que suas águas estão situadas, apresentando uma variação de temperatura, o que possibilita deturpações na veracidade da condição hídrica estudada.

Os resultados demonstraram, de modo geral, uma compatibilidade nas classificações do estado hídrico entre o  $IQA_{INEA}$  (fornecido), o  $IQA_{GUANDU-T}$  e o  $IQA_{GUANDU}$ . No entanto, ao observar somente as amostras com categorização “ruim” e “muito ruim”, verifica-se uma significativa modificação na quantidade dessas amostras. Dessa forma, o índice  $IQA_{GUANDU-T}$  e  $IQA_{GUANDU}$  evidenciou diminuição das amostras avaliadas como “ruim” e um aumento considerado das amostras com classificação “muito ruim”, em relação ao índice fornecido pelo Instituto Estadual do Ambiente. Em vista disso, destaca-se a sensibilidade dos índices ajustados na avaliação de ambientes com um maior teor de deterioração da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Quanto aos resultados entre o  $IQA_{INEA}$  fornecido e o  $IQA_{INEA}$  calculado, constatou-se uma conformidade na maioria das categorizações das amostras analisadas. É certo que um número reduzido de amostras do  $IQA_{INEA}$  calculado conferiu uma discordância em referência ao  $IQA_{INEA}$  fornecido. Logo, é cabível ressaltar a importância de maior clareza sobre o

método utilizado na extração dos dados de *qi* para a realização da avaliação das águas da bacia de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu é de fundamental relevância tanto no abastecimento da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro quanto na realização das diversas atividades essenciais de uso de suas águas, em razão de ser a única fonte de água disponível na localidade. Por isso, o monitoramento do estado hídrico dessa bacia por meio do Índice de Qualidade de Água torna-se indispensável, e, desse modo, o desenvolvimento de um índice calibrado às características ambientais viabiliza uma avaliação efetiva e satisfatória de sua realidade.

Portanto, o estudo atuou na formação de um índice adequado em retratar a condição ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Por conseguinte, o mesmo auxilia em um gerenciamento hídrico com tomadas de decisões mais apropriadas às singularidades das águas ao longo dessa bacia, de forma a assegurar maior controle e regulação de suas águas, a fim de conservar sua quantidade e qualidade hídrica.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cuidando das Águas: Soluções para Melhorar a Qualidade dos Recursos Hídricos**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília/DF, 154p, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília/DF, v. 5, 100p, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Alternativas Organizacionais para Gestão de Recursos Hídricos. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília/DF, v. 3, 169p, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Agência de Água - O que é, O que faz e Como Funciona. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília/DF, v. 4, 82p, 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS(ANA). Política Nacional de Recursos Hídricos Completa 20 anos. Brasília/DF, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Informe Anual. Brasília/DF, 100p, 2019.
- 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, 2012.
- ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; NETO, J. M. M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, 2009.
- ASADOLLAH, S. B. H. S.; SHARAFATI, A.; MOTTA, D.; YASEEN, Z. M. River Water Quality Index Prediction and Uncertainty Analysis: A Comparative Study of Machine Learning Models. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, ed. 1, fev. 2021.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL-AGEVAP. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - RP.03 Prognóstico**. *PERH Guandu*, 345p, 2017.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL-AGEVAP. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - RF.01 Relatório Final**. *PERH Guandu*, 627p, 2018.
- AUGUSTO, L.G.S.; GURGEL, I.G.D.; NETO, H.F.C.; MELO, C.H.; COSTA, A.M. **O Contexto Global e Nacional Frente aos Desafios do Acesso Adequado à Água para Consumo Humano**. Ciência & Saúde Coletiva. Rio de Janeiro/RJ, v.17, n. 6, p.1511-1522, 2012.

AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. Gestão de Recursos Hídricos no Distrito Federal: Uma Análise da Gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162- 182, 2011.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão Ambiental. **DisciplinarumScientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BIANCO, K.; FARIAS, B. O.; GONÇALVES-BRITO, A. S.; NASCIMENTO, A. P. A.; MAGALDI, M.; MONTENEGRO, K.; FLORES, C.; OLIVEIRA, S.; MONTEIRO, M. A.; SPISSO, B. F.; PEREIRA, M. U.; FERREIRA, R. G.; ALBANO, R. M.; CARDOSO, A. M.; CLEMENTINO, M. M. Mobile Resistome of Microbial Communities and Antimicrobial Residues from Drinking Water Supply Systems in Rio de Janeiro, Brazil. **Scientific Reports**, nov. 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-022-21040-7>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. Instituto de Botânica. Academia Brasileira de Ciências. São Paulo: SP, 224p, 2010.

BISNAS, A. K. Monitoramento Eficiente de Lagos. **Shiga**: ONU, 541p, 1990.

BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos**. Belém: NUMA/UFPA, 1995.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M., NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2ªEd. Pearson Prentice Hall. São Paulo: SP, 318p, 2005.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília/DF, Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1981.

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.

BROWN, R.M.; MCCLELLAND, N.I.; DEINIGER, R.A.; TOZER, R.G. **A Water Quality Index - Do We Dare?** Revista Water & Sewage Works. v. 117, n.10, p.339-343, out. 1970.

BROWN, R. et al. **Validating the WQI**. In: The Paper Presented at National Meeting of American Society of Civil Engineers on Water Resources Engineering, Washington, DC. 1973.

CARVALHO, A. T. F. **Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento: Discussão sobre os Impactos da Produção Social na Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. Caderno Prudentino de Geografia. Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Local Presidente Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, jan-jun, 2020.

CARVALHO, D. F.; MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. Hidrologia. **Introdução à Hidrologia**. Irrigação e Drenagem. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de

Janeiro, RJ, cap. 1, mai. 2007. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2022.

CARVALHO, R. P. B.; SILVA, A. J. O. Análise Multitemporal da Qualidade da Água da Lagoa de Jacarepaguá (município do Rio de Janeiro, RJ). **Revista UNIABEU**, v.10, n. 24, 2017.

CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: Experiências Internacional e Brasileira**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N.; GUEDES, H. A. S. Índice de Qualidade de Água Modificado pela Análise Multivariada: Estudo de Caso do Arroio Pelotas, RS, Brasil. **EngSanitAmbient**, v. 23, n. 5, 2018.

COELHO, F. M.; AZEVEDO, J. P. S.; ANTUNES, J. C. O. Sustentabilidade Hídrica na Região Sudeste e as Interfaces com o Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Rev. Augustus**. Rio de Janeiro, v. 21, n. 41, p. 105-116, 2016.

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 DE PRESERVAÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS (COMITESINOS). Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio dos Sinos e seus Afluentes. **Aplicação de um Índice de Qualidade de Água no Rio dos Sinos**. Porto Alegre, 39p, 1993.

COMITÊ GUANDU. Guandu-RJ. Comitê da Bacia Hidrográfica. **Revista Guandu**. Rio de Janeiro, abr. 2022. Disponível em: <<https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2022/04/Revista-Guandu-2022-01-04-aprovac%CC%A7a%CC%83o-final.pdf>>. Acesso em: 08 fev.2023.

COMITÊ GUANDU. **Relatório Sobre a Situação da Bacia**. Região Hidrográfica II - GUANDU. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://www.comiteguandu.org.br/downloads/Relatorio%20de%20Situacao%20-%20Guandu.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº357, de 17 de Março de 2005**. Diário Oficial da União nº 053. Brasília/DF, 2005.

COSTA, A. F. S.; TEIXEIRA, C. M.; SILVA, C. S.; NASCIMENTO, J. A.; OLIVEIRA, M. M.; QUEIROZ, Y. O.; SILVA, M. J. Recursos Hídricos. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**. Universidade Tiradentes (UNIT)/Sergipe, v. 1, n. 15, p. 67-73, out. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/201>>. Acesso em: 17 out. 2022.

COSTA, I. A. F. **Estudo da Relação entre os Parâmetros Ambientais e os Compostos Geosmina e 2-metilisoborneol no Reservatório Jundiá do Sistema Alto Tietê de**

**Abastecimento de Água.** Engenharia Química. Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas. Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema, 2019.

COSTA, T. P.; PERIN, A. C. M. A Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. **Revista da Faculdade de Direito**, v. 1, n. 1, p. 344-380, 2004. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/RFD/article/view/499>>. Acesso em: 08 fev. 2022.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Práticos. In: RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (Org.). **Água e Educação: Princípios e Estratégias de Uso e Conservação**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, cap. 3, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Diagnóstico e Alternativas para a Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG) - RJ**. Rio de Janeiro: RJ, 71p, 2010.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation ao Semiárido Brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano**. Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 56p, 2003.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde. 4ªEd. Brasília: DF, 642p, 2015.

GOMES, R. C.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise da Multidimensionalidade dos Conceitos de Bacia Hidrográfica. **GEographia**, v. 23, n. 51, 2021.

GONÇALVES, C.S. **Qualidade da Água de um Dreno Principal de uma Micro Bacia Fumageira Relacionada a Diferentes Áreas de Captação**. Lages. FERTIBIO, 25p, 2004.

GRUNITZKI, R.; FERRARI, J. C.; SILVA, A. C.; ZAMBÃO, P. H.; NECKEL, E. V. P. Ferramenta Web para Determinação do Índice de Qualidade de Água a Partir da Reestruturação das Equações que Descrevem as Curvas dos Indicadores de Qualidade. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves/RS, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação**, 2021. Disponível em: <[https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2021/POP2021\\_20221212.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/POP2021_20221212.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Brasil 2035 Cenários para o Desenvolvimento**, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7910>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim: Experiências para a Gestão dos Recursos Hídricos**. Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu (RJ). Rio de Janeiro: RJ, 339p, 2012.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Relatório Gerencial, 69p, 2014. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcx/~edisp/inea0071538.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Índice de Qualidade da Água (IQA)**. Metodologia. Rio de Janeiro, RJ, 2p, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/IQA-NSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Boletim de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II**. Consolidado 2018, Dados Brutos e IQANSF. Rio de Janeiro, RJ, 8p, 2018. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Dados-Brutos-2018-RH-II.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Boletim de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica II**. Consolidado 2019, Dados Brutos e IQANSF. Rio de Janeiro, RJ, 8p, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/Dados-Brutos-2019-RH-II-1.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Coordenadas Geográficas dos Pontos de Amostragem de Qualidade das Águas - Águas Interiores**. Rio de Janeiro, RJ, 10p, ago. 2021. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Esta%C3%A7%C3%B5es-de-Monitoramento-Atualiza%C3%A7%C3%A3o-AGO2021-%C3%81guas-Interiores.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Monitoramento Sistemático - Rios do Estado do Rio de Janeiro**. IQANSF Médio, Período Consolidado 2012/2022. Rio de Janeiro, RJ, 10p, fev. 2023. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/INEA-IQA-M%C3%A9dia-RH-II-2012-2022.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023

INSTITUTO TERRA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (ITPA). **Produtores de Água e Floresta**, abr. 2022. Disponível em: <<https://www.itpa.org.br/comoatuamos/produtores-de-agua-e-floresta/>>. Acesso em: 08 fev. 2023.

LAMEIRA, A. B.; RENNO, C.; MOTTA, H. F.; LOPES, L. A. C.; MENEGON, M.; OLIVEIRA, R. S.; BARCELLOS, T. B. C.; ZANIER, N. G.; PRADO, R. B. **Diagnóstico e Alternativas para a Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG)**, RJ, Documentos 122, Dados eletrônicos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Dezembro de 2010.

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.

LIMA, S. C. M. **Avaliação Histórica da Qualidade da Bacia Representativa do Rio Piabanha através de Índices de Qualidade da Água**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2021.

