



Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro
Methodology for Estimating the Water Quality Index. Case Study of the Tributaries to the Juturnaíba Reservoir, State of Rio de Janeiro

Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano
Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

*Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente
Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – LabHidro. Niterói, RJ, Brasil.*

E-mails: monalisacsoliveira@gmail.com, monicahora@id.uff.br, antoniohora@id.uff.br

Recebido em: 23/05/2020 Aprovado em: 25/6/2020

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_3_386_401

Resumo

O presente estudo propôs uma metodologia inovadora para estimativa do Índice de Qualidade de Água, fundamentada na adoção de valores mínimo e máximo, definidos a partir das curvas médias de variação dos nove parâmetros de qualidade das águas que embasam o seu cálculo. A metodologia é válida apenas quando um dos parâmetros não possui informações. Para sua validação, foi selecionado como estudo de caso os rios tributários à barragem de Juturnaíba, que possui o maior reservatório para abastecimento humano do estado do Rio de Janeiro. Os resultados encontrados foram comparados com os índices publicados pelo Instituto Estadual do Ambiente. A metodologia proposta resultou válida, sendo recomendada a sua replicação em outros cursos d'água.

Palavras-chave: *IQA; classe de uso da água; violação*

Abstract

The present study proposed an innovative methodology for estimating the Water Quality Index, based on the adoption of minimum and maximum values, defined from the average variation curves of the nine water quality parameters that support the index calculation. The methodology is only valid when one of the parameters has no information. For validation, it was selected as a study case, the tributaries to the Juturnaíba dam, which has the largest reservoir for human supply in the state of Rio de Janeiro. The results were compared with the indexes published by the State Environment Institute. The proposed methodology proved to be valid, and its replication in other rivers is recommended.

Keywords: *IQA; water quality class of use; violation*

1 Introdução

A intensificação da urbanização, associada às atividades antropogênicas poluidoras e à falta de planejamento na utilização dos recursos hídricos, ocasionou severas alterações nos ecossistemas dos rios (Fuzinato, 2009).

A constatação de que a disponibilidade hídrica não é infinita levou à necessidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos (Gloria *et al.*, 2017), e, portanto, à adoção de medidas de avaliação de cenários atuais e futuros, bem como a análise de alternativas no processo de tomada de decisão (Porto & Porto, 2008). Dentre essas medidas, destacam-se o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, considerados fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos (ANA, 2020).

O monitoramento da qualidade dos recursos hídricos tem como objetivo acompanhar as alterações das características físicas, químicas e biológicas da água, resultantes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais (ANA, 2020). Das ferramentas utilizadas para avaliar a qualidade de um corpo hídrico, destaca-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), indicador capaz de converter informações de diferentes parâmetros em um único valor global (ANA, 2020). Conforme Lima *et al.* (2007), o IQA possui a vantagem de diminuir o número de parâmetros associados que precisam ser interpretados para determinação da qualidade da água, permitindo a comparação entre distintos corpos hídricos.

O reservatório de Juturnaíba é um exemplo de corpo hídrico que sofreu degradação de seu ecossistema em virtude das inúmeras ações antrópicas envoltórias ao empreendimento (Cunha, 1995; SEMADS, 1999). A barragem foi construída visando o complemento do abastecimento domiciliar e industrial da região, o fornecimento de água para irrigação de áreas situadas a jusante e o controle das cheias nos trechos do baixo rio São João (Cunha, 1995). A escolha desse empreendimento deve-se ao fato de que o seu reservatório é o maior de acumulação de água para abastecimento humano do estado do Rio de Janeiro (Rocha & Miranda Neto, 2018), sendo responsável pelo fornecimento de água aos municípios de Araruama, Arraial do Cabo, Armação dos Búzios, Cabo Frio, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Saquarema e Silva Jardim (Rocha *et al.*, 2020).

Com base no exposto, a presente pesquisa propõe metodologia inovadora para estimativa do IQA, quando da ausência de um dos parâmetros necessários para o seu cálculo, tomando por estudo de caso os rios Bacaxá, Capivari e São João, principais tributários ao reservatório da barragem de Juturnaíba. Além disso, a partir dos resultados encontrados, buscou-se avaliar a evolução temporal da qualidade da água desses rios.

2 Revisão Bibliográfica

De acordo com Von Sperling (1996), a qualidade da água pode ser estabelecida através de diversos parâmetros associados às suas características físicas, químicas e biológicas. Em virtude da complexidade das informações oriundas desses parâmetros, a Agência Nacional de Águas (ANA), bem como concessionárias do setor de saneamento e órgãos gestores de recursos hídricos passaram a adotar o IQA como informação básica sobre a qualidade da água para o público em geral (CETESB, 2019).

O IQA foi definido em 1970 pelo *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião realizada junto a especialistas com o objetivo de avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público (INEA, 2019). Das 35 variáveis inicialmente propostas, 9 foram selecionadas por refletirem a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2019). A Tabela 1 relaciona os parâmetros selecionados e seus respectivos pesos.

Conforme CETESB (2019), para cada variável foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (q_i), pontuada de zero (a pior nota) a 100 (a melhor nota), como ilustrado na Figura 1.

De acordo com IGAM (2019), o cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos 9 parâmetros expresso por:

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

em que: IQA representa o Índice de Qualidade das Águas e varia entre 0 e 100; q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro, variando entre 0 e 100, e extraído do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise); w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

sendo n o número de parâmetros necessários ao cálculo do IQA.

Os níveis de qualidade de água são classificados em faixas a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA, como mostrado na Tabela 2.

Apesar do IQA ser o principal indicador qualitativo utilizado no Brasil, é importante compreender que a avaliação da qualidade da água obtida por este índice apresenta limitações, dentre as quais destacam-se sua utilização apenas para abastecimento público (CETESB, 2019).

**Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso
dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro**
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

