

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ARTUR FERNANDO CARDOSO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JORDÃO NA REGIÃO DE
ARAGUARI – MG.

Monte Carmelo - MG
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ARTUR FERNANDO CARDOSO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JORDÃO NA REGIÃO DE ARAGUARI –
MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ARTUR FERNANDO CARDOSO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JORDÃO NA REGIÃO DE ARAGUARI –
MG.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo, como requisito necessário
para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 27 de março julho de 2022

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge
Orientador

Prof.^a Dra. Cinara Xavier de Almeida
Membro da Banca

Prof. Dr. Drausio Honorio Moraes
Membro da Banca

Monte Carmelo - MG
2021

Sumário

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	6
3 REVISÃO DA LITERATURA	6
3.1 Água e Qualidade da Água.....	6
3.2 Legislação.....	7
3.3 Índice de Qualidade das Águas (IQA)	8
3.4 Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	9
3.4.1 Turbidez	9
3.4.2 Temperatura	10
3.4.3 Sólidos Totais.....	10
3.4.4 Potencial Hidrogeniônico	10
3.4.5 Oxigênio Dissolvido	11
3.4.6 Demanda Bioquímica do Oxigênio	11
3.4.7 Nitrogênio total.....	11
3.4.8 Fósforo total.....	12
3.4.9 Coliformes termotolerantes	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	12
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 Parâmetros Químicos, Físicos e Microbiológicos.....	16
5.2 Água e a Legislação	17
5.3 IQA.....	18
6 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS.....	22

RESUMO

A água, bem natural é fundamental para a vida, constituinte inorgânico mais abundante em toda a matéria viva, carece de uso consciente para manutenção de uma qualidade adequada. Para avaliar a qualidade da água podemos utilizar modelos de referência, como o Índice de qualidade da água (IQA). O objetivo deste trabalho foi monitorar o IQA, no Rio Jordão (estudo de caso em Araguari-MG). Analisou-se a classificação do corpo d'água. Esse levantamento visou obter informações para subsidiar a classificação e enquadramento do corpo d'água para os usos e o abastecimento para consumo humano. Observou-se altas concentrações de coliformes fecais e fósforo total em níveis acima do valor máximo permitido (V.M.P) da resolução 357/05 do CONAMA, afetando a classificação do corpo d'água. Os demais parâmetros de qualidade apresentaram estar dentro do V.M.P. Comparou-se dois modelos de IQA, sendo o NSF e o CETESB. Obteve-se classificações diferentes, O IQA-NSF obteve classificação média, enquanto o IQA-CETESB, construído neste estudo, obteve classificação boa com exceção de um semestre que apresentou classificação aceitável.

Palavras-Chave: Índice de qualidade de água, Corpo d'água, Valor máximo permitido.

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem natural e fundamental para a vida, sendo constituinte inorgânico mais abundante em toda a matéria viva. Apresenta-se constituído no ser humano, nas plantas, nos animais aquáticos, entre todos os seres vivos. De toda água existente 97% encontra-se no mar, 2,2% nas geleiras e somente 0,8% é constituída da água doce que se encontra 97% no subterrâneo e 3% em superfície (SPERLING, 2014b).

A crescente necessidade do uso consciente da água se faz necessário para a manutenção de sua qualidade adequada. E esta qualidade é medida por parâmetros físicos, químicos e biológicos. A qualidade da água doce na superfície provém da atuação do homem, do solo como também das condições naturais da bacia. E para que ocorra o bem-estar do ecossistema que esta bacia ou rio está situada e necessário manter a qualidade da água ao longo do tempo (ANA, 2020).

A poluição dos recursos hídricos tem sido um dos maiores problemas ambientais. Tendo isso em vista, a busca pelo monitoramento ao longo do tempo dos níveis de poluição sobre os recursos hídricos é indispensável para suprir a necessidade dos usos destes recursos (TREVISAN, 2011).

Bitencourt et al. (2019), transcorrem sobre o panorama da relação do enquadramento dos recursos hídricos com a legislação Brasileira. Tendo o embasamento teórico da Lei nº 9.433/97 e da Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/05 como principais vertentes da classificação e usos, visando a prevenção de poluentes sobre corpos d'água, os quais são classificados.

Para se quantificar a qualidade de águas se utiliza vários modelos de referências, entre eles, se destaca o Índice de qualidade da água (IQA). De acordo com Xavier (2010, p. 28): “O IQA é um número resultante de uma equação matemática baseada em valores de parâmetros de qualidade física, química e microbiológicos” da água. Mas este modelo apresenta limitações, segundo Almeida (2021, p. 26) “Entretanto, eles não fornecem informações sobre as concentrações e propriedades individuais de cada parâmetro.” Assim é necessária uma análise da influência de cada parâmetro sobre a qualidade da água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Monitorar a qualidade da água do Rio Jordão, localizado na região de Araguari – MG

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar os parâmetros do Índice de qualidade da água: Oxigênio dissolvido (OD), Coliforme termotolerante (Coli), Potencial hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Variação da Temperatura (DifT), Nitrogênio total (NT), Fósforo total (PT), Turbidez (Turb), Sólidos Totais (ST).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Água e Qualidade da Água

Conforme Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS, 2006) a água tem a capacidade de dissolver diferentes substâncias, e quando em solução essas substâncias são transportadas pelos cursos d'água.