MA, L. *et al.* Degradation of Geosmin and 2-methylisoborneol in Water with UV/chlorine: Influencing Factors, Reactive Species, and Possible Pathways. **Chemosphere**, v. 211, p. 1166–1175, 2018.

MAROTTA, H.; SANTOS, R.O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento Limnológico: Um Instrumento para a Conservação dos Recursos Hídricos no Planejamento e na Gestão Urbano-Ambientais. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. XI, p. 67-79, 2008.

MENEZES, J.M.; JUNIOR, G.C.S.; PRADO, R.B. Índice de Qualidade de Água (IQACCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo/SP, v.27, n.2, p.79-92, 2013.

MICROAMBIENTAL. **Entenda o Problema da Geosmina na Água de Consumo do RJ**, fev. 2021. Disponível em: <<https://microambiental.com.br/analises-de-agua/entenda-o-problema-da-geosmina-na-agua-de-consumo-do-rj/>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT-MEA. **Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment**. *Island Press*, 245p, 2003.

MILLER, G.T.; SPOOLMAN, S.T. **Ciência Ambiental**. 14ª Ed. Cengage Learning, 576p, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Consumo Sustentável: Manual de Educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **GEO Brasil: Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2007.

MIRANDA, G. D. **Revisão Bibliográfica sobre o uso de Índices de Qualidade da Água**. Dissertação (Mestrado). Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2020.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de Recursos Hídricos e seus Efeitos Sobre a Saúde Humana. **Rev. Saúde Pública**. v. 36, n. 3, p. 370-4, 2002.

MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. Calibration of Water Quality Index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p.29-42, 2012.



MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3ªEd. ABES. Rio de Janeiro: RJ, 416p, 2003.

NICOLOSO, T. F.; SILVA, C. E.; GRÄBIN, T. F.; MEDEIROS, J. **Avaliação da Qualidade da Água no Afluente do Arroio Ferreira em Santa Maria – RS**. Artigo (especialização). Universidade Federal de Santa Maria. Curso de Especialização para Gestores Regionais de Recursos Hídricos. Santa Maria/RS, Brasil, 2004.

OLIVEIRA, A. R. M. **Desenvolvimento de Índices de Qualidade da Água com Número Reduzido de Parâmetros**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa/Minas Gerais, Brasil, 2017.

PAIVA BRITTO, A. L. N.; QUINTSLR, S. Redes Técnicas de Abastecimento de Água no Rio de Janeiro: História e Dependência de Trajetória. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**. v.9, n.18, p.137-162, 2017.

PAIVA, M. H. R. **Estado da Arte da Avaliação dos Impactos de Ações Conservacionistas no Serviço Ecossistêmico de Controle À Erosão: Estudo de Caso na Região Hidrográfica do Rio Guandu - RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas. Niterói/Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

PASCHOAL, R. S. **Usos da Água e Necessidades de Tratamento para o Consumo Humano**. Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora/UFJF, 2012.

PATHFINDER SCIENCE. **WaterQuality Index Protocol**, 2018. Disponível em: <<https://www.pathfinderscience.net/stream/cproto4.cfm>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. v.1. n. 1, p.20-36, 2004.

PERH GUANDU. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim**. Propostas de Ações, Intervenções e Programa de Investimentos do Plano (RP-05), set. 2018. Disponível em:<[https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2021/10/arq\\_pubMidia\\_Processo\\_063-2013\\_P5.pdf](https://comiteguandu.org.br/wp-content/uploads/2021/10/arq_pubMidia_Processo_063-2013_P5.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2023.

PINTO, L. C. **Índice de Qualidade de Água com base na Normalização dos Dados e Análise de Componentes Principais**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras (UFLA). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Minas Gerais/Lavras, Brasil, 2011.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 12, n. 3. Belém/PA, p.435-456, 2017.

POMPÊO, M.; SILVA, D. C. V. R.; PAIVA, T. C. B. **Ecologia de reservatórios e interfaces**. A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, cap. 22, p. 340-353, 2015.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PRADO, R. B.; DI LULLO, L. B. Aplicação e Mapeamento de Índice de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos - RJ. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH)**. São Paulo/SP, 2007.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil Capitais Ecológicos Usos e Conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, p. 269-324, 2002.

ROCHA, C.H.B.; FREITAS, F.A.; SILVA, T.M. Alterações em Variáveis Limnológicas de Manancial de Juiz de Fora Devido ao Uso da Terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18. n.4. Campina Grande/PB, p.431-436, 2014.

SAMPAIO, G. F. **Cianobactérias como Parâmetro de Qualidade Ambiental: Um Estudo do Complexo Lagunar de Jacarepaguá**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 160p, 2008.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 24, 2006.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas/MG, 63p, 2003.

SANTINI, J. **Adaptação do Índice de Qualidade da Água (IQA) para Aplicação no Monitoramento de Cursos Hídricos em um Empreendimento Rodoviário**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Porto Alegre/RS, Brasil, 2017.

SANTOS, S. R. NAVEGAÇÃO, In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil Capitais Ecológicos Usos e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G.. Panorama Global da Distribuição e Uso de Água Doce. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.263-280, 2019.

SILVEIRA, L. G. **Estudo Comparativo da Utilização do IQA-NSF e IQA-CCME para Análise da Qualidade da Água no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2018.

SILVEIRA, S. S.; ANDRADE, E. M. Análise de Componentes Principais na Investigação da Estrutura Multivariada da Evapotranspiração. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2002.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**, 186p, 2019.

- SOTERO-MARTINS, A.; CARVAJAL, E.; SANTOS, J. A. A.; MOURA, P. G.; HANDAM, N. B.; KOTOWSKI-FILHO, N. P.; JARDIM, R. Eventos Atrelados a Geosmina e 2-metilisoborneol (2-MIB) em Manancial de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Estudo de Caso. **SciELOPreprints**, ago. 2021.
- SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodeema**, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbaciasob uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, p.181-186, 2002.
- TOMASONI, M.A; PINTO, J.E.S.; SILVA, H.P. A Questão dos Recursos Hídricos e as Perspectivas para o Brasil. **GeoTextos**, v. 5, n. 2, p. 107-127, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, cap. 4, 1993.
- TUCCI, C.E.M. Usos e impactos dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Qualidade Ambiental)/ Rhama Consultoria Ambiental, 2006.
- TUNDISI, J. G. Novas Perspectivas para a Gestão dos Recursos Hídricos. **Revista USP**. Superintendência de Comunicação Social da Universidade de São Paulo, v. 1, n. 70. p. 24-35, 2006.
- UDDIN, M. G.; NASH, S.; OLBERT, A.A ReviewofWaterQuality Index ModelsandTheir Use for AssessingSurfaceWaterQuality. **EcologicalIndicators**, v. 122, mar. 2021.
- VILAÇA, M.F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. **Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão: O Estudo de Caso do Ribeirão Conquista no Município de Itaguara/MG**. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13,Viçosa/MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte:UFMG, v. 7. 452p, 2007.
- VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Editora UFMG, 1996.
- WEINBERG, A. **Uso de Índices de Qualidade de Água para a Caracterização da Bacia Hidrográfica do rio Guandu**. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia Ambiental. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro: RJ, 178p, 2013.
- XAVIER, F. M. G. **Metodologia para Análise da Dinâmica e Manutenção do Serviço Ecológico de Regulação Hídrica na Região Hidrográfica do Rio Guandu, Rio De Janeiro, RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense. Escola De Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas. Niterói, Brasil, 2020.

**APÊNDICE A** – Valores de 2018 obtidos na curva média de qualidade  
(continua)

<b>Estação</b>	<b>DBO</b>	<b>PT</b>	<b>NO3</b>	<b>OD</b>	<b>pH</b>	<b>T</b>	<b>CT</b>	<b>STD</b>	<b>TEMP</b>
CA140	79,53	87,18	95,69	93,58	85,37	65,70	15,31	85,64	80,95
CA140	79,65	90,93	95,57	96,41	87,70	73,78	6,61	86,05	84,52
CA140	74,75	87,18	94,91	95,83	72,53	5,00	5,19	84,92	80,95
EN670	79,53	74,76	97,44	75,62	93,29	24,95	20,97	75,91	77,14
EN670	75,87	74,69	94,55	77,88	89,24	5,00	7,50	73,66	84,52
GM180	44,68	61,00	99,56	5,52	92,27	5,00	2,00	78,16	92,14
GM180	18,81	65,77	99,02	0,14	92,27	5,00	2,00	78,16	88,27
GN200	79,53	72,55	99,02	90,14	72,53	92,56	13,35	83,23	84,34
GN200	74,75	88,70	96,48	91,44	65,44	51,21	16,95	85,49	88,27
GN200	79,53	90,93	99,04	91,44	93,29	53,39	15,00	86,05	88,27
GN200	79,53	90,81	98,32	91,11	90,82	63,63	12,67	79,08	92,14
GN200	79,53	87,56	95,44	88,04	89,74	81,75	15,00	86,47	71,17
GN200	79,53	87,48	92,53	87,36	90,75	77,12	13,35	85,44	88,27
GN201	79,53	89,46	94,93	94,77	93,29	58,26	12,67	85,91	71,17
GN201	79,53	90,81	94,90	94,77	89,43	48,58	17,81	85,19	84,52
GN201	79,53	90,81	95,93	96,36	92,27	54,87	23,30	84,64	66,41
GN201	79,53	90,81	99,34	98,95	78,35	54,61	18,12	79,08	84,34
GN201	79,53	90,81	92,53	94,92	89,24	83,84	6,61	86,61	92,14
GN201	79,53	89,59	93,17	91,11	90,75	69,48	17,81	86,19	88,80
GR100	18,81	81,27	81,86	10,97	89,24	49,75	5,55	20,00	88,80
GR100	29,65	73,75	91,51	10,07	89,74	24,93	3,52	49,78	77,14
IG010	79,53	98,41	99,44	95,52	92,27	87,33	20,97	80,91	92,14
IG010	79,53	98,41	96,89	94,66	93,29	94,42	37,18	75,49	88,80
IG301	29,65	86,37	96,80	21,94	85,37	60,76	5,31	20,00	66,41
IG301	33,91	78,85	92,60	26,56	81,89	41,53	11,40	20,00	80,95
IG301	51,81	84,49	77,51	25,22	89,74	5,00	2,00	68,87	80,95
IT040	12,65	51,2	99,93	0,14	90,75	65,83	2,00	66,61	84,52
IT040	63,63	69,73	93,37	14,74	90,82	5,00	2,00	73,94	84,52
IU100	79,53	98,41	99,54	99,85	85,37	95,38	15,31	82,39	80,95
IU100	79,53	98,41	97,21	96,34	81,89	96,41	6,61	86,05	84,52
IU100	79,53	88,70	99,24	99,00	87,70	91,26	20,97	85,98	73,39
LG350	79,53	88,70	96,48	94,77	90,75	58,20	18,12	85,44	84,52
LG350	79,53	90,81	95,49	91,26	85,37	52,11	36,25	85,44	92,14
LG350	79,53	89,59	99,04	87,36	93,29	48,20	20,15	84,73	80,95
LG350	79,53	92,81	95,65	89,49	89,74	67,43	20,93	81,83	84,34
LG350	79,53	97,71	93,10	91,26	89,24	82,82	16,67	86,69	84,52
LG350	79,53	96,84	93,10	91,11	90,75	76,85	55,07	86,61	88,80
LG351	79,53	89,59	94,93	90,14	83,67	62,86	12,67	86,61	92,14
LG351	79,53	90,81	95,49	91,26	79,37	50,32	43,12	84,92	88,80
LG351	79,53	90,93	99,56	87,36	93,29	49,29	15,31	85,19	80,95
LG351	79,53	92,95	98,32	93,95	87,70	68,82	43,12	81,83	84,34
LG351	79,53	96,77	92,20	89,25	90,82	86,47	40,00	85,77	84,52
LG351	79,53	90,93	93,10	98,30	90,75	62,62	15,00	85,70	88,80
MC410	74,75	84,49	93,50	56,86	83,67	68,52	2,00	82,67	80,95
MC410	44,68	39,66	95,49	38,35	93,29	5,00	2,00	81,12	71,17