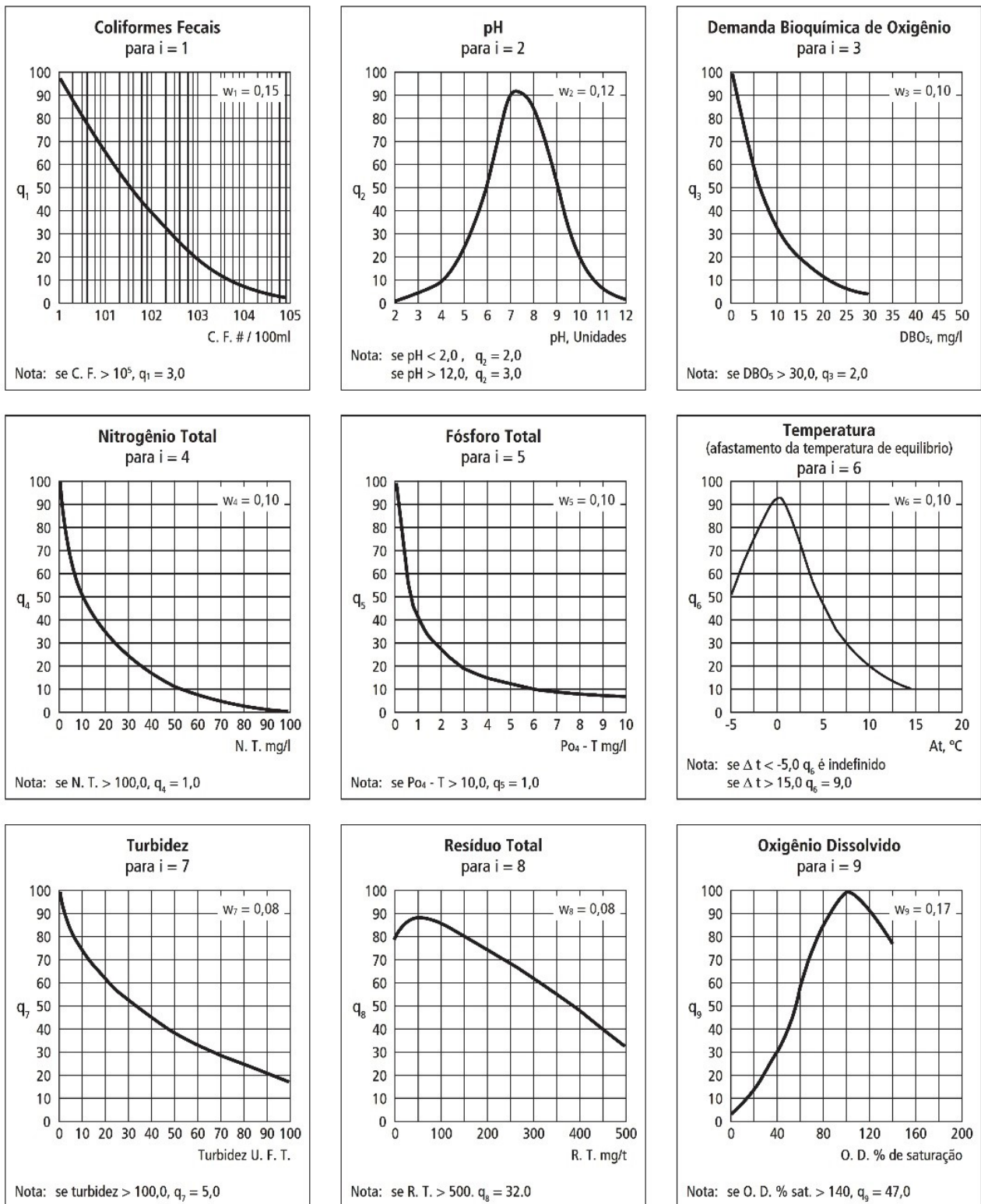


Figura 1 Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade da água. Fonte: CETESB (2019).

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

Parâmetros	Pesos (w)
Coliformes Fecais ou Coliformes Termotolerantes (CT) ¹	0,15
Potencial Hidrogênico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Nitrogênio Total ou Nitrato ²	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total ou Sólidos Totais (ST) ³	0,08
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17

Tabela 1 Parâmetros do IQA e respectivos pesos. Fonte: Adaptado de IGAM (2019).

¹ CETESB (2008).

² CETESB (2019) e ANA (2020) adotam nitrogênio total. IGAM (2019) e INEA (2019) adotam nitrato, considerando o mesmo gráfico da Figura 1.

³ Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo. As frações de sólidos presentes na água são: totais (ST), suspensão totais (SST), dissolvidos totais (SDT), fixos e voláteis (CETESB, 2019).

Categoria	IQA	Faixas	Significado
EXCELENTE	100 ≥ IQA ≥ 90		Águas apropriadas para tratamento convencional visando abastecimento público
BOM	90 > IQA ≥ 70		
MÉDIO	70 > IQA ≥ 50		
RUIM	50 > IQA ≥ 25		Águas impróprias para tratamento convencional visando abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados
MUITO RUIM	25 > IQA ≥ 0		

Tabela 2 Classificação dos valores do IQA. Fonte: Adaptado de IGAM (2019).

3 Materiais e Métodos

A Bacia Hidrográfica Lagos São João (BHLSJ) pertence a uma das nove Regiões Hidrográficas (RH) a qual o estado do Rio de Janeiro encontra-se dividido atualmente, denominada RH VI Lagos São João (CERHI-RJ, 2013). A bacia, Figura 2, está localizada a 22°20' e 22°50' de latitude sul e 42°00' e 42°40' de longitude oeste, compreendendo uma superfície de 2.160 km² (CILSJ, 2003). Integram o seu território 8 municípios, a saber: Silva Jardim, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Rio das Ostras (CILSJ, 2003).

Do ponto de vista hídrico, a bacia do rio São João pode ser dividida em três compartimentos: o alto São João, das nascentes até a lagoa de Juturnaíba; a lagoa de Juturnaíba, com seus afluentes Capivari e Bacaxá; e o baixo São João, a jusante da lagoa (Cunha, 1995). Entretanto, ainda de acordo com a autora, a bacia teve seu ecossistema fluvial alterado, tanto pelas sucessivas retificações realizadas para dar acesso ao saneamento da planície de inundação e implantar o cultivo irrigado, como pela construção da barragem de Juturnaíba.

Duas concessionárias captam e tratam a água do reservatório de Juturnaíba: Águas de Juturnaíba e Prolagos

(Rocha & Miranda Neto, 2018). Com relação aos resíduos produzidos pelo tratamento, Almeida (2016) menciona que no passado, foram identificadas contaminações das águas e sedimentos do reservatório pelos lodos gerados em cada uma das Estações de Tratamento de Água (ETA), cujos lançamentos eram próximos a elas, Figura 3. De acordo com o autor, a Prolagos deixou de descartar o lodo nas margens do reservatório a partir de 2009, encaminhando-o ao aterro sanitário de Três Arcos, em São Pedro da Aldeia. A partir de 2010, a concessionária Águas de Juturnaíba passou a adotar o mesmo procedimento.

As concessionárias Prolagos e Águas de Juturnaíba também são responsáveis pela manutenção e operação da barragem. Em visita realizada ao empreendimento, Rocha & Miranda Neto (2018) apontaram a sua má conservação e a presença de ilhas de vegetação flutuantes no vertedouro e a jusante dele, indicando assoreamento e sobrecarga da estrutura. Essas observações vão de encontro ao mencionado por ANA (2017), com relação à identificação de problemas nas estruturas do vertedouro e descarregadores de fundo, além de problemas operacionais oriundos da vegetação sobrenadante existente no reservatório.

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro
 Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