Para Bortoli (2016, p. 25) “a água move-se de um meio a outro no Planeta Terra, chamamos de ciclo da água ou ciclo hidrológico o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera”. Contudo, Trevisan (2011) destaca a importância do conhecimento de todas as variáveis associadas ao ciclo hidrológico combinado com a boa utilização dos recursos na região, conhecidos como bacias hidrográficas, são essenciais para aplicação de modelos de qualidade da água.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020) apesar de os recursos hídricos, terem uma capacidade de autodepuração, se a taxa de poluição for maior que a de recuperação, ocorrerá um constante aumento dos índices de poluição.

3.2 Legislação

Bitencourt et al. (2019) destacam que o enquadramento de corpos d'água em classes de acordo com o uso preponderante, tem como objetivo prevenir a poluição e assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes, sendo fundamental a caracterização e classificação dos recursos hídricos de acordo com seu uso.

A LEI Nº 9.433/97 que dispõem sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) fundamenta a gestão dos recursos hídricos, na bacia hidrográfica, o enquadramento dos corpos de água em classes, outorga e estabelece entre outros, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Machado et al. (2017) descrevem uma metodologia de enquadramento de baseando-se na resolução nº 357/05 do CONAMA e na resolução nº 91/08 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que visa: identificação dos usos atuais e futuros; diagnóstico da qualidade da água atual; enquadramento preliminar em função dos usos preponderantes e prognóstico; e estabelecer uma modelagem matemática, que é destacada pelo monitoramento e representada pelos parâmetros escolhidos.

A Resolução do CONAMA nº 357/2005, que dispõem sobre classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

COPAM e CERH-MG (2008) estabeleceram a Deliberação Normativa Conjunta 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio de Minas Gerais. Observado na Tabela 1 que demonstra a classificação dos corpos d'água de acordo com os seus usos.

Para o abastecimento para consumo humano é necessário atender a legislação vigente, que determina limites legais dos vários parâmetros por ela elencados, sendo esses apresentam valores máximos permitidos (V.M.P). Segundo a portaria vigente e de nº 5/2017 que dispõem sobre o padrão de potabilidade, publicada pelo Ministério da Saúde. Tendo como o critério de grande valor a ausência de *Escherichia coli* em 100 mL (BRASIL, 2017).

Tabela 1: Classes de acordo com normativa conjunta da COPAM e CERH-MG (2008)

CLASSE	COR	USOS
ESPECIAL	AZUL	a) ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I (UM)	VERDE	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam Rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II (DOIS)	AMARELO	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, Com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
III (TRÊS)	LARANJA	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
IV (QUATRO)	VERMELHO	a) à navegação; b) à harmonia paisagística; e c) aos usos menos exigentes.
ADAPTADO DA NORMATIVA DO COPAM E CERH-MG (2008)		

3.3 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

“Há vários índices de qualidade da água em utilização, sendo vários deles baseados no IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos (SPERLING, 2014a).” Estes índices são formulados por especialistas que estabelecem pesos em cada parâmetro que seja relevante para avaliação da qualidade das águas.

Almeida (2021) A Agência Nacional de Águas (ANA) utiliza o IQA CETESB para apresentar o Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil e o relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Sendo modelo de índice de uso referencial de maior destaque no Brasil, também utilizado no Estado de Minas Gerais.

Barros et al. (2012) “Nesta pesquisa foi realizada a caracterização de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos no ponto de captação do açude Gavião, com a finalidade de calcular o

índice de qualidade das águas (IQA-CETESB)”. Trabalho que apresenta relação com o objetivo do trabalho.

3.4 Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos

Conforme a Secretaria de Vigilância em Saúde (2006, p. 44) “o conhecimento das principais características físicas, químicas e biológicas da água, as quais, em seu conjunto, permitem a avaliação da sua qualidade.” Segue abaixo os parâmetros a serem utilizados no trabalho, para desenvolver o IQA, baseado na CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).

De acordo com Sampaio et al. (2019) que demonstra através de análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta para fins de abastecimento domiciliar a agroindustrial a necessidade do monitoramento constante da qualidade da água.

Muller (2016) avalia parâmetros físico-químicos e microbiológicos de locais com um histórico de grande de ação antrópica de derrame de agentes poluidores, obtendo uma avaliação de apesar da liberação de agentes poluentes, não afetou a qualidade da água.

Segundo o IGAM (2018) o local do presente trabalho apresenta série histórica de parâmetros em não conformidade com os índices de qualidade, sendo contaminação fecal (*Escherichia coli*) e enriquecimento orgânico (P; DBO; NO₃; NH₃T). Sendo necessário avaliação dos dados e comparação com a legislação vigente.

3.4.1 Turbidez

Um parâmetro físico que conceitualmente é o grau de interferência com a passagem da luz através da água. Tendo sua origem natural ou antropogênica. Sendo utilizado para caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas (SPERLING, 2014b).

Bortoli (2016, p. 33) “A turbidez é um parâmetro que identifica a presença de partículas em suspensão na água, é gerada pela matéria em suspensão, que dispersa e absorve a luz impedindo a passagem da mesma.”

Xavier (2010, p. 27) “A turbidez de origem natural não representa riscos, porém a de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e microrganismos patogênicos. Nos corpos d’água, reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.”

3.4.2 Temperatura

Sperling (2014b) a temperatura é um parâmetro físico que conceitualmente faz a medição da intensidade de calor. É afetado por aspectos natural e antropogênica. Sendo utilizado para caracterização de corpos d'água e de águas residuárias brutas.

Xavier (2010, p. 28) “A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas.”

Bortoli (2016, p. 34) “É a medida da intensidade do calor, esse parâmetro influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática.”

3.4.3 Sólidos Totais

Bortoli (2016, p. 34) define que “Os sólidos totais dissolvidos nas águas representam toda a matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.”