**APÊNDICE A – Valores de 2018 obtidos na curva média de qualidade**  
(continuação)

MC410	44,68	76,10	95,44	54,62	87,70	5,00	2,00	83,96	80,95
MC410	29,65	75,90	93,31	29,32	89,74	62,88	2,00	81,69	84,52
MC410	46,15	74,67	94,41	62,53	92,27	5,00	2,00	79,43	84,34
PI0241	55,37	76,10	96,80	52,53	87,91	17,82	3,28	84,64	84,52
PI0241	51,81	80,30	94,41	14,02	92,02	72,56	3,52	83,23	73,39
PM360	8,04	46,79	100,00	7,42	90,75	68,82	2,00	77,88	77,14
PM360	8,04	37,78	99,44	8,20	89,74	60,76	2,00	78,73	80,95
PM360	29,65	80,30	91,77	31,79	89,24	5,00	2,00	75,56	80,95
PO290	12,65	36,16	100,00	5,89	87,70	76,02	2,00	76,47	84,34
PO290	44,68	89,55	96,89	17,18	93,29	64,87	5,31	85,21	73,39
PO290	18,81	78,92	99,86	14,98	92,02	60,64	4,76	83,20	92,14
PO290	44,68	87,93	99,24	22,38	81,89	59,65	8,04	85,49	71,17
PO290	63,63	74,29	99,54	9,39	78,35	63,58	6,61	84,08	88,80
PO290	29,65	76,10	99,02	18,52	93,29	66,47	8,04	84,36	88,80
PR000	29,65	47,25	100,00	6,58	93,29	71,60	2,00	55,14	77,14
PR000	18,81	50,02	96,75	0,14	93,29	5,00	2,00	79,43	84,52
QM270	2,00	23,91	100,00	0,14	90,82	61,41	2,00	54,15	73,39
QM270	2,00	32,00	100,00	0,14	90,75	67,34	2,00	61,83	80,95
QM270	2,00	32,08	100,00	0,14	90,75	51,79	2,00	55,26	88,80
QM270	18,81	43,42	97,44	8,75	92,27	57,69	12,67	80,57	77,14
QM270	8,04	30,53	99,02	0,14	92,02	67,17	2,00	58,39	92,14
QM270	8,04	33,22	99,02	9,40	87,91	63,78	2,00	72,22	88,80
QM271	2,00	21,81	99,93	5,89	90,82	51,79	2,00	59,69	66,41
QM271	2,00	30,06	100,00	0,14	92,27	52,05	2,00	65,95	80,95
QM271	2,00	34,62	100,00	0,14	90,75	77,50	2,00	60,74	84,52
QM271	18,81	35,36	99,86	0,14	92,02	76,15	2,00	65,43	92,14
QM271	2,00	26,51	99,86	0,14	87,91	49,29	2,00	63,38	88,80
SA030	79,53	97,71	99,02	75,43	81,89	89,42	20,97	20,00	60,77
SA030	79,53	97,71	99,44	81,18	90,75	90,69	37,18	20,00	88,80
SC490	71,11	94,96	99,44	87,89	90,75	87,94	7,09	84,36	77,14
SC490	79,53	92,81	97,21	88,04	87,70	81,28	13,35	66,28	84,52
SC490	79,53	92,81	99,24	98,65	81,89	59,48	4,21	55,99	77,14
SF080	79,65	93,62	98,32	96,36	57,59	46,98	13,59	85,06	84,52
SF080	79,53	89,59	93,10	96,86	92,27	65,25	20,97	85,91	80,95
SH300	79,53	96,84	97,44	95,52	89,39	92,56	26,25	76,90	77,14
SH300	79,53	96,77	96,89	94,40	81,89	85,32	21,17	56,68	80,95
SH300	79,53	89,93	99,24	94,66	92,27	56,34	13,35	86,20	77,14
SN331	79,53	96,77	95,57	96,66	72,25	48,87	15,31	86,61	73,39
SN331	79,53	88,70	97,44	99,85	92,27	57,94	15,00	85,91	84,52
SN331	79,53	75,16	98,65	92,38	90,82	5,00	9,39	80,84	71,17
SN331	79,53	92,95	98,65	95,83	92,27	57,30	16,67	85,63	84,52
SN331	79,53	73,08	99,93	95,97	89,39	5,00	4,21	76,99	92,14
SP310	79,53	92,81	98,65	94,77	93,29	76,53	12,67	85,99	77,14
SP310	79,53	92,81	97,49	93,28	83,67	74,35	43,12	85,99	71,17
SP310	79,53	94,96	96,89	95,97	90,82	76,92	31,71	86,48	88,27
SP310	79,53	90,81	98,32	99,47	90,82	60,76	21,17	80,00	73,39

**APÊNDICE A** – Valores de 2018 obtidos na curva média de qualidade  
(conclusão)

SP310	79,53	94,96	99,04	94,66	81,89	79,10	20,97	85,63	80,95
SP310	79,53	85,83	99,04	95,52	89,74	63,74	23,54	84,79	80,95
VS660	29,65	48,05	99,93	0,14	93,29	60,64	2,00	57,70	84,52
VS660	2,00	32,00	100,00	8,28	81,89	29,74	2,00	20,00	84,52

Legenda: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Fosfato Total (PT); Nitrato (NO<sub>3</sub>); Oxigênio Dissolvido (OD); Potencial Hidrogeniônico(pH); Turbidez (T); Coliformes Termotolerantes (CT); Sólidos Totais Dissolvidos (STD); Temperatura (TEMP).

Fonte: A autora, 2023.

**APÊNDICE B** – Valores de 2019 obtidos na curva média de qualidade  
(continua)

<b>Estação</b>	<b>DBO</b>	<b>PT</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>OD</b>	<b>pH</b>	<b>T</b>	<b>CT</b>	<b>STD</b>	<b>TEMP</b>
CA140	80,20	85,17	99,01	55,87	85,15	82,17	3,95	86,29	88,72
CA140	80,20	80,20	97,25	90,31	91,38	5,00	4,96	85,94	77,03
CA140	80,20	95,93	99,10	93,26	89,55	81,39	4,96	86,22	70,00
CA140	80,20	98,75	97,49	93,74	91,38	89,86	53,38	20,00	71,69
EN670	80,20	89,03	97,25	84,76	91,38	49,53	14,06	80,99	91,81
EN670	80,20	91,26	96,26	88,78	90,88	77,10	19,71	80,63	80,66
EN670	80,20	98,75	99,10	79,53	91,00	66,40	26,61	82,85	49,87
GM180	18,53	44,34	98,98	9,24	89,87	39,35	2,00	72,07	84,30
GM180	7,62	80,75	95,28	9,55	90,88	46,81	2,00	73,82	84,06
GM180	9,30	48,48	95,28	2,83	90,12	45,18	2,00	74,92	88,72
GM180	7,06	34,13	98,98	0,44	85,15	51,94	2,00	74,72	64,90
GN200	63,00	89,02	94,35	6,48	89,37	68,38	19,46	84,82	91,81
GN200	78,95	88,26	93,86	89,92	91,00	50,98	10,12	85,10	80,66
GN200	80,20	95,99	96,12	87,84	91,38	56,41	20,94	86,15	88,72
GN200	80,20	93,54	96,12	87,98	87,35	51,11	10,12	85,31	84,30
GN200	80,20	93,44	94,42	92,08	86,11	40,46	19,71	85,10	79,69
GN200	80,20	94,27	94,50	96,94	91,00	84,67	18,73	85,66	79,69
GN200	80,20	95,10	94,42	94,02	91,46	83,88	20,94	86,85	84,30
GN200	80,20	93,44	94,35	97,42	89,37	86,45	16,76	85,94	88,72
GN200	80,20	95,10	94,34	96,71	90,88	93,48	27,23	85,66	77,03
GN200	80,20	94,27	96,47	90,24	91,38	83,37	14,79	85,10	86,72
GN201	80,20	95,51	94,35	95,22	90,12	74,47	15,04	85,66	84,06
GN201	80,20	93,44	92,04	99,29	89,87	50,36	4,63	83,61	84,06
GN201	80,20	95,10	96,12	94,47	85,15	54,32	22,92	85,73	77,03
GN201	77,13	95,99	94,08	94,47	91,38	54,27	17,01	83,98	84,30
GN201	80,20	93,54	94,08	98,19	91,46	31,31	63,23	84,98	70,00
GN201	80,20	96,48	93,86	98,19	90,12	89,21	63,23	86,26	84,30
GN201	80,20	96,48	93,94	96,94	91,38	85,98	37,38	86,52	84,30
GN201	80,20	96,48	94,35	98,09	91,38	91,31	35,84	86,52	84,30
GN201	80,20	96,48	94,43	97,83	91,46	94,47	28,46	86,29	73,63
GN201	80,20	97,10	96,47	95,00	91,00	80,52	19,71	85,66	88,72
GR100	42,86	58,41	85,28	22,61	90,12	50,19	4,96	20,00	84,30
GR100	70,00	87,50	94,22	53,43	89,55	5,00	3,95	71,13	84,06
GR100	42,86	71,10	81,05	59,47	89,37	48,60	5,88	20,00	73,63
GR100	7,06	66,96	88,02	99,25	85,15	51,38	8,65	20,00	62,48
IG010	80,20	93,05	97,88	93,10	90,12	84,95	18,73	86,78	87,45
IG010	80,20	95,93	98,16	92,08	89,55	88,16	23,23	70,56	90,12
IG010	80,20	95,10	98,09	98,35	90,88	67,00	10,12	79,64	91,81
IG301	34,75	58,41	97,49	15,89	89,87	5,00	18,52	70,85	88,72
IG301	80,69	84,89	96,12	24,77	85,15	24,49	12,78	72,63	84,30
IG301	2,00	80,57	81,00	13,05	91,46	41,97	10,12	20,00	82,60
IG301	16,21	59,51	85,35	23,54	89,37	50,19	28,76	20,00	76,30
IT040	2,00	30,82	98,98	0,44	90,12	55,59	2,00	65,74	80,66
IT040	42,86	55,37	97,88	8,95	89,87	55,26	2,00	69,14	91,81
IT040	28,44	55,10	98,98	10,07	89,87	70,32	2,00	72,12	77,03