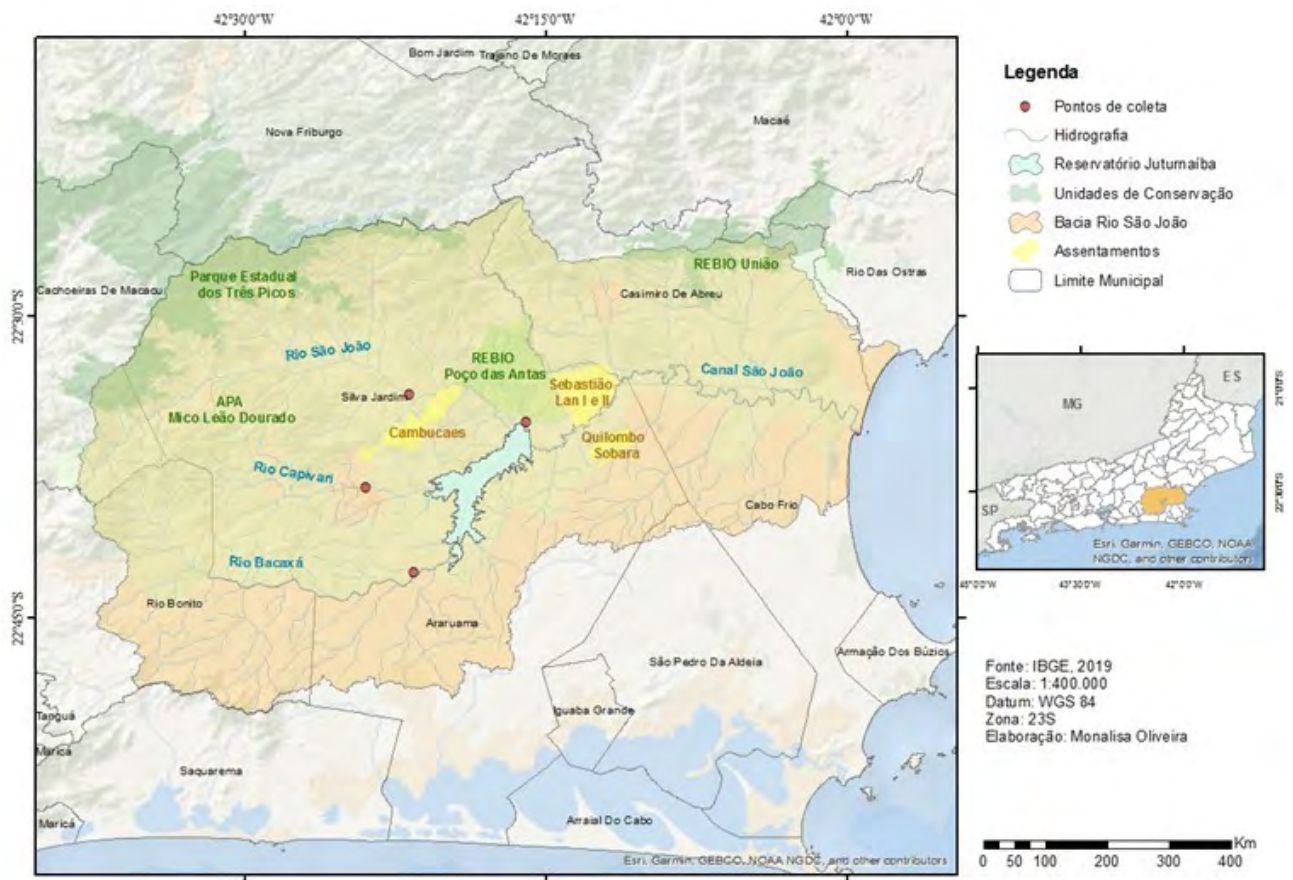


Figura 2 Bacia hidrográfica do rio São João. Fonte: Oliveira (2019).



Figura 3 A. Resíduos da ETA Águas de Juturnaíba; B. Resíduos da ETA Prolagos. Fonte: Almeida (2016).

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro

Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

Com relação às informações disponíveis, foram extraídos de CILSJ (2019) os resultados das análises laboratoriais de OD, DBO, pH, turbidez, temperatura, nitrato, fósforo total e ST para os anos de 2012 e 2013, em 3 pontos de monitoramento: P2 (denominado Ponte BR101 SJ e localizado no rio São João), P3 (denominado Ponte Capivari e localizado no rio Capivari) e P4 (denominado Ponte Bacaxá e localizado no rio Bacaxá). Cabe destacar que o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ) não realizou, nesse período, a análise do parâmetro CT, necessário para estimativa do IQA.

Já nos boletins de qualidade da água, disponíveis em INEA (2019), foram coletadas informações de OD, DBO, pH, turbidez, temperatura, nitrato, fósforo total, CT, SDT e IQA, para os anos de 2014, 2015 e 2018, em 4 pontos de monitoramento: BC0002 (no mesmo local de P4), CP0002 (no mesmo local de P3), SJ0003 (no mesmo local de P2) e SJ0012, localizado a jusante da barragem de Juturnaíba. A Tabela 3 relaciona os pontos de monitoramento e a Figura 4 permite a sua visualização.

Com base na Figura 4, observa-se que, excetuando o ponto de monitoramento SJ0012, todos os demais encontram-se a montante do reservatório de Juturnaíba.

De modo a viabilizar a evolução temporal do IQA para o período 2012 a 2018, tendo em vista que CILSJ não realizou análises laboratoriais do parâmetro CT, foi desenvolvida uma metodologia inédita de cálculo do IQA, quando da ausência de um parâmetro. A metodologia proposta é fundamentada na adoção de valores mínimo e máximo de IQA definidos a partir dos gráficos da Figura 1, conforme a Tabela 4.

Cabe destacar que não foram estabelecidos limites para os parâmetros OD e ST. Com relação ao primeiro, a justificativa decorre de que o IQA considera a porcentagem do grau de saturação do OD para o cálculo de q_0 , como mostra a Figura 1, enquanto que as análises laboratoriais usualmente adotam a unidade de mg/l. Portanto, em caso da ausência do parâmetro OD, deve-se considerar a inviabilidade para estimativa do IQA.

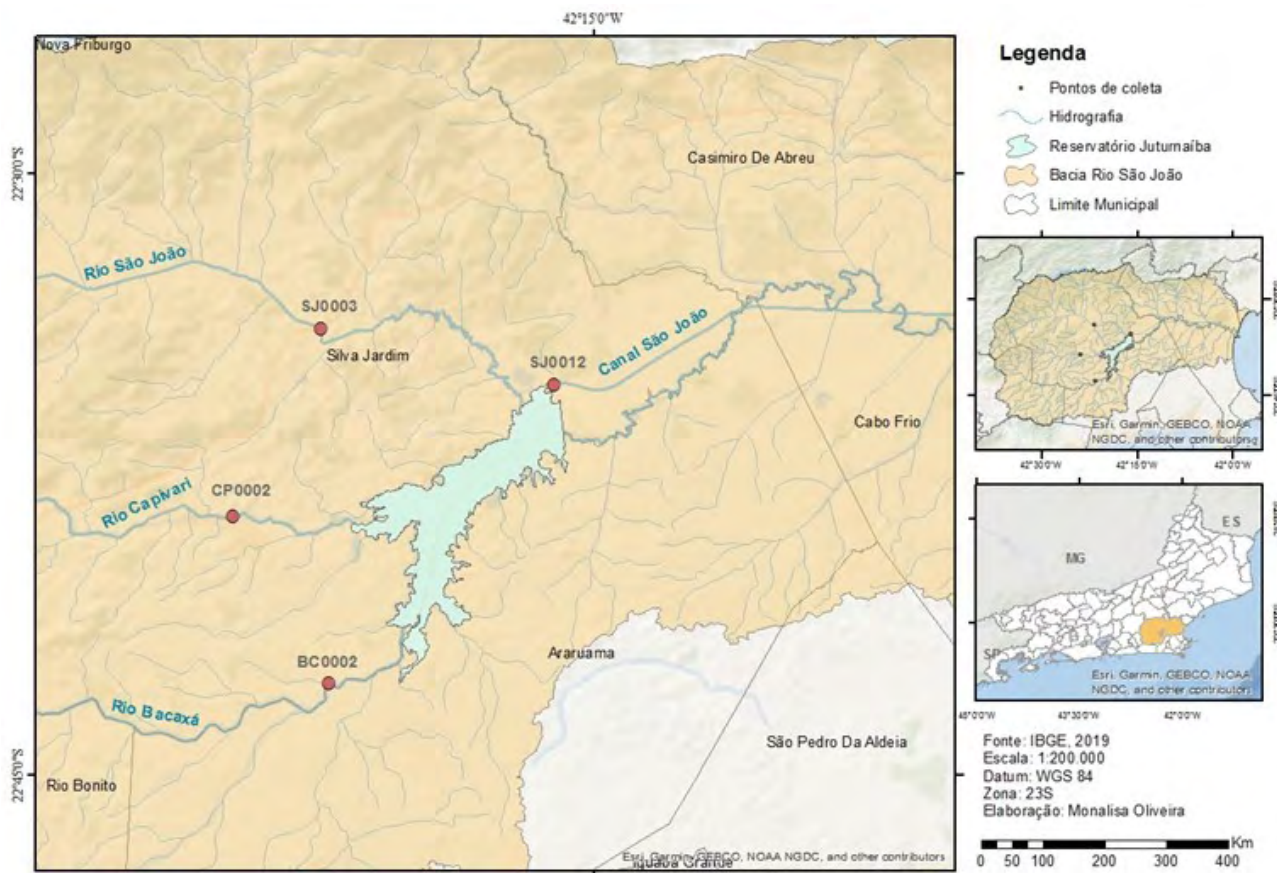


Figura 4 Localização dos pontos BC0002 (P4), CP0002 (P3), SJ003 (P2) e SJ0012. Fonte: Oliveira (2019).