Xavier (2010, p. 27) “Os sólidos na água aumentam sua turbidez, diminuindo sua transparência. O aumento na turbidez reduz as taxas de fotossíntese influenciando na produção primária, e o oxigênio dissolvido na água.”

3.4.4 Potencial Hidrogeniônico

É um parâmetro químico que conceitualmente representa a concentração de íons de hidrogênio, sendo o indicador de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Sendo influenciada por aspectos naturais e/ou antropogênica. Sendo um parâmetro mais utilizado para caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, águas residuárias brutas, em estações de tratamento de água e esgoto (SPERLING, 2014b).

Bortoli (2016, p. 35) “O pH pode variar de 1 a 14, indica ser uma água ácida quando o pH for inferior a 7, é neutro quando o pH for igual a 7 ou alcalina se o pH estiver maior do que 7.”

Xavier (2010, p. 28) “O pH é um parâmetro que indica se a água tem caráter ácido ($\text{pH} < 7$) ou alcalino ($\text{pH} > 7$). Ele é decorrente da concentração de íons de hidrogênio na água. As alterações nesse valor podem afetar a vida aquática (flora e fauna).”

3.4.5 Oxigênio Dissolvido

É um parâmetro químico que conceitualmente é essencial para os organismos, estabilização da matéria orgânica, dependendo de sua concentração pode afetar a vida aquática. Tendo origem natural e antropogênica. Sendo mais utilizado em estações de tratamento de esgotos e caracterização de corpos d'água (SPERLING, 2014b).

Bortoli (2016, p. 38) “A redução do OD pode ocorrer por razões naturais principalmente pela respiração dos organismos presentes no ambiente aquático, mas também por perdas da atmosfera, mineralização da matéria orgânica e oxidação de íons.”

Xavier (2010, p. 30) “A quantidade de oxigênio que pode estar presente na água é regulada por vários fatores, tais como: a solubilidade do gás, a pressão parcial do gás na atmosfera, a temperatura, a salinidade, sólidos em suspensão, etc.” (adaptado BASTOS, 2007).

3.4.6 Demanda Bioquímica do Oxigênio

Sperling (2014b, p. 87), “poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido causado pela respiração dos microrganismos que se alimentam da matéria orgânica.” O DBO mede a poluição da água, e considerado poluído o curso d'água com baixa concentração de oxigênio dissolvido.

Xavier (2010, p. 29), “É normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, em uma temperatura de incubação específica.”

Locais de descarga de poluição de indústrias sobre os corpos d'água apresentam altos valores de DBO, em ambientes naturais não poluídos, a concentração de DBO é baixa (SVS, 2006).

3.4.7 Nitrogênio total

É um parâmetro químico que conceitualmente apresenta em diversas formas na água. Desde nitratos, nitritos, amônia, entre outros. Tendo origem natural ou antropogênica. Sendo mais utilizado para abastecimento de águas, águas residuárias brutas e tratadas e caracterização de corpos d'água (SPERLING, 2014b).

SVS (2006, p. 51) “O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato.”

3.4.8 Fósforo total

É um parâmetro químico que conceitualmente apresenta em diversas formas na água. Desde fósforo, ortofosfato, polifosfato, entre outros. Tendo origem natural ou antropogênica. Sendo muito utilizado em estações de tratamento de esgotos e caracterização de corpos d'água (SPERLING, 2014).

SVS (2006, p. 52) “o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento ocorre em excesso, prejudicando os usos da água, caracteriza-se o fenômeno conhecido como eutrofização.”

3.4.9 Coliformes termotolerantes

Bortoli (2016, p. 42) “São considerados coliformes termotolerantes o subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal” (apud BRASIL, 2004).

SVS (2006, p. 54) “Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de que haja contaminação por organismos patogênicos.”

4 MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada está situada no curso d'água Rio Jordão pertencente a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, conforme definida a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos no Estado (UPGRH), PN1 do Alto Rio Paranaíba (IGAM, 2019a - Figura 1).

Os dados utilizados foram obtidos na base de informação (do ou da informar a forma de acesso, referenciar), sendo coletados na estação PB009 de monitoramento de qualidade de água, localizado na latitude -18,59 e longitude -48,13 (ANA, 2021). Os dados que foram utilizados, estão

disponíveis no repositório ligado ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), responsável pela estação.

O Rio Jordão está localizado na região do município de Araguari. Estando relacionado a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (IGAM, 2018a). Segundo o IBGE (2021), o município de Araguari tem população estimada de 118 mil habitantes, situada no Mesorregião do Triângulo Mineiro.