**APÊNDICE B** – Valores de 2019 obtidos na curva média de qualidade  
(continuação)

IT040	2,00	30,00	98,98	0,44	89,37	61,95	2,00	66,88	44,78
IU100	80,69	88,34	97,49	45,97	74,27	94,97	7,53	78,54	80,66
IU100	80,20	97,10	97,95	97,72	89,87	78,22	14,06	83,42	80,66
IU100	80,20	98,75	97,49	95,67	91,38	95,99	16,76	82,02	71,69
IU100	80,20	98,75	98,91	96,94	91,38	95,06	57,38	20,00	58,36
LG350	80,20	93,54	92,81	89,77	89,37	74,62	34,30	85,66	91,81
LG350	80,20	93,54	92,04	86,64	90,12	60,12	8,65	85,10	84,06
LG350	80,20	99,94	94,55	89,40	85,15	57,91	28,46	85,10	88,72
LG350	80,20	95,51	95,07	87,98	91,46	55,70	36,15	85,66	80,66
LG350	80,20	97,10	96,47	86,41	90,88	20,06	18,73	84,82	87,45
LG350	80,20	95,10	94,60	94,17	90,12	84,46	61,07	85,66	90,12
LG350	80,20	96,48	93,94	96,79	91,46	83,72	28,46	86,50	84,30
LG350	80,20	96,48	94,35	93,25	91,38	91,51	63,23	86,52	88,72
LG350	80,20	97,10	94,55	96,04	91,38	95,06	28,46	86,26	73,63
LG350	80,20	95,10	96,47	82,15	91,00	82,89	20,94	85,10	89,39
LG351	28,44	91,24	94,22	50,00	89,87	73,94	23,84	85,10	87,45
LG351	80,20	93,54	94,32	90,59	90,12	30,00	8,65	84,46	91,81
LG351	80,20	95,93	95,23	87,84	90,12	53,94	28,46	85,66	88,72
LG351	80,20	95,51	95,07	79,48	90,88	55,61	32,46	85,63	80,66
LG351	80,20	91,26	96,12	85,00	87,35	20,56	20,94	85,10	87,45
LG351	80,20	96,48	94,55	93,35	89,55	87,43	37,38	85,66	84,30
LG351	80,20	96,48	94,22	94,71	90,88	90,74	42,92	86,78	88,72
LG351	80,20	97,10	94,55	94,77	91,46	93,45	61,07	85,63	73,63
LG351	80,20	95,93	98,09	90,29	90,12	50,19	8,65	82,07	91,81
MC410	63,00	58,41	97,25	99,32	91,46	86,31	2,00	77,98	88,72
MC410	54,33	84,34	93,61	68,73	89,87	21,31	2,00	85,10	88,72
MC410	50,41	78,55	94,34	38,62	89,87	69,47	2,00	81,77	88,72
MC410	23,84	79,37	94,15	33,58	91,46	68,35	3,76	64,60	80,66
MC410	50,41	70,82	96,12	21,34	91,38	88,89	2,00	80,75	80,66
MC410	28,44	72,75	98,72	22,23	81,06	82,10	4,16	83,61	80,66
MC410	18,53	63,37	97,25	15,44	90,12	74,18	2,00	81,77	80,66
MC410	23,84	57,10	95,23	28,20	91,38	84,59	2,00	77,68	88,72
MC410	34,75	57,44	97,95	17,46	91,00	88,88	2,00	79,60	73,63
MC410	42,86	89,02	99,22	36,94	90,12	37,39	2,00	77,87	88,72
PI0241	71,39	84,31	94,60	81,56	91,38	36,84	2,00	80,56	88,72
PI0241	41,46	80,06	93,75	35,29	84,59	88,75	2,00	76,73	79,69
PI0241	50,41	84,31	90,85	21,34	90,12	86,77	2,00	79,21	80,66
PI0241	34,75	91,24	96,70	27,61	90,12	54,28	10,12	83,73	88,72
PM360	13,21	27,24	99,78	7,91	89,87	69,95	2,00	76,52	84,30
PM360	39,58	72,20	95,67	37,46	85,15	21,24	2,00	77,44	91,81
PM360	23,84	57,44	98,09	15,29	90,12	79,41	2,00	80,45	70,00
PM360	18,53	37,72	99,78	7,01	89,37	82,76	43,53	20,00	59,81
PO290	9,30	30,00	99,78	99,10	91,38	71,31	2,00	66,31	84,06
PO290	42,86	87,10	99,01	17,61	81,06	48,94	3,95	80,98	73,63
PO290	63,00	70,82	98,73	11,56	81,06	62,36	3,95	77,87	77,03
PO290	18,53	85,17	99,01	28,20	90,12	21,84	5,88	85,66	80,66



**APÊNDICE B** – Valores de 2019 obtidos na curva média de qualidade  
(continuação)

PO290	80,69	63,10	98,98	9,77	85,15	69,36	3,56	78,72	77,03
PO290	28,44	48,48	99,78	10,97	85,15	73,20	2,00	74,25	77,03
PO290	28,44	38,27	99,78	10,60	89,37	5,00	2,00	71,77	73,63
PO290	13,21	36,89	98,98	6,75	90,12	77,76	2,00	77,68	80,66
PO290	18,53	38,00	98,73	7,38	89,87	79,93	2,00	75,95	73,63
PO290	28,44	87,50	99,10	19,47	89,37	25,32	4,96	79,57	85,03
PR000	7,62	28,62	98,98	0,44	91,38	22,10	2,00	20,00	80,66
PR000	28,44	57,31	99,78	7,16	91,00	53,88	2,00	59,21	76,06
PR000	28,44	37,44	98,73	0,44	89,87	18,34	2,00	20,00	84,30
PR000	2,00	28,89	98,98	0,44	90,12	24,37	2,00	20,00	44,54
QM270	42,86	35,79	98,98	88,35	89,87	66,29	2,00	77,65	87,45
QM270	23,84	65,03	97,19	23,88	91,46	54,43	2,00	66,24	77,03
QM270	28,44	35,79	98,98	4,40	91,00	56,76	2,00	67,58	80,66
QM270	18,53	65,31	94,08	19,92	89,55	58,54	2,00	74,18	84,30
QM270	2,00	25,03	98,98	5,93	91,38	67,95	2,00	62,26	58,36
QM270	7,62	30,22	99,78	0,44	91,00	68,07	2,00	64,74	77,03
QM270	2,00	22,14	98,98	0,44	91,38	46,55	2,00	57,87	73,63
QM270	2,00	22,27	98,98	0,44	90,88	61,61	2,00	63,65	80,66
QM270	28,44	75,79	89,78	32,48	90,12	50,32	2,00	54,61	89,39
QM271	2,00	42,81	99,78	94,06	91,00	35,26	2,00	59,36	87,45
QM271	9,30	37,65	97,87	7,74	90,88	51,96	2,00	59,07	77,03
QM271	7,62	87,24	98,98	0,44	91,38	54,55	2,00	56,09	77,03
QM271	34,75	63,37	93,47	21,95	87,35	56,20	2,00	72,63	84,30
QM271	9,30	28,29	98,98	4,13	91,46	73,50	2,00	65,36	52,30
QM271	2,00	25,31	98,73	0,44	91,38	67,97	2,00	60,21	73,63
QM271	2,00	21,51	98,98	0,44	91,46	44,56	2,00	85,63	73,63
QM271	7,62	24,96	98,98	6,24	90,88	68,54	2,00	68,14	84,30
QM271	9,30	24,48	98,73	0,44	91,38	73,97	2,00	63,17	77,03
QM271	18,53	93,54	90,18	22,38	91,00	33,35	2,00	65,00	88,72
SA030	80,20	93,44	97,88	85,63	90,12	56,56	18,73	20,00	87,45
SA030	80,20	97,10	99,57	66,60	86,11	87,03	61,07	20,00	86,00
SA030	80,20	95,93	99,78	73,30	86,11	81,45	14,79	20,00	72,18
SC490	80,69	93,44	98,91	69,94	91,38	86,75	4,56	20,00	77,03
SC490	80,20	95,51	99,10	98,12	91,00	73,43	7,67	85,10	84,06
SC490	71,39	95,10	99,10	79,31	89,37	87,48	5,88	20,00	77,03
SC490	80,20	95,10	97,49	90,45	89,87	92,51	32,15	20,00	55,45
SF080	80,20	81,03	92,04	96,54	91,00	73,97	20,94	85,94	80,66
SF080	80,20	93,54	95,51	93,75	89,55	75,36	20,94	85,66	79,69
SF080	80,20	94,27	95,71	96,76	91,38	73,70	49,07	86,78	65,87
SF080	80,20	94,27	94,34	92,48	91,00	75,82	22,92	85,66	57,15
SH300	80,69	87,50	97,95	85,78	77,29	88,01	16,76	20,00	77,03
SH300	80,20	95,93	99,01	95,67	89,55	83,96	11,11	85,66	87,45
SH300	80,20	98,75	99,10	96,76	89,87	93,31	14,79	20,00	77,03
SH300	80,20	98,75	98,91	94,71	90,12	92,25	33,07	20,00	57,15
SN331	80,20	88,26	98,41	93,45	90,12	5,00	13,32	85,10	88,72
SN331	80,20	70,27	98,09	98,14	91,46	5,00	3,56	81,77	88,72

**APÊNDICE B** – Valores de 2019 obtidos na curva média de qualidade  
(conclusão)

SN331	80,20	94,27	99,10	95,71	86,11	46,95	22,92	86,29	80,66
SN331	78,95	93,05	97,25	92,93	87,35	43,24	11,11	82,30	80,66
SN331	71,39	95,51	99,10	97,96	68,99	57,94	63,23	86,78	65,87
SN331	80,20	97,10	99,10	99,00	87,35	66,15	42,92	85,66	80,66
SN331	80,20	97,10	97,49	97,06	87,35	73,97	14,79	86,22	77,03
SN331	80,20	97,10	97,49	98,19	87,35	72,64	16,76	85,10	80,66
SN331	80,20	96,48	97,49	95,39	89,55	84,56	16,76	85,66	77,03
SN331	80,20	95,99	99,78	99,19	87,35	57,68	16,76	85,66	89,39
SP310	80,20	87,50	97,87	89,54	85,15	77,41	63,23	86,52	88,72
SP310	80,20	89,03	99,01	96,24	89,37	29,20	22,92	85,94	88,72
SP310	80,20	95,10	98,09	95,39	91,00	68,01	35,84	85,73	80,66
SP310	80,20	88,34	97,95	64,43	89,87	26,55	16,76	86,78	84,30
SP310	80,20	95,10	97,95	91,50	86,11	77,54	38,61	86,50	65,87
SP310	80,20	95,93	98,65	94,13	91,00	85,25	32,46	85,66	80,66
SP310	80,20	97,10	97,95	98,32	91,00	85,72	37,38	86,50	77,03
SP310	80,20	98,75	97,87	98,49	91,46	87,74	16,76	86,50	80,66
SP310	80,20	97,10	97,95	97,06	91,38	89,07	22,92	85,94	77,03
SP310	80,20	95,10	97,95	94,43	91,00	37,35	13,32	86,22	85,03
VS660	7,62	32,48	99,78	11,05	91,38	50,10	2,00	60,66	80,66
VS660	28,44	57,86	96,47	27,08	90,12	57,58	2,00	72,18	76,06
VS660	2,00	38,00	97,95	9,02	89,87	60,46	2,00	59,36	80,66
VS660	13,21	25,86	98,98	0,44	85,15	65,36	2,00	56,47	41,15

Legenda: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Fosfato Total (PT); Nitrato (NO<sub>3</sub>); Oxigênio Dissolvido (OD); Potencial Hidrogeniônico(pH); Turbidez (T); Coliformes Termotolerantes (CT); Sólidos Totais Dissolvidos (STD); Temperatura (TEMP).

Fonte: A autora, 2023.

ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continua)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitro (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Coliformes Termotolerantes MPN/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C	
CA140	Rio Cação	Itaguaí	7/3/18	62,6	< 2,0	0,19	0,19	7,4	7,9	17,00	3.500	65	24	27	
			3/4/18	58,0	< 2,0	0,08	0,13	7,8	6,9	12,00	17.000	78	24	26	
			15/8/18		< 2,0	0,09		8,2	7,2	3,49	7.900	77	20	24	
			24/10/18		< 2,0	0,15		7,6	7,2	5,19	11.000	65	24	24	
			26/11/18	43,0	3,0	0,18	0,41	8,0	6,5	198,00	24.000	84	22	25	
EN670	Rio Engenho Velho	Rio de Janeiro	28/2/18	58,0	< 2,0	0,39	0,11	5,8	7,4	79,70	1.300	165	26	30	
			15/8/18		< 2,0	0,11		6,6	6,7	27,00	83	129	20	24	
			24/10/18		4,0	0,65		6,0	7,1	103,00	3.400	214	22	30	
GM180	Rio Guandu-Mirim	Rio de Janeiro	26/11/18	44,2	2,4	0,41	0,88	6,2	7,0	186,00	12.000	185	23	25	
			28/2/18	23,6	8,0	0,66	0,37	0,8	7,5	145,00	350.000	156	25	25	
			15/8/18		28,0	0,86		4,2	7,3	35,80	920.000	159	20	23	
			24/10/18		20,0	0,70		0,0	7,3	24,20	> 1.600.000	243	25	24	
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	26/11/18	18,7	16,0	0,54	0,05	0,0	7,5	124,00	540.000	156	24	23	
			23/1/18	60,3	< 2,0	0,44	0,06	6,6	6,5	2,19	4.900	31	27	25	
			27/2/18	61,6	3,0	0,10	0,43	7,0	8,5	31,70	2.300	92	25	24	
			14/3/18	63,3	< 2,0	0,08	0,38	7,0	7,4	28,20	3.300	78	25	24	
			3/4/18	61,9	< 2,0	0,07	0,56	6,8	7,2	18,00	5.400	< 0,2	26	26	
			8/5/18		< 2,0	0,07		7,6	7,0	8,16	790	63	24	24	
			5/6/18		< 2,0	0,05		7,6	7,4	5,67	4.900	81	23	23	
			10/7/18		< 2,0	0,07		7,8	7,4	4,65	680	62	20	20	
			14/8/18		< 2,0	0,07		7,8	7,4	4,63	3.500	70	21	23	
			4/9/18		< 2,0	0,07		7,8	7,5	3,84	780	57	22	22	
			2/10/18		< 2,0	0,12		7,0	7,4	4,49	3.300	81	22	25	
			7/11/18	62,2	< 2,0	0,14	1,02	7,0	7,1	7,52	3.300	76	22	28	
			6/12/18	62,3	< 2,0	0,16	1,17	6,6	7,6	9,85	4.900	82	25	24	
			GN201	Seropédica	Seropédica	23/1/18	60,0	< 2,0	0,11	0,44	7,4	7,4	22,70	5.400	80
27/2/18	64,6	< 2,0				0,07	0,50	7,4	7,7	35,50	2.000	83	25	27	
14/3/18	67,0	< 2,0				0,07	0,40	7,8	7,5	27,00	820	88	25	32	
3/4/18	65,3	< 2,0				0,07	0,42	7,4	6,7	28,00	1.700	< 0,2	29	27	

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continuação)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)												
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>NSF</sub>														
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (PT) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) -mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) -uT	Coliformes Termotolerantes MP/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	*Temperatura da água - °C	*Temperatura do ar - °C
GN201	Rio Guandu	Seropédica	8/5/18		< 2,0	0,08		7,8	7,2	6,38	790	84	24	24
			5/6/18		< 2,0	0,03		8,2	7,0	10,80	400	36	18	19
			10/7/18		< 2,0	0,04		8,8	7,2	3,40	360	61	20	19
			14/8/18		< 2,0	0,07		8,6	7,3	4,34	1.300	67	21	25
			4/9/18		< 2,0	0,05		8,4	7,3	2,97	640	62	22	25
			2/10/18		< 2,0	0,13		8,4	7,1	3,37	7.900	93	24	27
			7/11/18	58,8	< 2,0	0,07	1,16	7,6	7,0	6,23	17.000	68	24	24
			6/12/18	66,3	< 2,0	0,09	1,08	6,8	7,6	14,40	2.000	89	26	27
GR100	Rio de Guarda	Itaguaí	28/2/18	29,8	16,0	0,30	3,24	1,6	7,0	33,70	22.000	673	25	26
			15/8/18		3,0	0,35		4,4	7,1	16,30	14.000	92	21	25
			24/10/18		12,0	0,39		2,0	7,2	21,90	49.000	1.174	25	27
			26/11/18	27,4	12,0	0,42	1,48	1,6	7,1	79,60	79.000	384	22	26
IG010	Rio Ingaíba	Mangaratiba	30/1/18	71,0	< 2,0	< 0,01	0,09	7,8	7,5	4,82	1.300	128	23	23
			4/7/18		< 2,0	0,03		7,8	7,2	8,30	930	1.400	21	21
			12/12/18	77,5	< 2,0	< 0,01	0,20	8,0	7,4	1,69	200	173	21	22
IG301	Rio Itaguaí	Itaguaí	7/3/18	33,8	12,0	0,23	0,33	2,6	7,9	20,00	23.000	646	23	30
			3/4/18	38,8	10,0	0,34	1,29	3,0	6,8	46,00	6.400	826	25	28
			15/8/18		8,0	0,36		2,8	7,0	22,50	4.100	2.126	20	23
			24/10/18		12,0	0,54		2,0	7,1	38,70	8.200	987	25	24
			26/11/18	29,5	6,0	0,26	4,53	3,0	7,1	222,00	140.000	225	22	25
IT040	Canal do Itá	Rio de Janeiro	28/2/18	21,2	20,0	0,74	0,01	0,0	7,6	16,90	540.000	234	26	28
			15/8/18		28,0	1,66		1,4	7,1	22,30	350.000	274	22	25
			24/10/18		24,0	1,22		0,0	7,2	24,60	> 1.600.000	273	24	27
			26/11/18	28,3	4,0	0,48	1,44	2,0	7,2	104,00	350.000	186	24	26
			7/3/18	66,4	< 2,0	< 0,01	0,08	8,4	7,9	1,10	3.300	27	23	26
IU100	Rio Itinguçu	Mangaratiba	3/4/18	59,3	< 2,0	< 0,01	0,16	8,2	6,8	0,83	17.000	76	21	23
			15/8/18		3,0	0,02		8,4	6,9	1,10	78	57	18	24
			24/10/18		< 2,0	0,03		8,8	7,0	0,56	5.400	29	20	25
			26/11/18	68,7	< 2,0	0,10	0,47	8,6	6,9	2,97	1.300	46	20	25

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A avaliação de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0



ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continuação)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>N5F</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>N5F</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) - mg/L	Fósforo Total (PT) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) - mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Coliformes Termotolerantes MPN/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C	
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	23/1/18	66,4	< 2,0	0,10	0,43	7,2	7,6	22,50	1.700	82	27	29	
			27/2/18	72,7	< 2,0	0,07	0,49	7,0	7,9	30,20	230	82	24	24	
			14/3/18	64,8	< 2,0	0,09	0,38	6,6	7,4	35,80	1.400	97	25	28	
			3/4/18	67,8	< 2,0	0,04	0,34	6,4	7,1	16,00	1.200	22	28	26	
			8/5/18		< 2,0	0,07		8,0	7,1	10,60	2.800	90	24	24	
			5/6/18		< 2,0	0,05		7,8	7,2	5,29	2.400	38	20	20	
			10/7/18		< 2,0	0,04		7,2	7,3	4,26	45	72	20	19	
			14/8/18		< 2,0	0,05		7,8	7,4	5,46	45	82	21	21	
		4/9/18		< 2,0	0,08		7,8	7,4	3,86	1.100	49	22	28		
		2/10/18		< 2,0	0,08		7,0	7,2	6,80	330	94	23	24		
		7/11/18	66,8	< 2,0	0,01	1,11	7,0	7,0	7,03	2.200	71	24	26		
		6/12/18	80,3	< 2,0	0,02	1,12	6,8	7,6	9,91	45	74	26	27		
		LG351	Paracambi	23/1/18	61,7	< 2,0	0,09	0,43	6,6	8,0	18,90	5.400	74	27	27
				27/2/18	73,4	< 2,0	0,07	0,49	7,0	8,1	32,60	130	70	24	25
				14/3/18	61,4	< 2,0	0,08	0,36	6,6	7,4	34,70	3.300	83	25	28
				3/4/18	76,2	< 2,0	0,06	0,33	7,0	6,9	15,00	130	22	28	26
8/5/18				< 2,0	0,06		7,2	7,0	5,07	93	55	24	24		
5/6/18				< 2,0	0,04		7,4	7,3	4,97	45	78	18	22		
10/7/18				< 2,0	0,03		7,6	7,4	3,34	45	62	20	19		
14/8/18				< 2,0	0,05		7,6	7,7	4,76	2.400	67	21	23		
4/9/18		< 2,0	0,04		8,0	7,5	2,74	68	57	22	28				
2/10/18		< 2,0	0,08		6,8	7,3	4,32	330	77	23	25				
7/11/18	76,0	< 2,0	0,03	1,18	6,8	7,2	5,43	170	61	24	26				
6/12/18	64,6	< 2,0	0,08	1,12	7,6	7,6	18,80	3.300	62	26	27				
MC410	Rio Macaco	Paracambi	23/1/18		100,0		0,02	0,0	6,3	5780,00	540.000	314	28	25	
			27/2/18	44,6	3,0	0,26	1,23	5,0	8,0	15,20	350.000	113	23	26	
			14/3/18	29,1	8,0	1,10	0,48	3,8	7,4	381,00	540.000	124	24	30	
			3/4/18	33,7	8,0	0,36	1,00	4,6	6,9	135,00	540.000	36	26	29	
			8/5/18		68,0	1,21		1,4	7,2	102,00	540.000	213	24	24	
			5/6/18		10,0	0,51		3,4	7,2	7,26	240.000	129	20	20	

\*Na composição do IQA<sub>N5F</sub> utiliza-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.

Obs: A qualidade de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>N5F</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0


ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continuação)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)												
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>N5F</sub>														
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>N5F</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Coliformes Termotolerantes MPN/100ml	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C
MC410	Rio Macaco	Paracambi	10/7/18		10,0	0,57		2,4	7,3	5,63	49.000	142	19	19
			14/8/18		16,0	0,60		3,8	7,3	7,90	920.000	157	18	20
			4/9/18		16,0	0,48		2,6	7,2	32,00	350.000	134	22	28
			2/10/18		12,0	0,80		2,4	7,2	9,68	1.600.000	133	23	26
			7/11/18	35,6	12,0	0,38	1,20	3,4	7,1	18,70	130.000	122	22	24
			6/12/18	35,0	7,0	0,43	1,04	5,0	7,5	173,00	350.000	139	26	24
			20/2/18	39,9	3,0	0,36	0,33	4,6	7,8	99,20	92.000	105	24	26
PI0241	Rio Pirai	Barra do Pirai	16/3/18		4,8	0,23		3,2	7,4	11,90	79.000	130	20	29
			11/9/18		8,0	0,21		1,4	7,1	5,37	22.000	132	20	20
			13/11/18	35,8	6,0	0,31	1,03	2,0	7,3	12,40	79.000	111	24	29
			7/3/18	24,1	24,0	0,87	< 0,01	1,0	7,6	15,00	1.600.000	139	26	30
PM360	Rio Piranema	Itaguaí	3/4/18	24,1	24,0	1,23	0,09	1,2	7,1	20,00	920.000	147	25	28
			15/8/18		36,0	0,73		1,6	7,0	10,80	240.000	156	21	24
			24/10/18		24,0	0,78		1,8	7,1	9,85	540.000	133	24	24
			26/11/18	29,1	12,0	0,31	1,46	3,6	7,0	135,00	1.600.000	169	22	25
			23/1/18	24,3	20,0	1,39	< 0,01	0,8	6,9	10,70	920.000	163	29	27
PO290	Rio dos Poços	Queimados	27/2/18	38,2	8,0	0,14	0,14	2,2	7,4	16,80	23.000	89	23	28
			14/3/18	33,5	16,0	0,37	0,04	2,0	7,3	20,40	33.000	110	25	25
			3/4/18	41,1	8,0	0,18	0,28	2,6	6,8	22,00	11.000	61	26	32
			8/5/18		6,0	0,71		2,4	7,1	9,34	11.000	130	24	24
			5/6/18		20,0	0,62		0,0	7,0	10,10	13.000	116	22	20
			10/7/18		24,0	1,12		1,2	7,5	12,20	540.000	162	20	19
			14/8/18		16,0	1,18		1,8	7,1	11,80	> 1.600.000	157	22	25
			4/9/18		28,0	1,21		0,0	7,2	37,30	> 1.600.000	190	22	23
			2/10/18		8,0	1,60		1,0	7,0	20,40	> 1.600.000	187	25	27
			7/11/18	37,3	4,0	0,39	0,08	1,4	6,7	18,20	17.000	106	22	23
			6/12/18	39,0	12,0	0,36	0,06	2,2	7,4	16,30	11.000	104	26	27
PR000	Rio Piraquê	Rio de Janeiro	28/2/18	26,1	12,0	0,88	< 0,01	0,8	7,4	12,90	920.000	329	26	30
			15/8/18		28,0	1,94		0,0	7,2	105,00	1.600.000	1.240	22	25
			24/10/18		28,0	1,67		0,0	7,5	43,60	> 1.600.000	748	25	30