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

Localização	Estação	Latitude	Longitude	Data da coleta da amostra	Entidade
Rio Bacaxá	P4 (Ponte Bacaxá)	-22,7128	-42,3607	16/01/2012 11/05/2012 30/01/2013 22/02/2013	CILSJ
	BC0002			11/02/2014 07/05/2014 25/02/2015 01/07/2015 21/03/2018	INEA
Rio Capivari	P3 (Ponte Capivari)	-22,6426	-42,4011	16/01/2012 11/05/2012 30/01/2013 22/02/2013	CILSJ
	CP0002			11/02/2014 07/05/2014 25/02/2015 01/07/2015 21/03/2018	INEA
Rio São João	P2 (Ponte BR101 SJ)	-22,5647	-42,3639	16/01/2012 11/05/2012 30/01/2013 22/02/2013	CILSJ
	SJ0003			11/02/2014 07/05/2014 25/02/2015 01/07/2015 21/03/2018	INEA
	SJ0012	-22,5878	-42,2667	11/02/2014 07/05/2014 25/02/2015 01/07/2015 21/03/2018	INEA

Tabela 3 Pontos de Monitoramento.

Parâmetro (unidade)	Mínimo	Máximo
DBO (mg/l)	0	30
Fósforo Total (mg/l)	0	10
Nitrato (mg/l)	0	90
pH	2	7,1
Turbidez (UNT)	1	101
CT (NMP/100 ml)	1	1.000.000
Temperatura (°C)	10	35

Tabela 4 Valores mínimo e máximo para estimativa do IQA.

No que diz respeito ao ST, como o INEA utiliza o parâmetro SDT no cálculo do IQA e o CILSJ realizou análises laboratoriais apenas do parâmetro SST e uma vez que essas frações são distintas entre si, não há como aplicar a metodologia proposta. Por conseguinte, a metodologia foi validada apenas para os parâmetros relacionados na Tabela 4.

Para viabilizar a análise e os cálculos do IQA, procedeu-se ao levantamento das ferramentas livres que poderiam ser utilizadas. Da pesquisa realizada, optou-se pelo uso da calculadora do Portal InfoHidro (IGAM, 2019), uma vez que a ferramenta é de fácil aplicação e os resultados são apresentados de forma detalhada por parâmetro e por valor global do IQA.

4 Resultados e Discussões

A partir dos dados do INEA e com a finalidade de validar a metodologia proposta, foram definidos os IQAs máximo e mínimo, considerando a ausência de cada um dos parâmetros relacionados na Tabela 4. As Figuras 5 a 8 apresentam os resultados encontrados, respectivamente, nos pontos de monitoramento BC0002, CP0002, SJ0003 e SJ0012.

Dos gráficos, observa-se que os IQAs publicados pelo INEA permaneceram dentro dos limites dos valores máximo e mínimo definidos na Tabela 4, permitindo inferir que a metodologia proposta é aplicável ao estudo de caso, viabilizando, dessa forma, a análise temporal da qualidade da água dos principais tributários ao reservatório de Juturnaíba.

Uma vez validada a metodologia, a próxima etapa abrangeu a estimativa do IQA, a partir dos resultados publicados pelo CISLJ, considerando a ausência do parâmetro CT.

Além disso, como a calculadora do IGAM necessita a informação de altitude, adotou-se o valor 21 m, correspondente ao município de Silva Jardim, uma vez que todos os pontos de monitoramento estão inseridos na área de abrangência do referido município. A Tabela 5 consolida os resultados máximos e mínimos calculados para cada um dos pontos, a partir da metodologia proposta. As cores adotadas na Tabela 5 referem-se à classificação definida na Tabela 2.

A Figura 9 apresenta para o ponto de monitoramento BC0002, situado no rio Bacaxá, os valores de IQA mínimo

e máximo resultantes da Tabela 5 junto com os divulgados pelo INEA.

Analisando o IQA mínimo, observa-se que a maioria das análises resultaram na categoria “RUIM” ($50 > IQA \geq 25$). Para o IQA máximo, percebe-se que as amostras variaram entre as classificações “MÉDIO” ($70 > IQA \geq 50$) e “BOM” ($90 > IQA \geq 70$). Em relação aos resultados do INEA, a estação BC0002 variou entre “RUIM”, “BOM” e “RUIM”.

Cabe destacar que Moraes (2016) menciona a existência de um depósito de lixo a céu aberto localizado em Mato Frio, município de Rio Bonito, próximo ao rio Bacaxá, que foi desativado em abril de 2014. Desse modo, a classificação “RUIM” de fevereiro de 2014 pode ser justificada pelo funcionamento do lixão e a sua paralização se reflete nos IQAs “BOM” do ano de 2015. No que diz respeito ao IQA “RUIM” de 2018, ao se investigar mais detalhadamente os resultados das análise laboratoriais, observa-se que os valores de fósforo total (0,88 mg/l), turbidez (608 UNT) e CT (35000 NPM/100ml) são deveras elevados, indicando, possivelmente, contaminação por efluentes domésticos.

Com relação aos anos de 2012 e 2013, em virtude da existência pregressa do lixão, acredita-se que os valores mínimos de IQA reflitam melhor a condição do rio Bacaxá. Essa hipótese é corroborada em SEMADS (1999) ao comparar os resultados mínimos, máximos e medianas das amostras de coliformes totais da extinta Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), para o período de 1980 a 1997. De acordo com a publicação, os valores foram, sistematicamente, acima do padrão preconizado para o enquadramento da água em classe de uso.

Pontos de Monitoramento	Data	IQA Máximo	IQA Mínimo
P4 - Ponte Bacaxá (BC0002)	16/01/2012	61	36,2
	11/05/2012	70,3	41,6
	30/01/2013	69,8	41,4
	22/02/2013	86,5	51,3
P3 - Ponte Capivari (CP0002)	16/01/2012	77,6	46
	11/05/2012	71,6	42,4
	30/01/2013	74,1	43,9
	22/02/2013	87,9	52,1
P2 - Ponte BR101 SJ (SJ0003)	16/01/2012	84,3	50
	11/05/2012	83,9	49,5
	30/01/2013	78,8	46,7
	22/02/2013	90,3	53,5

Tabela 5 IQAs máximos e mínimos estimados a partir de CISLJ.