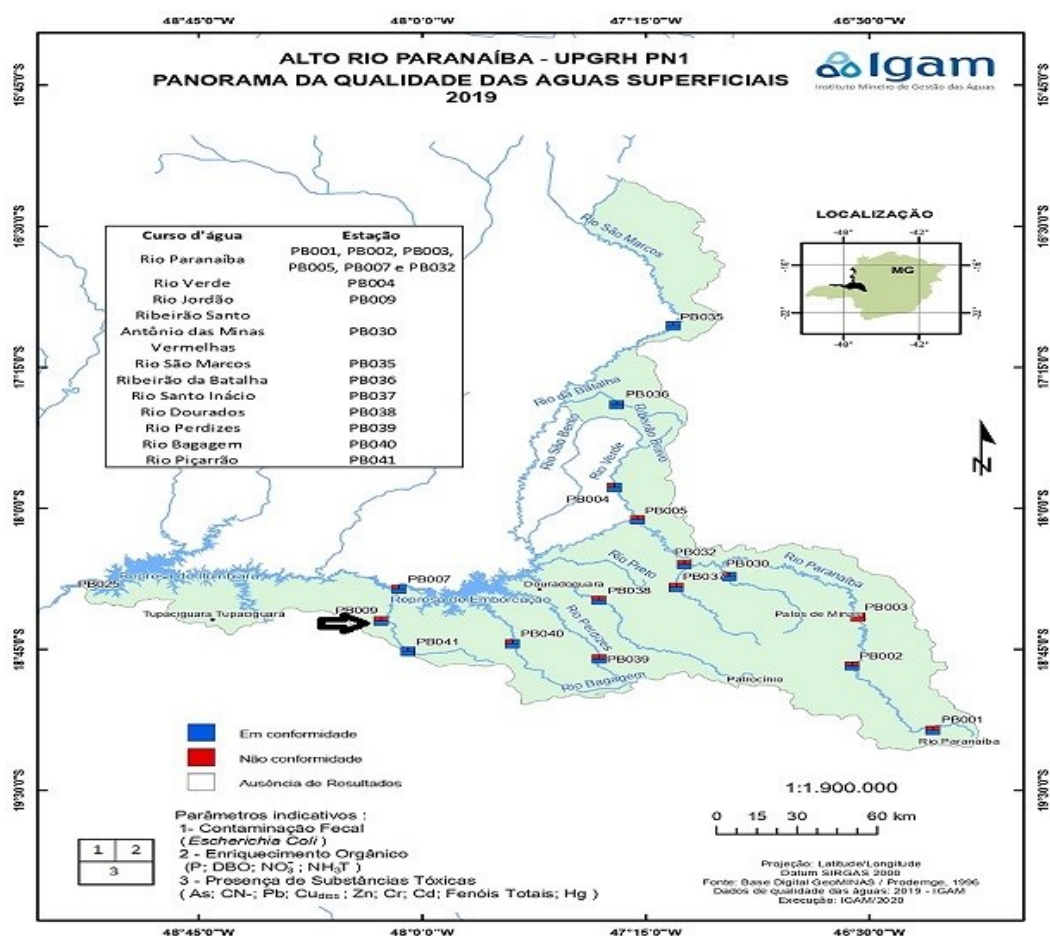


Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, segundo o IGAM (2019a).

Nitrogênio Total não é mensurado na Tabela 2, pois para sua obtenção, foi realizada a soma dos compostos nitrosos (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total e nitrogênio orgânico) para o cálculo do IQA-CETESB (BORGES e VARGAS, 2014).

Tabela 2: Ensaios realizados pelo SENAI para a coleta e análise dos dados

Parâmetro	Unidade	Tipo de Ensaio	Referência Normativa
DBO	mg/L	Eletrométrico	SMEWW 5210 B
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	Substrato enzimático	SMEWW 9223 B
PT	mg/L	Colorimétrico	SMEWW 4500-P B e E
Nitrato	mg/L	Colorimétrico	SMEWW 4500-NO3- E
Nitrito	mg/L	Colorimétrico	SMEWW 4500-NO2- B
N.A.T	mg/L	Colorimétrico	EPA Method 350.2/1979
N.O	mg/L	Colorimétrico	SMEWW 4500-Norg B
OD	mg/L	Eletrométrico	SMEWW 4500-O G e H
pH in loco	NA	Potenciométrico	SMEWW 4500 H+ B
ST	mg/L	Gravimétrico	ABNT NBR 10664/1989
T.A	°C	Termométrico	SMEWW 2550 B
Turbidez	NTU	Turbidimétrico	SMEWW 2130 B

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), *E.coli* (*Escherichia coli*), PT (Fósforo total), N.A.T (Nitrogênio amoniacal total), N.O (Nitrogênio orgânico), OD (Oxigênio dissolvido), ST (Sólidos Totais), T.A (Temperatura da água).

Na avaliação do IQA foram utilizados os dados da série 2018-2020 do IGAM, para análise de série histórica (estatística). De acordo com Sperling (2014a), foram escolhidos os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, para determinar o IQA, foi adaptado com recomendações do IGAM (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos analisados para o cálculo de IQA

Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Peso
Oxigênio Dissolvido	OD	% satur	0,17
<i>Escherichia coli</i>	Coli	NMP/100mL	0,15
pH	pH		0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO	mg/L	0,10
Nitrogênio total	NT	mgN/L	0,10
Fósforo total	PT	mgP/L	0,10
Temperatura	DifT	oC	0,10
Turbidez	Turb	NTU	0,08
Sólidos totais	ST	mg/L	0,08

Fonte: Adaptado de SPERLING (2014a)

Segundo o IGAM (2021) as metodologias para o cálculo do IQA consideraram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Neste trabalho, adotou o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte equação (SPERLING, 2014a):

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100;

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

Com referência a variação da temperatura (Dift), para o cálculo do IQA o parâmetro foi estabelecido como valor de 94 para os dois IQA, devido à alta qualidade dos rios brasileiros (SPERLING, 2014a).

A Tabela 4 apresenta o modelo de classificação da qualidade da água, dependendo do resultado do IQA. O modelo proposto foi a comparação dos dois modelos (NSF e CETESB) para avaliar a qualidade da água, sobre duas óticas diferentes e semelhantes.

Tabela 4: Classificação da qualidade da água segundo Sperling (2014a)

	NSF		CETESB
Excelente	$90 < IQA \leq 100$	Ótima	$80 \leq IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Boa	$52 \leq IQA < 80$
Médio	$50 < IQA \leq 70$	Aceitável	$37 \leq IQA < 52$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Ruim	$20 \leq IQA < 37$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$	Péssima	$0 \leq IQA < 20$

Para análise individual dos parâmetros foi utilizado das curvas de qualidades formuladas por NSF, com pequena adaptação da CETESB, mencionadas por Sperling (2014a).