\* Na composição do IQA<sub>N5F</sub> usa-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>N5F</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continuação)

		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>NF</sub>															
Estração de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Coliformes Totais mg/100ml	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	*Temperatura da água - °C	*Temperatura do ar - °C	
PR000	Rio Pirajá	Rio de Janeiro	25/11/18	18,1	15,0	0,81	0,81	0,0	7,4	192,00	350.000	139	24	26	
			23/1/18	13,2	40,0	2,68	< 0,01	0,0	7,2	19,90	> 1.600.000	347	27	32	
QM270	Rio Queimados	Queimados	27/2/18	18,4	36,0	1,67	< 0,01	0,0	7,6	16,40	1.600.000	289	25	28	
			14/3/18	16,2	52,0	1,64	< 0,01	0,0	7,6	29,80	> 1.600.000	332	25	26	
			3/4/18	32,4	16,0	0,97	0,11	1,2	7,5	24,00	3.400	129	28	32	
			8/5/18		36,0	2,66		0,0	7,3	45,10	> 1.600.000	286	24	24	
			5/6/18		44,0	2,21		0,0	7,6	33,30	540.000	246	22	22	
			10/7/18		44,0	1,87		0,0	7,5	29,10	> 1.600.000	284	20	19	
			14/8/18		40,0	2,39		0,0	7,4	21,90	> 1.600.000	324	23	26	
			4/9/18		48,0	1,56		0,0	7,3	166,00	> 1.600.000	246	22	24	
			2/10/18		28,0	2,95		0,0	7,4	23,60	> 1.600.000	278	25	27	
			7/11/18	18,3	24,0	1,75	0,05	0,0	7,3	15,90	> 1.600.000	309	23	23	
			6/12/18	28,6	24,0	1,47	0,05	1,4	7,8	18,40	1.600.000	197	26	27	
			23/1/18	17,0	40,0	2,99	0,01	0,8	7,2	29,80	> 1.600.000	302	27	34	
			27/2/18	16,1	48,0	1,74	< 0,01	0,0	7,5	30,30	> 1.600.000	260	23	26	
			14/3/18	18,9	36,0	1,41	< 0,01	0,0	7,6	9,54	> 1.600.000	298	24	26	
			3/4/18	26,6	24,0	1,47	< 0,01	1,2	7,4	22,00	> 16.000	167	28	34	
			QM271	Rio Queimados	Queimados	8/5/18		136,0	3,60		0,0	7,2	163,00	1.600.000	790
5/6/18		52,0				2,54		1,4	7,5	42,20	> 1.600.000	377	22	22	
10/7/18		44,0				1,69		0,0	7,6	21,80	920.000	315	20	19	
14/8/18		72,0				2,35		0,0	7,4	45,10	> 1.600.000	335	23	26	
4/9/18		60,0				1,82		0,0	7,4	207,00	> 1.600.000	202	22	24	
2/10/18		36,0				2,91		0,0	7,4	24,20	> 1.600.000	272	28	27	
7/11/18	21,7	16,0				1,37	0,04	0,0	7,3	10,40	> 1.600.000	266	23	23	
6/12/18	13,8	40,0				2,06	0,04	0,0	7,8	35,20	> 1.600.000	276	26	27	
30/1/18	60,9	< 2,0				0,01	0,06	3,8	6,8	3,92	1.300	27.827	25	18	
4/7/18		< 2,0				0,02		7,2	7,8	4,38	2.200	30.425	22	21	
12/12/18	70,9	< 2,0	0,01	0,09	6,4	7,6	2,95	200	39.364	23	24				
SC490	Rio do Saco	Mangaratiba	7/3/18	57,7	3,2	0,05	0,09	6,8	7,6	4,30	13.000	103	23	27	
			3/4/18	62,1	< 2,0	0,04	0,17	7,0	6,9	7,50	4.900	254	22	24	

\*Na composição do IQA<sub>NF</sub> usa-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0



ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(continuação)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitro (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Conformidade Termoclorinais MAP/100ml	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C	
SC490	Rio do Saco	Mangaratiba	15/8/18		< 2,0	0,09		7,2	6,9	3,64	24.000	2.487	20	24	
			24/10/18		< 2,0	0,07		8,8	6,9	2,93	35.000	684	21	25	
			26/11/18	52,0	< 2,0	0,04	0,28	8,4	6,8	21,20	35.000	331	21	25	
SF080	Canal de São Francisco	Rio de Janeiro	28/2/18		< 2,0	0,11	0,56	7,8	8,7	38,30	4.800	100	25	27	
			15/8/18		< 2,0	0,06		8,6	7,4	5,03	490	79	21	25	
			24/10/18		< 2,0	0,15		8,4	7,5	8,58	490	93	24	27	
			26/11/18	67,6	< 2,0	0,09	1,11	8,0	7,5	17,40	1.300	80	23	26	
SH300	Rio Sahy	Mangaratiba	7/3/18		< 2,0	0,02	0,12	7,8	7,7	2,60	490	159	23	27	
			3/4/18	67,6	< 2,0	0,03	0,21	7,8	6,8	5,50	1.100	325	22	25	
			15/8/18		< 2,0	0,01		8,4	6,7	1,67	1.300	1.791	18	24	
			24/10/18		< 2,0	0,12		8,0	6,8	1,95	1.100	346	20	25	
			26/11/18	60,8	< 2,0	0,14	0,46	8,0	7,5	25,40	4.900	58	21	25	
SN331	Rio Santana	Paracambi	23/1/18		< 2,0	0,05	0,17	7,8	7,8	413,00	> 16.000	132	29	27	
			27/2/18	60,8	< 2,0	0,03	0,15	8,2	8,3	35,30	3.500	68	22	27	
			14/3/18	64,5	< 2,0	0,10	0,11	8,4	7,5	23,00	3.300	77	25	27	
			3/4/18	43,7	< 2,0	0,40	0,22	9,6	7,2	256,00	9.200	15	26	32	
			8/5/18		< 2,0	0,07		8,2	7,5	23,10	13.000	35	24	24	
			5/6/18		< 2,0	0,09		9,2	7,4	28,40	4.900	58	20	22	
			10/7/18		< 2,0	0,03		9,2	7,5	11,10	1.700	57	20	19	
			14/8/18		< 2,0	0,06		9,4	8,1	20,60	4.900	43	20	22	
			4/9/18		< 2,0	0,11		8,6	7,9	21,00	24.000	57	23	28	
			2/10/18		< 2,0	0,05		7,2	7,2	7,13	1.300	84	23	26	
			7/11/18	65,7	< 2,0	0,06	0,22	8,0	7,5	23,60	2.200	48	22	24	
			SP310	Rio São Pedro	Japeri	6/12/18	43,1	< 2,0	0,45	0,32	7,6	7,7	418,00	35.000	158
23/1/18	62,5	< 2,0				0,04	0,22	7,4	7,4	10,20	5.400	50	25	29	
27/2/18	74,2	< 2,0				0,04	0,25	7,6	8,0	11,50	130	50	22	28	
14/3/18	74,7	< 2,0				0,05	0,20	7,6	7,2	10,10	330	61	25	24	
3/4/18	67,4	< 2,0				0,07	0,56	7,8	7,2	20,00	1.100	10	27	32	
8/5/18		< 2,0				0,03		8,0	6,9	10,10	2.300	45	24	24	
5/6/18		< 2,0				0,04		8,6	7,4	6,34	700	87	21	22	

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> utiliza-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0



ANEXO A – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2018)  
(conclusão)

ineia		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)												
Consolidado 2018 - Dados brutos e IQA <sub>NF</sub>														
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - uT	Coliformes Termotolerantes MPN/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C
SF310	Rio São Pedro	Japeri	10/7/18		< 2,0	0,02		8,4	7,3	4,71	490	49	19	19
			14/8/18		< 2,0	0,05		8,6	7,3	14,00	230	67	22	24
			4/9/18		< 2,0	0,05		8,2	7,3	11,00	110	66	22	26
			2/10/18		< 2,0	0,05		8,2	7,4	18,50	13.000	80	24	26
			7/11/18	68,5	< 2,0	0,05	0,39	8,0	6,8	8,84	1.300	48	21	24
			6/12/18	69,0	< 2,0	0,13	0,38	7,8	7,1	18,60	780	53	23	26
V5660	Vela do Sangue	Rio de Janeiro	28/2/18	28,7	12,0	0,83	0,01	0,0	7,4	20,80	920.000	316	27	29
			15/8/18		28,0	0,96		0,0	7,1	26,30	920.000	283	22	25
			24/10/18		32,0	1,00		0,0	7,3	28,20	> 1.600.000	332	27	29
			26/11/18	17,7	76,0	1,67	< 0,01	1,2	6,8	68,90	> 1.600.000	1.781	24	26

\*Na composição do IQA<sub>NF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde a diferença entre a temperatura de água no ponto de coleta e a temperatura do ar.

Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categorias de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

Fonte: INEA, 2018.

ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continua)

ineia Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (P <sub>T</sub> ) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	*Temperatura da água - °C	*Temperatura do ar - °C	
CA140	Rio Caçõ	Itaguaí	30/1/19	48,4	< 2,0	0,22	0,18	4,8	6,9	7,59	79.000	61	25	26	
			4/6/19	42,8	< 2,0	0,28	0,19	8,0	7,4	132,00	33.000	69	18	22	
			3/9/19	54,3	< 2,0	0,02	0,16	7,8	7,7	7,74	33.000	52	22	28	
			16/12/19	74,3	< 2,0	< 0,02	0,10	7,4	7,4	3,95	53	22.000	25	30,3	
EN670	Rio Engenho Velho	Rio de Janeiro	4/6/19	60,6	< 2,0	0,16	0,21	7,2	7,4	34,50	4.500	125	19	19	
			3/9/19	67,4	< 2,0	0,13	0,37	7,2	7,6	10,00	1.300	127	22	25	
			16/12/19	64,7	< 2,0	< 0,02	0,16	6,0	7,3	16,70	490	112	25,4	37	
GM180	Rio Guandu-Mirim	Rio de Janeiro	29/1/19	25,8	15,0	0,91	< 0,01	1,2	7,1	48,60	> 1.600.000	197	28	30	
			4/6/19	28,7	28,0	0,26	0,56	1,4	7,6	39,10	540.000	183	21	19	
			3/9/19	21,4	24,0	0,84	0,51	0,4	7,2	41,20	920.000	178	24	25	
			16/12/19	17,7	30,0	1,41	< 0,01	0,0	6,9	30,70	920.000	180	19,3	26,5	
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	22/1/19	43,1	4,0	0,15	1,15	0,8	7,0	15,40	1.400	97	29	29	
			19/2/19	57,6	2,2	0,18	1,03	6,4	7,3	32,10	7.900	88	29	32	
			26/3/19	67,4	< 2,0	0,07	0,60	6,6	7,4	25,70	1.100	68	25	26	
			19/4/19	58,2	< 2,0	0,10	0,63	6,8	7,8	31,70	7.900	42	24	26	
			22/5/19	64,3	< 2,0	0,09	0,80	7,4	7,9	47,20	1.300	80	24	21	
			24/6/19	68,0	< 2,0	0,08	1,07	8,0	7,3	6,42	1.700	73	23	20	
			30/7/19	70,1	< 2,0	0,05	0,80	8,2	7,5	7,17	1.100	35	20	22	
			27/8/19	67,7	< 2,0	0,09	1,14	8,2	7,0	5,55	2.300	65	23	24	
			16/9/19	73,4	< 2,0	0,05	0,71	7,8	7,6	2,24	480	47	25	29	
			16/10/19		< 2,0	0,08	0,79	7,8		4,38	680	61	23	24	
			11/11/19		< 2,0	0,02	0,19	7,2		6,45	3.300	54	25	25	
			11/12/19	65,3	< 2,0	0,08	0,53	7,0	7,4	7,00	3.300	89	24,4	23	
			GN201	Seropédica	Seropédica	22/1/19	64,1	< 2,0	0,06	1,15	7,0	7,2	11,90	3.900	77
19/2/19	52,9	< 2,0				0,09	1,25	7,6	7,1	33,20	39.000	104	29	27	
26/3/19	68,0	< 2,0				0,05	0,62	7,6	6,9	27,50	790	74	24	28	
15/4/19	64,1	2,4				0,07	0,65	7,6	7,4	27,80	2.500	37	24	26	
22/5/19	75,1	< 2,0				0,10	0,64	8,4	7,5	65,50	< 18	78	22	28	
24/6/19	84,4	< 2,0	0,04	1,00	8,4	7,2	4,38	< 18	65	22	24				

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura de água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continuação)

inec Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (P <sub>T</sub> ) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes NMP/100ml	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	* Temperatura da água - °C	* Temperatura do ar - °C	
GN201	Rio Guandu	Seropédica	30/7/19	77,0	< 2,0	0,04	0,84	8,6	7,4	1,73	200	59	20	22	
			27/8/19	77,0	< 2,0	0,04	1,13	8,8	7,4	3,55	230	59	23	23	
			16/9/19	73,4	< 2,0	0,04	0,78	8,2	7,5	2,01	450	61	23	28	
			16/10/19		< 2,0	0,07	0,79	8,0		5,10	1.100	62	23,8	27	
			11/11/19		< 2,0	0,05	0,20	7,4		3,86	3.300	63	26	23	
			11/12/19	69,9	< 2,0	0,03	0,53	7,8	7,3	8,39	1.300	87	23	24	
GR100	Rio da Guarda	Itaguaí	29/1/19	33,9	8,0	0,65	2,38	2,4	7,2	33,50	33.000	818	29	31	
			4/6/19	37,1	3,2	0,19	1,10	5,0	7,7	107,00	79.000	205	21	19	
			3/9/19	41,0	8,0	0,43	3,54	5,2	7,0	35,40	23.000	868	23	28	
			16/12/19	36,7	30,0	0,31	2,11	8,0	6,9	31,60	11.000	596	27,2	33	
IG010	Rio Ingaíba	Mangaratiba	12/3/19	68,4	< 2,0	0,11	0,26	7,6	7,2	6,27	1.700	54	23	22	
			14/5/19	71,5	< 2,0	0,02	0,13	7,4	7,7	4,69	780	213	23	23,5	
			14/8/19	61,9	< 2,0	0,05	0,32	9,2	7,6	16,30	7.900	136	18	18	
			7/10/19		< 2,0	0,03	0,03	7,8		2,23	200	288	22	23	
IG301	Rio Itaguaí	Itaguaí	30/1/19	34,4	10,0	0,67	0,10	2,0	7,1	105,00	1.800	210	25	26	
			4/6/19	44,1	2,0	0,23	0,62	3,0	6,9	81,80	5.600	193	21	23	
			3/9/19	25,2	32,0	0,27	3,45	1,8	7,5	45,50	7.900	715	23	23,5	
			16/12/19	39,3	18,0	0,63	2,51	2,6	7,0	33,40	436	23.000	25,3	29,5	
IT040	Canal do Itá	Rio de Janeiro	29/1/19	16,2	40,0	1,70	< 0,01	0,0	7,2	26,30	> 1.600.000	257	30	33	
			4/6/19	29,4	8,0	0,71	0,27	1,2	7,1	26,70	540.000	226	21	21	
			3/9/19	28,8	12,0	0,72	< 0,01	1,4	7,1	14,40	540.000	196	23	27	
			16/12/19	15,0	60,0	1,77	< 0,01	0,0	7,0	19,50	1.600.000	247	24	36,3	
IU100	Rio Itinguçu	Mangaratiba	30/1/19	50,9	2,0	0,17	0,10	4,2	6,6	1,96	13.000	144	25	28	
			4/6/19	64,1	< 2,0	0,03	0,22	9,0	7,1	9,42	4.500	30	18	21	
			3/9/19	67,0	< 2,0	< 0,02	0,11	8,4	7,4	1,00	2.300	22	20	23,5	
			16/12/19	73,9	< 2,0	< 0,02	0,08	8,0	7,4	1,88	35	33000	23	32	
LG330	Ribeirão das Lajes	Piraí	22/1/19	74,1	< 2,0	0,10	1,06	6,6	7,0	11,90	270	81	27	27	
			19/2/19	57,5	< 2,0	0,10	1,28	6,4	7,2	20,90	11.000	88	26	24	
			26/3/19	71,3	< 2,0	< 0,01	0,74	6,8	6,9	23,70	450	80	25	26	

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0



ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continuação)

inea Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>HQF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>HQF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	* Temperatura da Água - °C	* Temperatura do ar - °C	
LG350	Ribeirão das Lajes	Piraí	15/4/19	72,2	< 2,0	0,06	0,68	6,8	7,5	26,00	220	47	24	27	
			22/5/19	60,3	< 2,0	0,03	0,54	7,0	7,6	93,50	1.700	97	21	20	
			24/6/19	83,9	< 2,0	0,05	0,81	7,8	7,2	6,25	20	79	22,5	23	
			30/7/19	74,0	< 2,0	0,04	0,83	8,6	7,5	6,93	430	56	20	22	
			27/8/19	84,4	< 2,0	0,04	1,13	7,6	7,4	3,28	< 18	59	23	24	
			16/9/19	73,3	< 2,0	0,03	0,74	7,8	7,4	1,90	430	65	24	29	
			16/10/19		< 2,0	0,08	0,83	7,2		3,51	200	56	24	30	
			11/11/19		< 2,0	0,05	0,19	7,0		5,18	4.900	67	25	24	
			11/12/19	69,2	< 2,0	0,05	0,53	6,4	7,3	7,24	1.100	92	23,5	23	
			22/1/19	56,3	12,0	0,12	1,10	12,0	7,1	11,80	680	89	28	27	
			LG351	Ribeirão das Lajes	Paracambi	19/2/19	55,1	< 2,0	0,10	0,86	7,0	7,2	69,10	11.000	94
26/3/19	70,5	< 2,0				0,02	0,76	6,6	7,2	28,30	430	79	25	26	
15/4/19	69,8	< 2,0				0,06	0,67	6,2	7,6	26,30	330	46	24	27	
22/5/19	61,0	< 2,0				0,13	0,60	6,8	7,8	93,10	1.100	96	22	21	
24/6/19	84,9	< 2,0				0,07	1,02	7,2	7,3	5,23	10	115	22,5	23	
30/7/19	76,3	< 2,0				0,04	0,74	8,0	7,7	5,04	200	43	20	22	
27/8/19	78,7	< 2,0				0,04	1,11	7,8	7,6	3,52	130	58	23	24	
16/9/19	82,6	< 2,0				0,03	0,74	7,6	7,5	2,33	20	46	24	29	
16/10/19		< 2,0				0,09	0,89	7,2		3,44	200	40	23	30	
11/11/19		< 2,0				0,05	0,19	7,2		4,13	130	69	25	24	
11/12/19	58,2	< 2,0				0,02	0,33	7,2	7,2	33,20	11.000	117	23	23	
MC410	Rio Macaco		22/1/19	48,7	4,0	0,67	0,20	8,0	7,5	5,64	240.000	145	26	27	
			19/2/19	41,7	5,2	0,25	1,07	5,4	7,1	90,50	350.000	96	26	27	
			26/3/19	40,7	6,0	0,32	0,70	3,8	7,1	14,80	110.000	120	25	26	
			15/4/19	36,2	14,0	0,29	0,89	3,6	7,5	15,90	70.000	264	23	26	
			22/5/19	36,9	6,0	0,46	0,61	2,6	7,4	4,51	240.000	131	23	26	
			24/6/19	35,8	12,0	0,42	0,36	2,8	6,8	7,80	49.000	104	20	23	
			30/7/19	30,3	16,0	0,38	0,20	2,2	7,2	11,70	350.000	120	19	22	
			27/8/19	34,4	14,0	0,69	0,77	3,2	7,4	6,65	540.000	149	23	24	
			16/9/19	33,0	10,0	0,66	0,24	2,2	7,3	4,13	170.000	138	24	29	