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

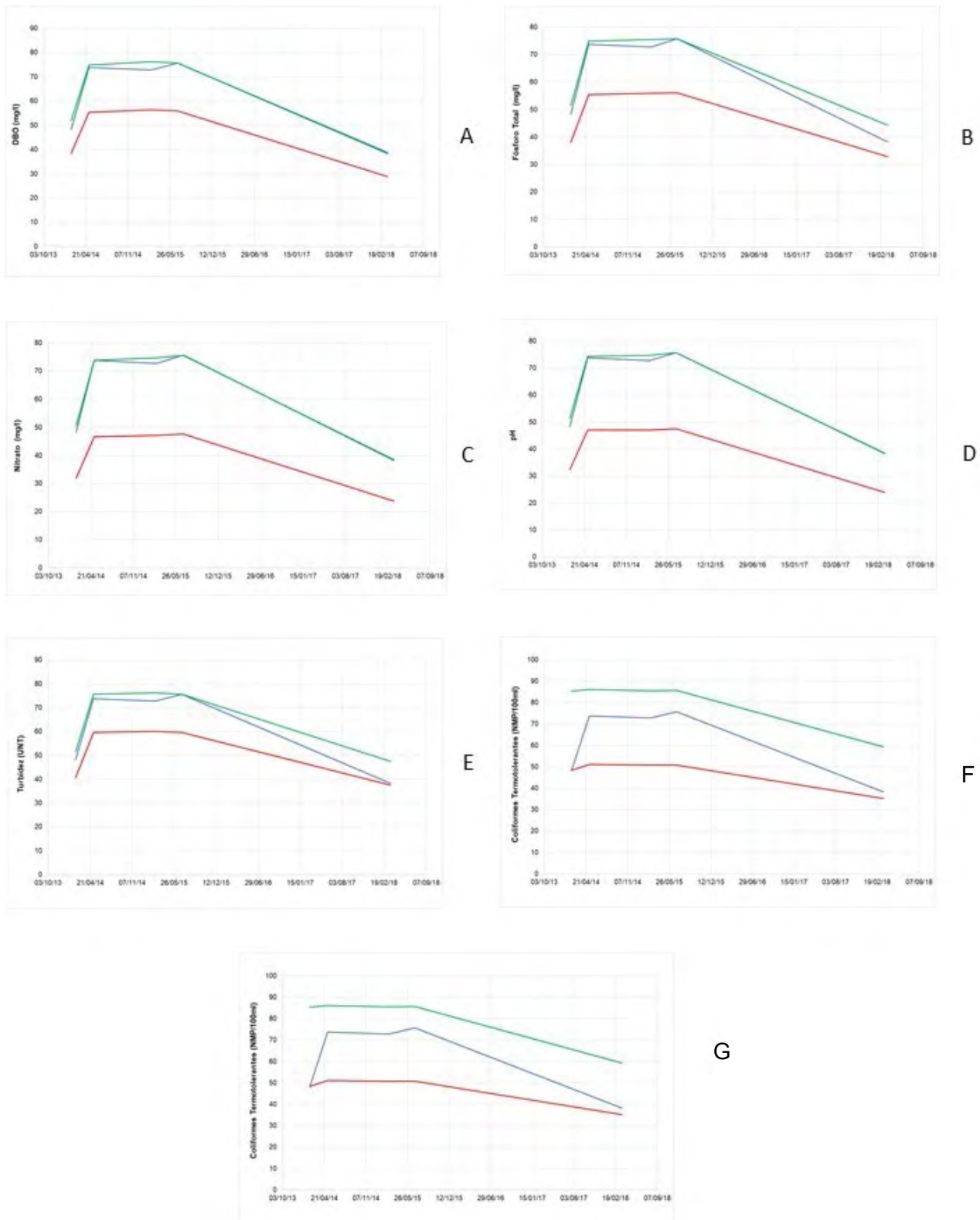


Figura 5 Gráficos comparativos dos IQAs do ponto BC0002: INEA (azul), máximo (verde) e mínimo (vermelho), quando da ausência do parâmetro representado no eixo das ordenadas.

**Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso
dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaiba, Estado do Rio de Janeiro**
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

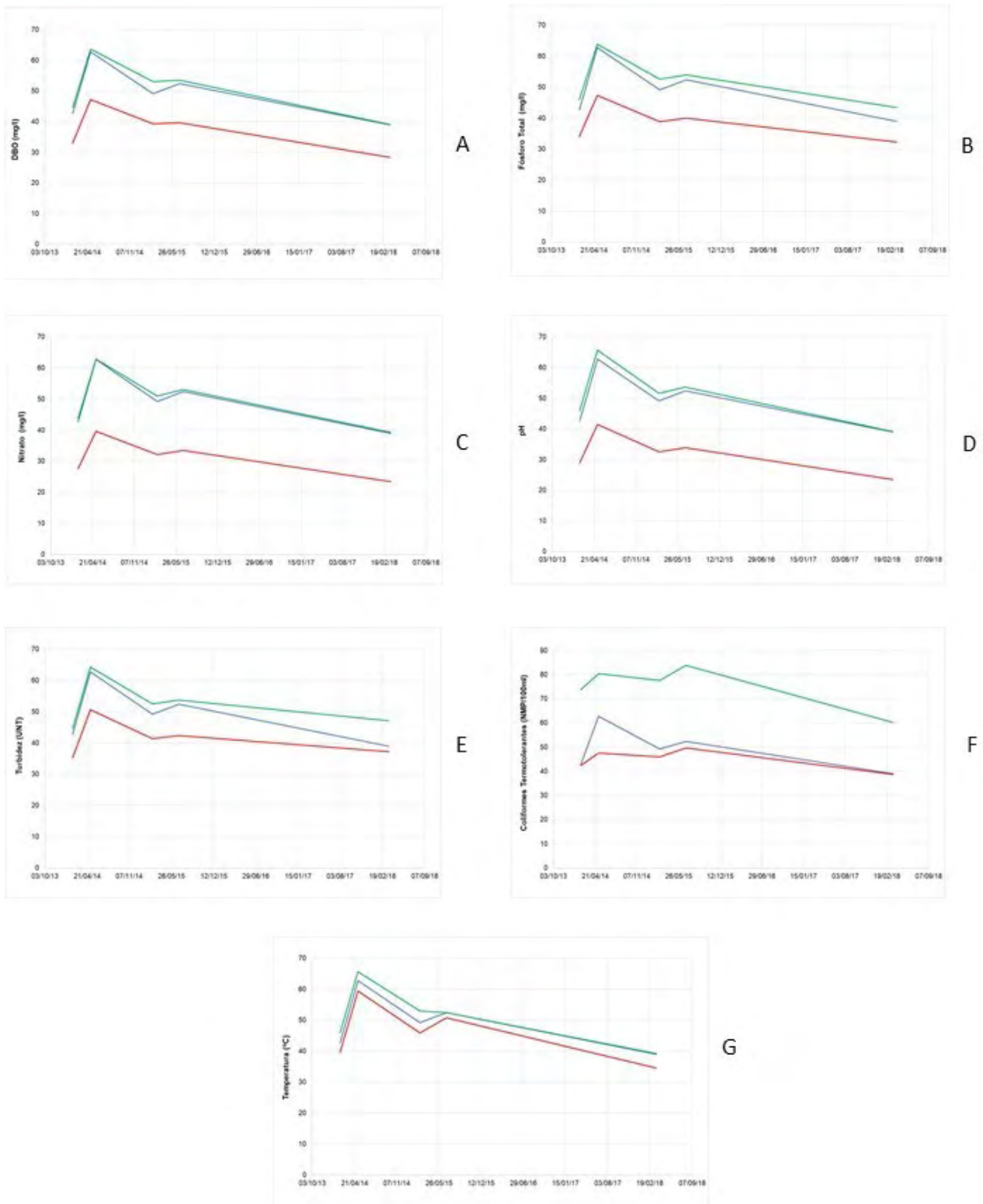


Figura 6 Gráficos comparativos dos IQAs do ponto CP0002: INEA (azul), máximo (verde) e mínimo (vermelho), quando da ausência do parâmetro representado no eixo das ordenadas.

**Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso
dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro**
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