Para análise dos dados utilizou a análise estatística mencionada por Bortoli (2016), onde na estatística descritiva (média, mínimo, máximo, desvio padrão). Na estatística inferencial se utilizou da estimativa, como o intervalo de confiança (CUNHA et al, 2014). Foram utilizados os softwares Microsoft Excel e Sisvar para os cálculos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros Químicos, Físicos e Microbiológicos

Na Tabela 5 foi apresentando os resultados estatísticos descritivos (média padrão, mínima, máxima, desvio padrão, coeficiente de variação e erro padrão) e inferencial (Estimação).

Tabela 5: Estatística descritiva e inferencial dos parâmetros da qualidade da água

Parâmetro	M.A	I.C	Mínimo	Máximo	D. P	C.V	E.P
DBO	2,93	±0,89	2,00	6,00	1,40	47,78%	0,40
Coli	1,30E+04	±5,93E+03	1,00E+01	2,42E+04	9,34E+03	71,96%	2,70E+03
PT	0,29	±0,14	0,11	0,70	0,21	73,90%	0,06
pH	6,40	±0,20	6,00	7,10	0,32	5,03%	0,09
ST	54,50	±8,81	35,00	77,00	13,87	25,45%	4,00
Dift	23,11	±1,59	17,30	25,70	2,50	10,83%	0,72
Turb	11,93	±5,30	4,30	28,80	8,34	69,93%	2,41
Nitrato	0,68	±0,25	0,16	1,40	0,38	55,80%	0,11

Legenda: M.A (Média Amostral), I.C (Intervalo de confiança), D.P (Desvio Padrão Amostral), C.V (Coeficiente de Variação), E.P (Erro Padrão). **Fonte:** Adaptado de CUNHA et al (2014).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), E.coli (Escherichia coli), PT (Fósforo total), N.A.T (Nitrogênio amoniacal total), N.O (Nitrogênio orgânico), OD (Oxigênio dissolvido), ST (Sólidos Totais), T.A (Temperatura da água).

Os dados coletados no rio Jordão apresentaram através do C.V uma grande dispersão em torno da média, com exceção da OD, Dift e o pH que apresentaram baixa dispersão. Isso é um indicativo que ao longo da série histórica, os dados apresentados apresentam grande variação ao longo do tempo. Esses resultados apresentaram semelhanças com o apresentando por Toledo e Nicolella (2002), onde os dados coletados apresentaram altos valores de C.V. Os dados da série histórica de 2018 a 2020 passaram por um teste de comparação de médias, sendo escolhido o teste Tukey ($p \leq 0,05$), não apresentando em nenhum dos parâmetros ao longo do tempo nenhuma significância das medias anuais.

Segundo o IGAM (2019) o curso d'água Rio Jordão, apresentou contaminação fecal (Escherichia coli) e enriquecimento orgânico de fósforo e não está em conformidade com os índices aceitáveis. Foi avaliado o dado sobre a conformidade ou não desta contaminação e se enquadra na

classe 2 de enquadramento de corpos d'água, contudo sendo necessária a avaliação do enquadramento ao longo do tempo (CONAMA 357/05).

Salla et al (2013), relatam em seu estudo da autodepuração do Rio Jordão a presença de cargas poluidoras presentes no Córrego Brejo Alegre, um afluente do Rio Jordão. Estas cargas são lançadas diretamente na confluência do córrego com o Rio Jordão. Pode ser esta a origem dos altos níveis de coliformes termotolerantes (*E.coli*) e do fósforo total presentes na análise da qualidade da água. Sendo necessários novas pesquisas em campo, para investigação da constante contaminação de Coli e PT.

5.2 Água e a Legislação

Os resultados obtidos em vermelho não se enquadraram em conformidade coma Resolução 357/05 do CONAMA que dispõem sobre a classificação dos tipos de corpos d'água, e não se enquadra na portaria de consolidação de nº 5/2017 que dispõem sobre a potabilidade. Foi observado que durante a série histórica de 2018-2020 em nenhuma das medias amostrais durante os três anos analisados não conseguiram atender a estes critérios. Conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Conformidade ou não com a legislação e seus limites legais, ao longo do tempo

UNIDADE	Parâmetro	Limite	2018	2019	2020	Atende ou Não
mg/L	DBO	≤ 5	3,65	3,13	2	atende
NMP/100mL	Coli	≤1000	1,26E+04	1,84E+04	7,91E+03	não
mg/L	PT	≤0,1	0,29	0,28	0,29	não
mg/L	NT	≤13,7	3,97	4,25	3,73	atende
mg/L	OD	≤5	7,05	7,1	7,68	atende
	pH	6,0 a 9,0	6,63	6,28	6,3	atende
mg/L	ST	≤500	55,5	61	47	atende
oC	Dift	≤40	22,63	23,18	23,25	atende
UNT	Turb	≤100	14,3	11,95	9,54	atende
mg/L	Nitrato	≤10	0,72	0,56	0,76	atende

Legenda: Valores em vermelho não atende as legislações. Valor Máximo Permitido (V.M.P), segundo a resolução 357/05 do CONAMA e suas alterações.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), E.coli (Escherichia coli), PT (Fósforo total), N.A.T (Nitrogênio amoniacal total), N.O (Nitrogênio orgânico), OD (Oxigênio dissolvido), ST (Sólidos Totais), T.A (Temperatura da água).