\*Na composição do IQA<sub>HQF</sub> usa-se o valor de temperatura correspondente à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>HQF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continuação)

inec instituto estadual do ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)												
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>														
Estação de amostragem	Localidade	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) - mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Totais (CT) / 100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	*Temperatura da água - °C	*Temperatura do ar - °C
MC410	Rio Macaco	Paracambi	16/10/19		6,0	0,61	0,58	3,0		6,14		148	23	29
			11/11/19		24,0	0,91	0,01	1,6		7,74	1.600.000	143	24	24
			11/12/19	37,9	8,0	0,15	0,13	3,8	7,2	52,20	240.000	147	23	24
PI0241	Rio Pirai	Barra do Pirai	19/3/19	45,5	3,0	0,24	0,81	11,0	7,4	54,10	110.000	128	25	26
			25/6/19	39,2	8,4	0,31	0,99	4,2	8,0	4,51	170.000	157	17	14
			17/9/19	37,6	6,0	0,24	1,48	2,6	7,2	5,40	540.000	141	23	26
			11/12/19	44,1	10,0	0,12	0,50	3,2	7,2	28,10	7.900	107	22	23
PM360	Rio Piranema	Itaguaí	30/1/19	23,9	20,0	1,97	0,02	1,0	7,1	14,80	1.600.000	160	25	27
			4/6/19	34,9	8,8	0,43	0,85	4,0	6,9	90,20	350.000	152	21	21
			3/9/19	30,1	14,0	0,66	0,32	2,0	7,2	8,94	920.000	130	22	28
			16/12/19	35,0	16,0	1,13	0,05	1,0	7,0	7,68	120	920.000	160	25
PO290	Rio dos Poços	Queimados	22/1/19	35,1	24,0	1,78	0,04	7,6	7,4	13,50	> 1.600.000	254	29	27
			19/2/19	34,2	8,0	0,21	0,17	2,0	6,8	35,40	79.000	124	29	34
			26/3/19	34,2	4,0	0,46	0,01	1,6	6,8	19,40	79.000	147	25	29
			15/4/19	34,3	16,0	0,22	0,17	3,2	7,2	88,00	23.000	81	23	26
			22/5/19	33,6	2,0	0,60	< 0,01	1,4	6,9	15,40	92.000	142	20	24
			24/6/19	29,1	12,0	0,84	0,02	1,6	6,9	12,60	160.000	182	21	25
			30/7/19	22,8	12,0	1,07	0,04	1,6	7,0	175,00	350.000	200	20	25
			27/8/19	26,7	20,0	1,23	< 0,01	1,0	7,2	9,64	110.000	149	22	25
			16/9/19	25,6	16,0	1,19	0,01	1,0	7,1	8,79	540.000	164	24	29
			16/10/19	12,0	12,0	0,61	< 0,01	1,8		21,30	160.000	122	21,5	26
			11/11/19		12,0	1,15	< 0,01	1,0		11,20	350.000	142	27	28
			11/12/19	33,6	12,0	0,19	0,15	2,4	7,0	79,70	33.000	139	24,2	26
PR000	Rio Piraquê	Rio de Janeiro	29/1/19	13,9	28,0	1,92	< 0,01	0,0	7,4	87,80	> 1.600.000	739	31	34
			4/6/19	26,6	12,0	0,70	0,02	1,0	7,3	28,30	1.600.000	299	23	19
			3/9/19	19,3	12,0	1,13	0,01	0,0	7,1	96,30	920.000	1123	23	25
			16/12/19	13,0	90,0	1,86	< 0,01	0,0	7,2	82,10	920.000	786	24,3	37
QM270	Rio Queimados	Queimados	22/1/19	42,3	8,0	1,32	< 0,01	9,6	7,1	17,10	1.600.000	150	28	27
			19/2/19	31,5	14,0	0,56	0,59	2,4	7,5	27,60	1.600.000	255	31	35
			26/3/19	26,7	12,0	1,31	< 0,01	0,6	7,3	24,80	240.000	243	26	29

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0



ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continuação)

inec Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) - mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) - mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes (NT) / 100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C	
QM270	Rio Queimados	Queimados	15/4/19	30,8	16,0	0,34	0,65	2,4	7,7	22,80	350.000	185	24	26	
			22/5/19	17,6	32,0	2,31	< 0,01	0,8	7,4	15,90	> 1.600.000	281	23	32	
			24/6/19	18,3	28,0	1,81	0,02	0,0	7,3	16,00	> 1.600.000	261	22	26	
			30/7/19	14,9	32,0	2,75	< 0,01	0,0	7,4	39,60	920.000	311	21	26	
			27/8/19	15,6	52,0	2,71	< 0,01	0,0	7,6	19,90	1.600.000	272	22	25	
			16/9/19		36,0	2,80	0,01		7,4	11,60	540.000	305	23	26	
			16/10/19		36,0	2,35	< 0,01	0,0		19,20	> 1.600.000	297	23,7	26	
			11/11/19		20,0	2,80	< 0,01	0,0		10,00	> 1.600.000	247	26	27	
			11/12/19		34,4	12,0	0,39	1,73	3,4	7,2	33,00	> 1.600.000	338	25,2	26
			22/1/19		29,1	32,0	0,94	0,02	7,0	7,3	56,60	1.600.000	300	28	27
			19/2/19		22,9	24,0	1,18	0,43	1,0	7,6	29,70	> 1.600.000	304	31	33
			QM271	Rio Queimados	Queimados	26/3/19	19,8	28,0	0,20	< 0,01	0,0	7,4	27,80	> 1.600.000	326
15/4/19	33,3	10,0				0,38	1,16	2,6	7,8	25,30	1.600.000	193	24	26	
22/5/19	20,0	24,0				1,95	< 0,01	0,6	7,5	12,30	540.000	258	24	33	
24/6/19	15,8	48,0				2,25	0,01	0,0	7,4	16,20	> 1.600.000	295	21	26	
30/7/19	15,1	44,0				2,93	< 0,01	0,0	7,5	42,20	240.000	48	21	26	
27/8/19	21,5	28,0				2,30	< 0,01	1,0	7,6	15,50	920.000	240	23	25	
16/9/19	18,6	24,0				2,41	0,01	0,0	7,4	12,00	540.000	274	25	29	
16/10/19		28,0				2,39	< 0,01	0,0		13,00	> 1.600.000	237	24	27	
11/11/19		32,0				2,25	< 0,01	0,0		9,75	> 1.600.000	342	26	28	
11/12/19		30,9				16,0	0,10	1,54	2,6	7,3	61,10	240.000	262	25	26
12/3/19		61,0				< 2,0	0,09	0,28	11,0	7,2	24,70	1.700	2.954	23	22
SA030	Rio Santo Antônio	Mangaratiba				14/3/19	74,0	< 2,0	0,03	0,07	3,4	7,9	3,08	20	36.678
			14/8/19	57,9	< 2,0	0,02	0,03	6,0	7,9	7,71	3.300	62.235	23	18	
			7/10/19		< 2,0	0,02	< 0,01	7,4		1,89	< 18	31.912	22,2	23	
SC490	Rio do Saco	Mangaratiba	30/1/19	49,1	2,0	0,09	0,09	3,6	7,4	5,16	35.000	22421	25	29	
			4/6/19	59,5	< 2,0	0,06	0,16	8,8	7,3	12,40	13.000	88	20	18	
			3/9/19	50,9	3,0	0,05	0,15	6,6	7,0	5,10	23.000	1612	21	25	
			16/12/19	65,3	< 2,0	0,05	0,10	7,2	7,1	2,86	346	33000	23,4	33,5	

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do Índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)  
(continuação)

inec Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)													
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>															
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (Pt) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) - mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes (NTT) /100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	Temperatura da água - °C	Temperatura do ar - °C	
SF080	Canal de São Francisco	Rio de Janeiro	29/1/19	67,7	< 2,0	0,30	1,25	7,4	7,3	12,00	1.100	83	28	31	
			4/6/19	68,6	< 2,0	0,10	0,93	7,8	7,7	11,10	1.100	77	22	19	
			3/9/19	75,9	< 2,0	0,08	0,96	8,4	7,4	12,40	78	57	21	28	
			16/12/19	66,5	< 2,0	0,08	0,70	7,0	7,3	11,00	790	79	26,5	36	
			30/1/19	59,8	< 2,0	0,19	0,23	6,6	6,7	4,90	2.300	1041	24	28	
SH300	Rio Sahy	Mangaratiba	4/6/19	63,2	< 2,0	0,02	0,17	8,4	7,7	6,56	7.000	79	20	19	
			3/9/19	61,7	< 2,0	< 0,02	0,15	8,4	7,1	2,55	3.300	794	21	25	
			16/12/19	67,0	< 2,0	< 0,02	0,09	7,8	7,2	2,85	301	2.200	23	32,5	
			22/1/19	50,7	< 2,0	0,18	0,39	7,2	7,2	143,00	4.900	90	26	27	
			19/2/19	41,5	< 2,0	0,47	0,32	7,8	7,5	626,00	92.000	120	26	27	
SN331	Rio Santana	Paracambi	26/3/19	67,4	< 2,0	0,08	0,16	7,8	7,9	38,80	790	61	24	27	
			15/4/19	58,0	< 2,0	0,11	0,21	9,8	7,8	43,60	7.000	25	23	26	
			22/5/19	76,5	< 2,0	0,06	0,14	8,6	8,4	23,50	< 1,8	37	21	28	
			24/6/19	76,7	< 2,0	0,03	0,14	9,2	7,8	17,30	130	87	20	23	
			30/7/19	64,8	< 2,0	0,03	0,10	9,6	7,8	12,00	3.300	52	20	24	
			27/8/19	66,7	< 2,0	0,03	0,10	9,0	7,8	13,20	2.300	40	22	25	
			16/9/19	66,9	< 2,0	0,04	0,10	9,0	7,7	6,49	2.300	76	25	29	
			16/10/19	< 2,0	< 2,0	0,07	0,06	8,4		12,10	4.900	60	24	27	
			11/11/19	< 2,0	< 0,02	0,03	8,0		15,10	4.900	57	24	23		
			11/12/19	66,3	< 2,0	0,07	0,04	8,4	7,8	23,80	2.300	77	23,2	24	
			22/1/19	81,5	< 2,0	0,19	0,43	6,6	6,9	9,82	< 1,8	39	26	27	
SP310	Rio São Pedro	Japeri	19/2/19	65,4	< 2,0	0,16	0,17	7,4	7,0	69,20	790	50	27	28	
			26/3/19	74,4	< 2,0	0,05	0,32	7,6	7,3	16,00	230	78	25	28	
			15/4/19	57,0	< 2,0	0,17	0,24	5,4	7,1	76,20	2.300	56	24	26	
			22/5/19	73,1	< 2,0	0,05	0,23	7,4	7,9	9,93	170	67	23	30	
			24/6/19	74,6	< 2,0	0,02	0,28	8,0	7,3	6,34	330	79	21	24	
			30/7/19	76,4	< 2,0	0,03	0,22	8,8	7,3	6,08	200	52	20	24	
			27/8/19	67,9	< 2,0	< 0,02	0,29	8,4	7,5	5,25	2.300	49	22	25	
			16/9/19	71,7	< 2,0	0,03	0,25	7,8	7,4	4,39	790	69	25	29	

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura da água no ponto de coleta e a temperatura do ar.

Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

**ANEXO B – Boletim de qualidade das águas da RH II Guandu (2019)**  
(conclusão)

inec Instituto Estadual do Ambiente		BOLETIM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA II - GUANDU (CONT.)												
CONSOLIDADO 2019 - DADOS BRUTOS E IQA <sub>NSF</sub>														
Estação de amostragem	Localização	Município	Data	IQA <sub>NSF</sub>	Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) mg/L	Fósforo Total (PT) - mg/L	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/L	Oxigênio Dissolvido (OD) - mg/L	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Turbidez (T) - UNT	Coliformes Termotolerantes (NT)/100mL	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - mg/L	*Temperatura da água - °C	*Temperatura do ar - °C
SP310	Rio São Pedro	Japeri	16/10/19		4,0	0,04	0,23	7,8		6,51	1.700	62	25	28
			11/11/19		< 2,0	0,03	0,05	7,4		8,30	1.700	57	25	22
			11/12/19	60,1	< 2,0	0,05	0,22	7,8	7,3	52,00	4.900	72	22,2	24
V5660	Vale do Sanguê	Rio de Janeiro	29/1/19	22,9	28,0	1,55	0,02	1,4	7,4	33,40	> 1.600.000	288	30	33
			4/6/19	33,2	12,0	0,68	0,57	3,2	7,2	24,00	350.000	195	22	18
			3/9/19	20,7	36,0	1,09	0,24	1,4	7,1	21,00	> 1.600.000	300	24	27
			16/12/19	17,3	20,0	2,14	< 0,01	0,0	6,9	17,30	> 1.600.000	325	23,8	37,5

\*Na composição do IQA<sub>NSF</sub> usa-se o valor de temperatura corresponde à diferença entre a temperatura de água no ponto de coleta e a temperatura do ar.  
Obs: A ausência de resultado, referente a pelo menos um dos nove parâmetros, inviabiliza a aplicação do índice.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA <sub>NSF</sub>	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0

Fonte: INEA, 2019.