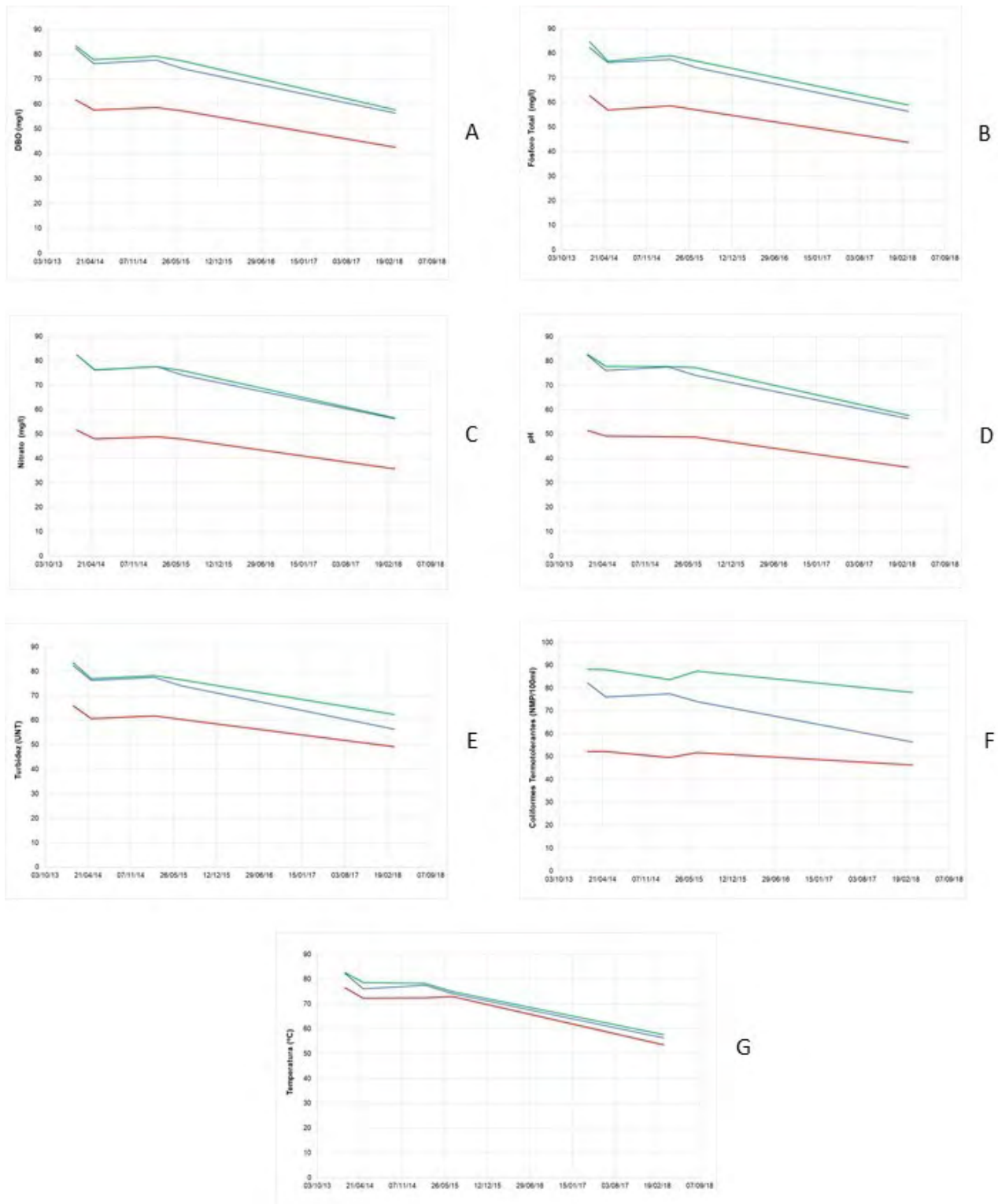


Figura 7 Gráficos comparativos dos IQAs do ponto SJ0003: INEA (azul), máximo (verde) e mínimo (vermelho), quando da ausência do parâmetro representado no eixo das ordenadas.

**Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso
dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro**
Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

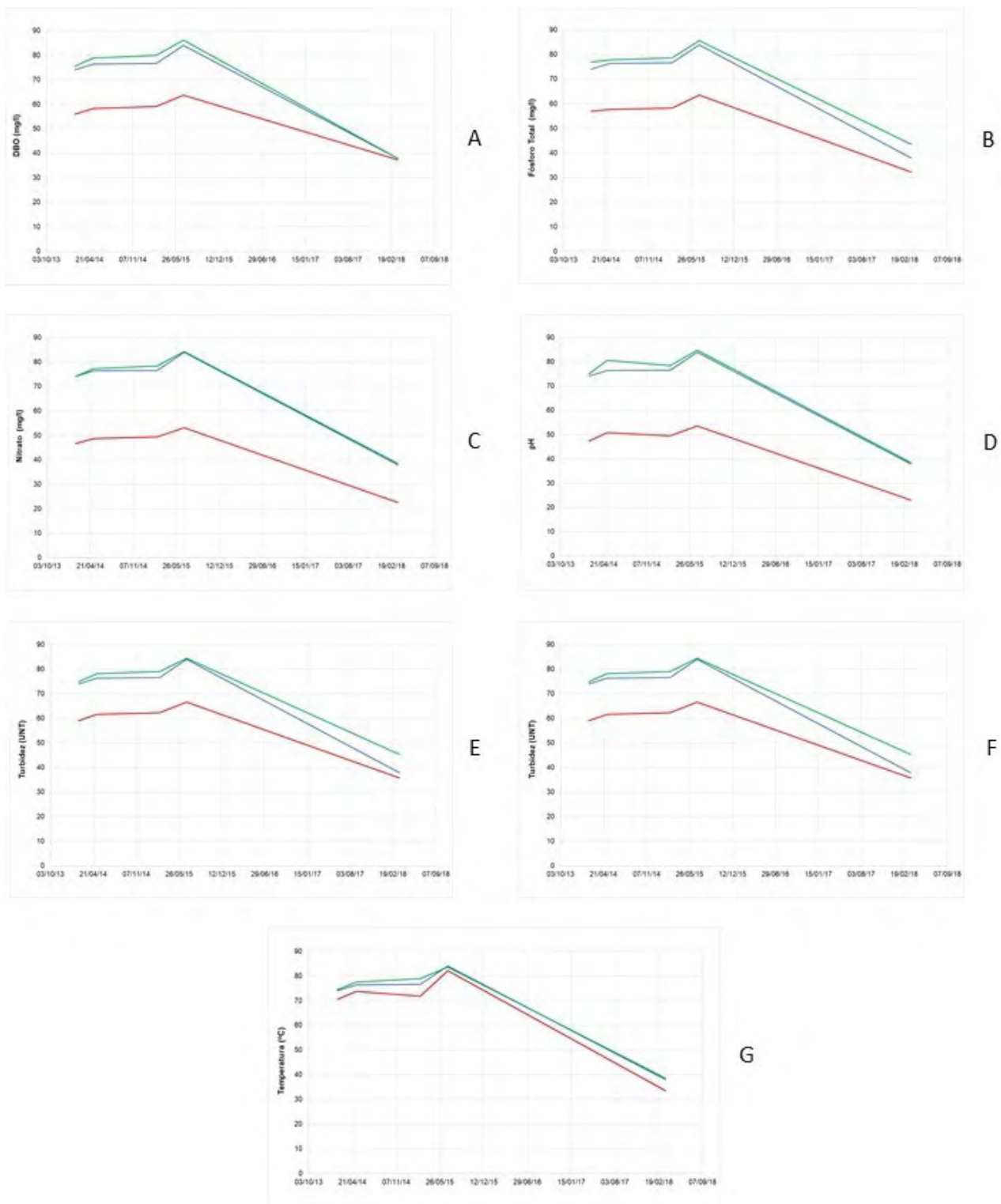


Figura 8 Gráficos comparativos dos IQAs do ponto SJ0012: INEA (azul), máximo (verde) e mínimo (vermelho), quando da ausência do parâmetro representado no eixo das ordenadas.