Em contrapartida a maioria dos parâmetros escolhidos, atende os limites legais (V.M.P), da legislação, sendo o DBO, NT, OD, pH, ST, Temperatura, Turb, nitrato atendem os critérios da resolução do CONAMA 357/05.

O critério da recreação acaba-se por não ser atingindo, pois segundo a resolução nº 274 do CONAMA “As águas serão consideradas impróprias, quando atenderem a algumas ocorrências, no caso, o valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli*.” Como observa-se nos resultados, durante toda a série histórica, exceto por duas amostras, sendo uma coletada no mês de setembro de 2018 e a outra em março de 2020, todas as demais apresentaram estar acima do valor indicado para recreação. No estado atual o Rio Jordão, segundo as diretrizes legais não pode ser recomendado para utilização para a recreação.

Estes critérios podem ser corrigidos, através da diminuição do volume de cargas poluidoras, para que através autodepuração natural, possa conseguir normalizar os parâmetros de qualidade do corpo d’água (SALLA et al, 2013).

5.3 IQA

Os valores utilizados nos gráficos 1, 2 e 3 foram os dados médios dos parâmetros de qualidade, destacando que no gráfico 1 foram utilizados os dados médios semestrais, enquanto nos gráficos 2 e 3, foram utilizados os dados médios de todo o período.

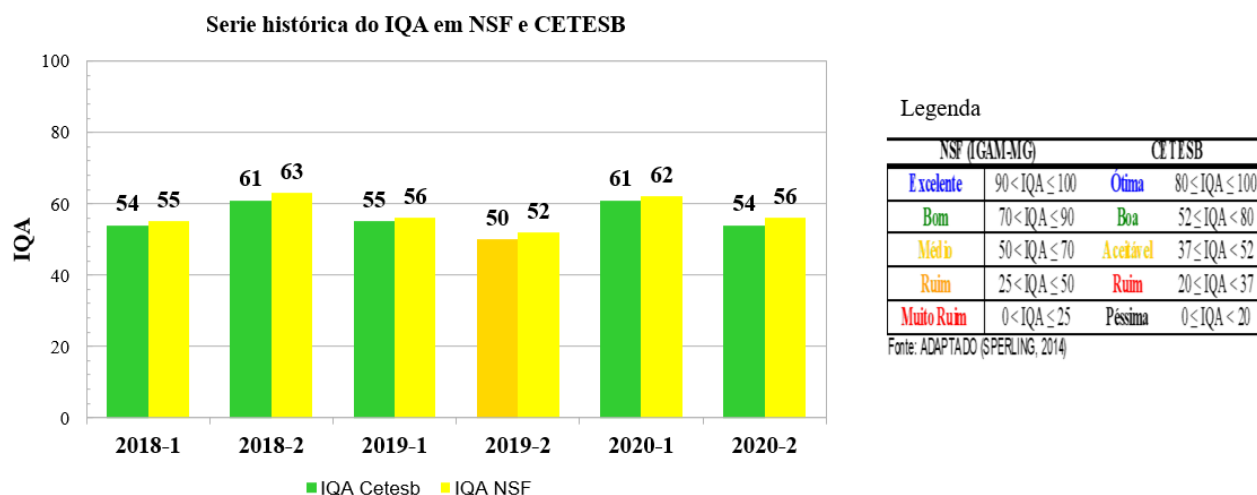


Gráfico 1: Série histórica de 2018 a 2020 do IQA em NSF e CETESB.

Destacou-se que durante toda série histórica (Gráfico 1) do IQA-CETESB, com exceção de um semestre (2019-2) que apresentou qualidade Aceitável ($37 \leq \text{IQA} < 52$). Os demais apresentaram qualidade boa ($52 \leq \text{IQA} < 80$). Enquanto no IQA-NSF apresentou estabilidade durante toda a série histórica semestral, apresentando qualidade Média ($50 < \text{IQA} \leq 70$).

Sendo os valores médios obtidos coincidiram com a média histórica, destacada no Relatório Trimestral de 2018 pelo IGAM. Apresentando o IQA médio de 56 pontos no NSF e 54 no CETESB (IGAM, 2019b).

Foi observado que os dois modelos, apesar de utilizar os mesmos dados, com exceção da substituição nitrogênio total pelo nitrato no modelo NSF, enquanto o CETESB, utilizou o nitrogênio total. Apresentaram diferentes interpretações de qualidade dos seus parâmetros, sendo O CETESB sendo menos exigente que o NSF.

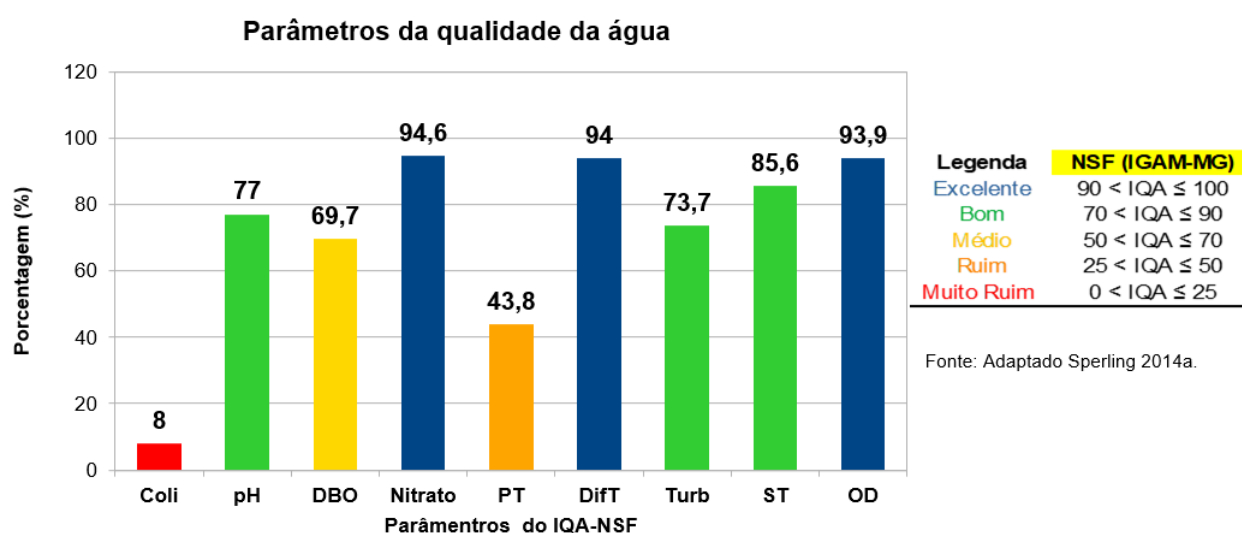


Gráfico 2: IQ dos parâmetros de qualidade da água, parâmetros do IQA-NSF.

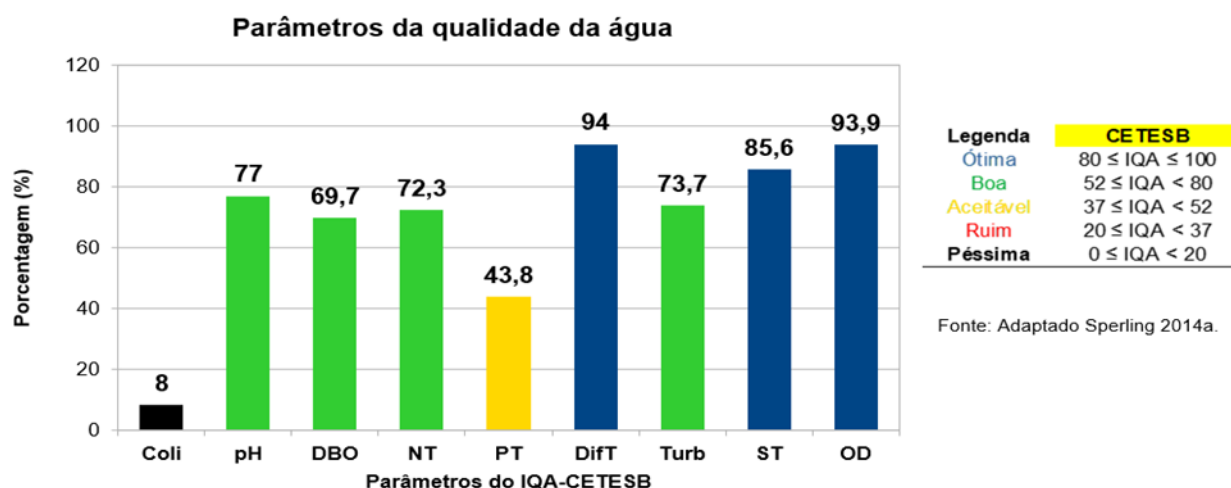


Gráfico 3: IQ dos parâmetros de qualidade da água, parâmetros do IQA-CETESB.

Segundo o modelo de interpretação do IQA-NSF, foi utilizado para interpretar os diferentes parâmetros escolhidos para a construção do IQA. No caso do IQA-NSF demonstrado pelo gráfico 2. Foi observado que os parâmetros DifT, Nitrato e OD apresentaram qualidade excelente ($90 < IQ \leq 100$). Enquanto os parâmetros pH, ST e Turb apresentaram qualidade bom ($70 < IQ \leq 90$). O DBO apresentou qualidade Médio ($50 < IQ \leq 70$). O PT apresentou qualidade ruim ($25 < IQ \leq 50$). E o Coli apresentou qualidade Muito Ruim ($0 < IQ \leq 25$)

Segundo o modelo de interpretação para classificação IQA-CETESB, foi utilizado para interpretar os diferentes parâmetros escolhidos para a construção do IQA. No caso do IQA-CESTESB demonstrado pelo gráfico 3. Foi observado que os parâmetros DifT, ST e e OD apresentaram qualidade ótima ($80 \leq IQ \leq 100$). Enquanto os parâmetros pH, DBO, NT e Turb apresentaram boa qualidade ($52 \leq IQ < 80$). O PT apresentou qualidade aceitável ($37 \leq IQ < 52$). Nenhum apresentou qualidade ruim ($20 \leq IQ < 37$). E o Coli apresentou qualidade péssima ($0 \leq IQ < 20$).

Apesar de demonstrar diferentes parâmetros da qualidade da água, sendo elencados como os principais parâmetros da qualidade da água, apresenta diversas limitações. Por resumir os dados em um único valor, acaba mascarando as concentrações dos diferentes parâmetros. Por isso é necessário demonstrar os valores do qi de cada parâmetro de qualidade (ALMEIDA, 2021).

Não engloba todos os parâmetros previstos na resolução do CONAMA 357/05, como principalmente os parâmetros tóxicos. Sendo então necessário a busca por mais indicadores de qualidade que vão atender aos critérios exigidos para informar corretamente ao consumidor do rio do estudo.

O IQA sozinho não pode demonstrar a totalidade da qualidade da água, sendo sugerido, novos estudos ao longo do tempo para monitoramento da qualidade da água, como: Índice do Estado Trófico (IET), Índice de Contaminação por Tóxicos, Índice de Balneabilidade (IB), Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), entre outros. Por outros canais independentes da sociedade civil (ANA, 2021).