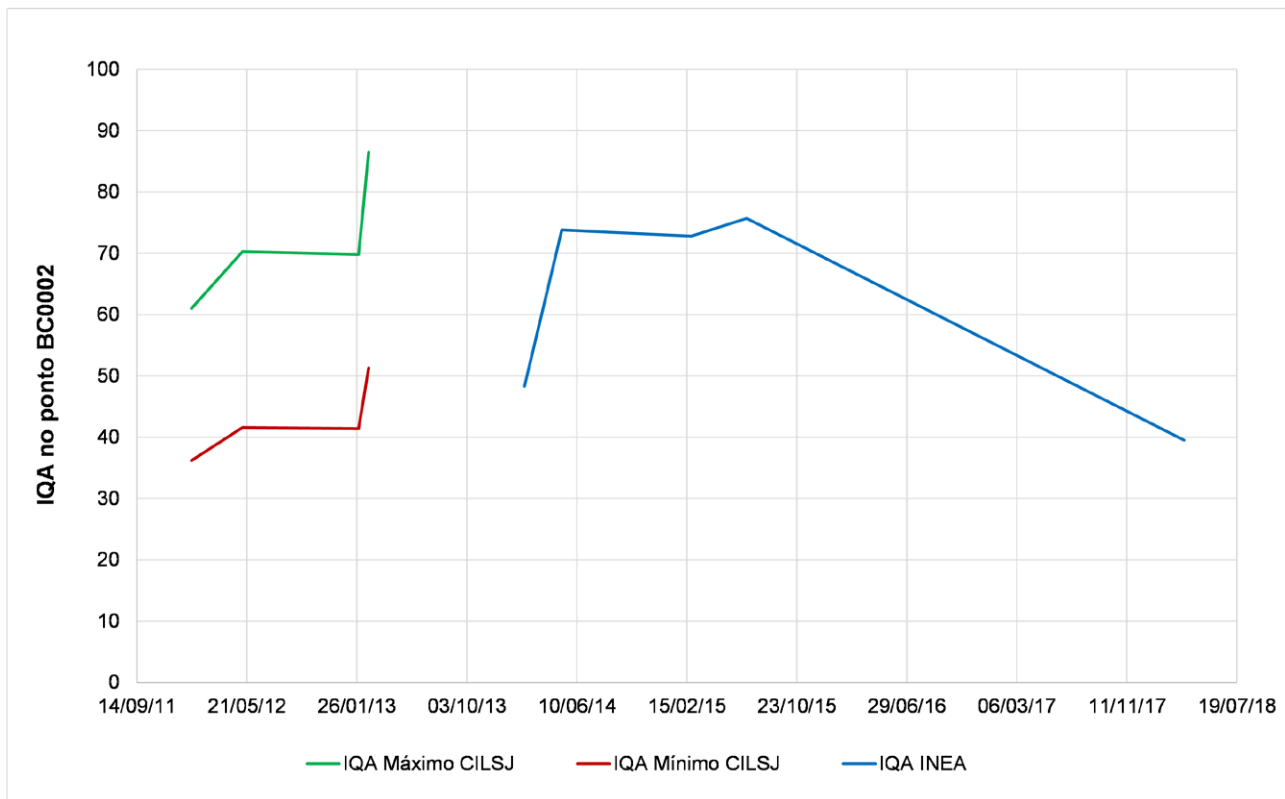


Figura 9 BC0002: Evolução temporal do IQA.

A Figura 10 apresenta os IQAs mínimo e máximo calculados para as amostras do CILSJ, bem como os IQAs divulgados pelo INEA para o ponto de monitoramento CP0002, situado no rio Capivari.

Ao analisar o IQA mínimo, percebe-se que a maioria dos valores resultaram na categoria “RUIM” ($50 > \text{IQA} \geq 25$). Já em relação ao IQA máximo, todos se enquadram em “BOM” ($90 > \text{IQA} \geq 70$).

Sobre os resultados do INEA, o rio Capivari apresenta IQAs que oscilaram entre “RUIM”, “MÉDIO” e “RUIM”. Ao se investigar os resultados das análises laboratoriais, o parâmetro CT variou entre 1400 a 160000 NPM/100ml e o parâmetro OD entre 4,2 a 9,2 mg/l. Esses resultados são consistentes com Moraes (2016) que identificou o rio Capivari como sendo o tributário com maiores restrições na qualidade da água, motivadas pelo lançamento de esgotos. Ainda de acordo com a autora, o rio Capivari apresentou a maior alteração nos parâmetros OD e CT no período de amostragem.

Em virtude do exposto, acredita-se que os valores mínimos de IQA, para os anos de 2012 e 2013, reflitam melhor a condição do rio Capivari. Essa hipótese também é respaldada em SEMADS (1999), ao reconhecer que os resultados de CT no mesmo local de amostragem, para o

período de 1980 a 1997, foram acima do padrão preconizado para o enquadramento da água em classe de uso.

A Figura 11 apresenta para o ponto de monitoramento SJ0003, situado no rio São João, os valores de IQA mínimo e máximo resultantes da Tabela 5 junto com os divulgados pelo INEA.

Analisando o IQA mínimo, os resultados variaram entre as categorias “MÉDIO” ($70 > \text{IQA} \geq 50$) e “RUIM” ($50 > \text{IQA} \geq 25$). Já em relação ao IQA máximo, todos os resultados se enquadram como “BOM” ($90 > \text{IQA} \geq 70$).

Em relação aos dados do INEA, a estação SJ0003 apresenta todos os valores classificados como “BOM”, à exceção de 2018, cujo IQA é “MÉDIO”. Ao se investigar os resultados das análises laboratoriais do INEA, o parâmetro CT variou entre 17,9 a 4900 NPM/100ml, sendo o último valor referente ao ano de 2018, justificando, portanto, a classificação “MÉDIO”. Os resultados vão de encontro ao citado por Moraes (2016) ao identificar o rio São João como o de melhor qualidade da água, inclusive com boas condições de manutenção da vida aquática.

Face ao mencionado, acredita-se que os valores máximos de IQA, para os anos de 2012 e 2013, reflitam melhor a condição do rio São João.

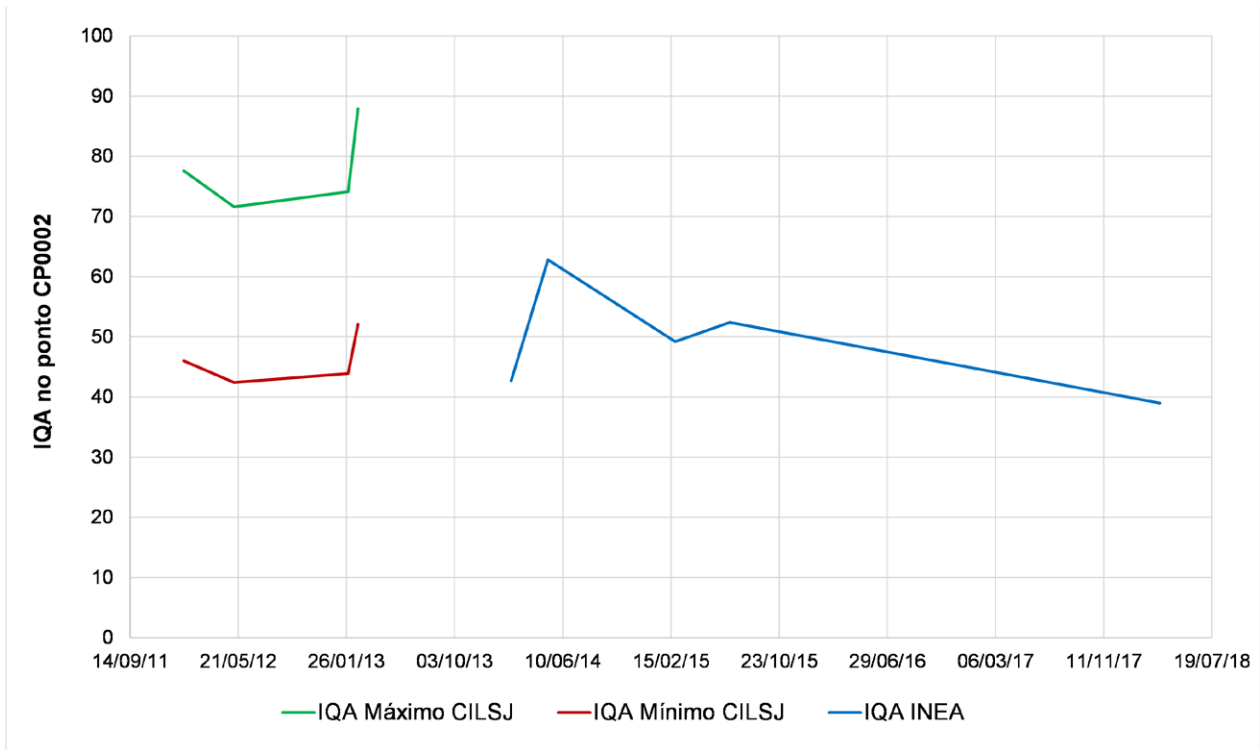


Figura 10 CP0002: Evolução temporal do IQA.