O trabalho alcançou o objetivo de avaliar os parâmetros de qualidade da água de acordo com a legislação e construir um índice de qualidade para referência da qualidade da água do Rio Jordão durante o monitoramento dos dados. Apesar dos resultados negativos, estava dentro do esperado, segundo os dados históricos e documentados.

6 CONCLUSÕES

A DBO, NT, OD, ph, ST, Dift, Turb e Nitrato da água do Rio Jordão apresentaram estar dentro dos limites legais exposto pela resolução do CONAMA 357/05 que regulamenta os critérios de acordo com os usos estabelecidos. Entretanto os critérios Coli e PT apresentam valores superiores aos limites legais. Durante a série histórica de 2018 a 2020, esses critérios não foram atendidos para se classificar o rio como classe 2.

O IQA construído a partir dos dados do monitoramento no modelo NSF apresentou uma qualidade compatível com a série histórica, apresentado pelo órgão responsável pelo monitoramento (IGAM). Enquanto o CETESB trouxe uma nova classificação, para a qualidade do rio Jordão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. A. S. de. **Índices de qualidade de água**. 2021. Disponível em: <https://www1.ufrb.edu.br/editora/component/phocadownload/category/2-e-books?download=219:indices-de-qualidade-de-aguaos>. Acesso em: 15 set. 2021.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **HIDROWEB**. 2021. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 21 set. 2021.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 02 set. 2021.
- BARROS, J. C.; BARRETO, F. M. de Sá; LIMA, M. V. de. **Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP)**. 2012. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental, Departamento de Construção Civil do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Ifce - Campus Fortaleza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará | Campus Fortaleza, Fortaleza, 2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/2850/2313>. Acesso em: 20 set. 2021.
- BITENCOURT, C. C. A.; FERNANDES, C. V. S.; GALLEGOS, C. E. C. Panorama do enquadramento no Brasil: Uma reflexão crítica. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, e9, 2019. <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v16e9>.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE; SVS – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Vigilância e Controle da Qualidade da água para consumo humano**. 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 17 set. 2021.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE; SVS – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5 DE 28/09/2017**. 2017. Disponível em:
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 18 set. 2021.
- BORGES, G. S.; VARGAS, R. R. Análise físico-química em amostras de águas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Tanque Grande. *Revista Educação*, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 70, 2014.
- BORTOLI, J. de. **QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO E DESSEDENTAÇÃO ANIMAL EM PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE LEITE NA REGIÃO DO VALE DO TAQUARI/RS**. 2016. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016. Disponível em: <https://univates.br/bdu/bitstream/10737/1068/1/2016JaquelineDeBortoli.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 mar. 2005.

COPAM – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CERH-MG – CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 12 out. 2021.

CUNHA, H. F. A. et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água** [online]. 2012, v. 7, n. 3 [Acessado 18 Fevereiro 2022] , pp. 155-165. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.908>>. Epub 16 Set 2014. ISSN 1980-993X. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.908>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufra.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Date accessed: 10 feb. 2022. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Araguari.** 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/araguari/panorama>. Acesso em: 18 set. 2021.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Alto Rio Paranaíba - UPGRH PN1 : Panorama da Qualidade das Águas Superficiais 2019.** Belo Horizonte: Igam, 2019a. 1 Mapa, color. Escala: 1:1.900.000. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3668>. Acesso em: 20 out 2021.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Índice de Qualidade Das Águas - IQA.** 2021. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>. Acesso em: 22 set. 2021.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais da Sub-bacia do Ribeirão Pampulha - Relatório Trimestral - 3º Trimestre de 2018.** Belo Horizonte: Igam, 2019b. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/2927>. Acesso em 18 out 2021.

MACHADO, E. S.; KNAPIK, H. G; BITENCOURT, C. de C. A. de. **Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água.** Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2019, v. 24, n. 02 [Acessado 1 Novembro 2021], pp. 261-269. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181252>>. Epub 30 Maio 2019. ISSN 1809-4457.

MULLER, T.; GRANADA, C. E.; SPEROTTO, R. A.. Qualidade da água de três locais com potenciais fontes de contaminação no Rio Taquari, RS. **Revista Ambiente & Água** [online]. 2016, v. 11, n. 1 [Acessado 3 Novembro 2021] , pp. 75-84. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1789>>. Epub Jan-Mar 2016. ISSN 1980-993X.

SALLA, M. R. et al. **Estudo da autodepuração do rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do rio Dourados**. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2013, v. 18, n. 2 [Acessado 2 Fevereiro 2022], pp. 105-114. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200002>>. Epub 24 Jul 2013. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200002>.

SAMPAIO, C. A. de P. et al. **Análise técnica de água de fontes rurais**. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2019, v. 24, n. 02 [Acessado 1 Novembro 2021], pp. 213-217. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522019116954>>. Epub 30 Maio 2019. ISSN 1809-4457.

SPERLING, M.V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014a. 592 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.7).

Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2014b. 472p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1).

TOLEDO, L. G; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola** [online]. 2002, v. 59, n. 1 [Acessado 21 Fevereiro 2022], pp. 181-186. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>>. Epub 27 Set 2002. ISSN 1678-992X. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>.

TREVISAN, A. B. **ESTUDOS E MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PAPAQUARA**. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Sc, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95444/301175.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 set. 2021.

XAVIER, D. K. de S. **MONITORAMENTO AMBIENTAL ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA ASSOCIADO COM O ÍNDICE DE TOXIDEZ – IT DAS ÁGUAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CURIMATAÚ E MAXARANGUAPE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rn, 2010. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp154304.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.