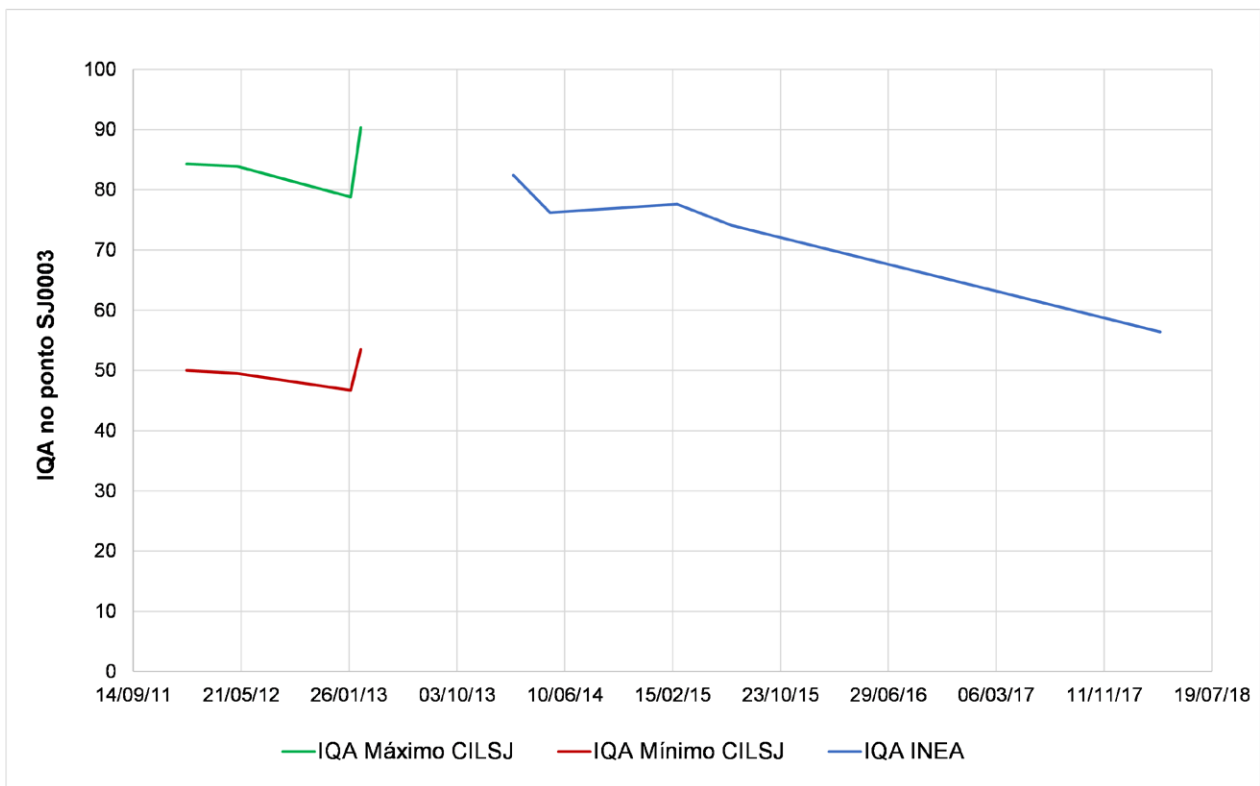


Figura 11 SJ0003: Evolução temporal do IQA.

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro

Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

Analisando o conjunto dos resultados dos IQAs, observa-se que o processo de antropização e seus efeitos sobre o ecossistema fluvial dos principais tributários ao reservatório da barragem de Juturnaíba, tal como apontado por Cunha (1995), continua em evolução, com destaque para o ano de 2018, o pior da série. Acredita-se que esse resultado seja justificado pelo processo de expansão urbana, tal como apontado em Ribeiro *et al.* (2018), em seu estudo de avaliação de impactos sobre os atributos da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos, que destacou o alto valor atribuído aos aglomerados de habitantes que contribuem significativamente, ainda nos dias atuais, para a perda da qualidade das águas da bacia hidrográfica Lagos São João.

5 Conclusões e Recomendações

Foram analisados os IQAs disponibilizados pelo INEA, à luz de uma metodologia inovadora fundamentada na adoção de valores mínimo e máximo, quando da ausência de um parâmetro. Os resultados encontrados permitiram a validação da metodologia. Recomenda-se sua replicação em outros cursos d'água.

A partir dos dados do INEA e do CILSJ, observou-se que o tributário com melhor qualidade da água é o rio São João e o de pior qualidade, o rio Capivari. Entretanto, é necessária a investigação dos motivos da piora da qualidade da água em 2018, observada nos 3 tributários.

Por último, recomenda-se a continuidade do monitoramento e das análises laboratoriais, a fim de garantir conhecimento mais aprofundado da variação temporal e sazonal dos parâmetros e IQA, de modo a subsidiar ações de gestão e fiscalização dos recursos hídricos, bem como garantir a demanda de abastecimento da população com a quantidade e qualidade requeridas pela legislação vigente.

6 Referências

- Almeida, A.M. 2016. *Resíduos de Estações de Tratamento de Água em reservatório: Estudo sobre distribuição e mobilidade de metais em sedimento (Rio de Janeiro, Brasil)*. Programa de Doutorado em Geociências, Faculdade de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 128p.
- ANA. 2017. Agência Nacional de Águas. *Relatório de Segurança de Barragens*. Brasília. 81p. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/barragens/cadastro-de-barragens-para-rsb-2017-pag-36-39.pdf>>. Acesso em: abr. 2020.
- ANA. 2020 Agência Nacional de Águas. *Indicadores de Qualidade*. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua/indicadores-de-qualidade>>. Acesso em: abr. 2020.
- CERHI-RJ. 2013. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. *Resolução nº 107, de 22 de maio de 2013*. Rio de Janeiro: CERHI.
- CETESB. 2008. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Monitoramento de Escherichia coli e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo*. 22p. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/2008-ecoli.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2020.
- CETESB. 2019. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2019. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018 [recurso eletrônico]*. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- CILSJ. 2003. Consórcio Intermunicipal Lagos São João. *Bacias Hidrográficas dos rios São João e das Ostras: águas, terras e conservação ambiental*. Relatório, 192p. Disponível em: <oads.org.br/files/109.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- Cunha, S.B. 1995. *Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João (Rio de Janeiro-Brasil)*. Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, Tese de Doutorado, 415p.
- Fuzinato, C.F. 2009. *Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água (Santa Catarina - Brasil)*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado, 245p.
- Gloria, L.P.; Horn, B.C. & Hilgemann, M. 2017. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água (IQA). *Revista Caderno Pedagógico*, 14: 103-119.
- IGAM. 2019. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Portal InfoHidro - Informações sobre Recursos Hídricos. Calculadora de IQA*. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>>. Acesso em: set. 2019.
- INEA. 2019. Instituto Estadual do Ambiente. *Boletins de qualidade das águas por região hidrográfica*. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>> Acesso: set. 2019.
- Lima, J.B.A.; Costa, R.L.X.G. & Soares, L.P.C. 2007. Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGAM na Bacia Hidrográfica Apodí Mossoró/RN. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, Caxambu, 2007. Resumos expandidos, Caxambu, IB-USP, p. 1-2. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/viiiiceb/pdf/1387.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2020.
- Morais, M.R.D. 2016. *Impacto da ação antrópica sobre a qualidade da água e da ictiofauna da represa de Juturnaíba, Silva Jardim, RJ*. Programa de Pós-graduação em Engenharia

Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro

Monalisa da Costa Santos Oliveira; Monica de Aquino Galeano Massera da Hora & Antonio Ferreira da Hora

- Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Oliveira, M.C.S. 2019. *Metodologia para avaliação do índice de qualidade das águas a partir do estudo de caso dos rios tributários ao reservatório de Juturnaíba, bacia do rio São João, RJ*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 104p.
- Porto, M.F.A & Porto, R.L.L. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos avançados*, 22(63): 43-60.
- Ribeiro, N.B.; Formiga-Johnsson, R.M. & Martins, M.S. 2018. Risco ecológico da Bacia Hidrográfica Lagos São João, RJ. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(3): 447-458.
- Rocha, M.A.G.H. & Miranda-Neto, M.I. 2018. Classification of the Juturnaíba Dam: Potential Risk and Damage. *Journal of Water Resource and Protection*, 10: 1-19.
- Rocha, M.A.G.H.; Guimarães, R.B. & Lacerda Neta, Z.F. 2020. Barragens Órfãs: Estudo de Caso da Barragem de Juturnaíba, Localizada no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, 43(1): 311-319.
- SEMADS. 1999. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Subsídios para gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu*. Rio de Janeiro: Projeto PLANAGUA SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha. 281p.
- Von Sperling, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte. 2a Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 243p.