



UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

ADRIANA MARQUES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO
MARANHÃO COM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA MODIFICADO**

Orientador (a): Prof. Dr. Maurício Dziedzic

São Luís
2018

ADRIANA MARQUES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO
MARANHÃO COM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA MODIFICADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Dzedzic

São Luís
2018

UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

**Folha de aprovação da Dissertação de ADRIANA M ARQUES
SILVA defendida e aprovada pela Comissão Julgadora em
26/09/2 018**

Adriana Marques Silva

Prof.^a Dr.^a. Cíntia Mara Ribas de Oliveira
1º Titular

Prof.^o Dr.^o Fabrício Brito da Silva
2º Titular

Prof.^o Dr.^o Paulo César Mendes Villis
3º Titular

Prof. Dr. Maurício Dziedzic
Presidente da Comissão

Prof. Dr. Valério Monte iro Neto
Pró-Reitor d e Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

Resumo

O Índice de Qualidade da Água, IQA, sintetiza o estado de um corpo hídrico a partir do monitoramento de nove parâmetros de qualidade da água. Todavia, são poucas as estações de monitoramento no Brasil, e raras no Nordeste, que monitoram todos os parâmetros. Nesse contexto, o presente trabalho propõe um IQA modificado para avaliar a qualidade das águas superficiais no estado do Maranhão utilizando os dados disponíveis, temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica. Para tanto, foram analisados dados de estações de outros estados que monitoram os nove parâmetros e investigadas alternativas para o cálculo do IQA. Investigou-se correlação entre os parâmetros, e utilizou-se várias estratégias de redistribuição de pesos utilizando a ferramenta Solver do MS-Excel®. Além do IQA modificado, foram propostas também novas faixas de classificação da qualidade da água, de modo a minimizar as diferenças entre a classificação com o IQA tradicional e o IQA modificado. Dessa forma pôde-se classificar as águas superficiais do Maranhão por bacia hidrográfica, tendo no contexto geral a classificação regular.

Palavras-chave: Águas superficiais. Qualidade da água. IQA modificado.

Abstract

The Water Quality Index, WQI, synthesizes the state of a water body based on nine water quality parameters. However, there are few monitoring stations in Brazil, and fewer in the Northeast region, which monitor all nine parameters. In this context, the present work proposes a modified WQI to evaluate the surface water quality in the state of Maranhão using the available data - temperature, pH, turbidity, dissolved oxygen and electrical conductivity. For that, data from stations in other states that monitor the nine parameters and alternatives for the calculation of the WQI were analyzed. The correlation between the parameters was analyzed, and several weight redistribution strategies considered using the MS-Excel® Solver tool. In addition to the modified WQI, new water quality classification ranges have been proposed in order to minimize the differences between the classification with the traditional WQI and the modified WQI. In this way it was possible to assess the surface waters in the state of Maranhão by watershed, which were classified as “average”.

Keywords: Surface water. Water quality. Modified WQI.

“A menos que modifiquem nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas usados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

(Albert Einstein)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todo cuidado e providência durante esta jornada e que nunca me deixou desistir diante dos inúmeros desafios.

A meus pais que sempre trabalharam para que eu e meus irmãos tivéssemos as melhores oportunidades de maneira honesta e com sabedoria.

A meu marido e filho, que me deram total apoio, compreensão e incentivo durante esta jornada.

Ao orientador, professor Dr. Maurício Dziedzic, pela competência e respeito em que conduziu este processo de aprendizagem contribuindo com seus conhecimentos.

Aos demais professores do programa, pelas valiosas contribuições durante as disciplinas e no exame de qualificação.

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade da água do IQA e respectivos pesos, calculados segundo a relevância de cada parâmetros no momento do desenvolvimento do IQA- NSF	20
Tabela 2. Classificação da Qualidade da água em função do IQA	22
Tabela 3. Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e seus respectivos pesos adaptados pela CETESB.....	23

Lista de Quadros

Quadro 1. Resumo de estudos sobre o IQA por diversos autores no Brasil e no Mundo	28
Quadro 2. Resumo de estudos sobre o IQA por diversos autores – pesos distribuídos entre os parâmetros para o Índice de Qualidade da Água.....	29
Quadro 3. Resumo de estudos sobre o IQA por diversos autores no Maranhão	31

Lista de Figuras

Figura 1. Curvas de Variação da Qualidade das Águas do IQA - NSF	21
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Política Nacional de Recursos Hídricos.....	16
2.2 Política Estadual de Recursos Hídricos.....	17
2.3. Índice de Qualidade da Água - IQA.....	19
2.4 Qualidade da Água no Maranhão.....	29
3. CAPÍTULO I: Artigo Submetido à Revista Brasileira de Ciências Ambientais.	33
4 CONCLUSÕES	52
5 REFERÊNCIAS	53
ANEXO A Dados das Amostras do Maranhão disponíveis na HidroWeb.....	60
ANEXO B: Normas para submissão na Revista	74
ANEXO C: Declaração de Submissão.....	75

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais intensamente utilizados, de fundamental importância para existência e manutenção da vida, e para isso deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (BRAGA, 2013). Porém, esse recurso vem sendo deteriorado ao redor do planeta (KAY *et al.*, 2017).

Cobrindo três quartos da superfície da Terra, apenas 3% são de água doce e desta pequena fração apenas 15% estão disponíveis (TUNDISI, 2003). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), estima-se que a parcela da população sem acesso a água potável chegue a um total de 2,1 bilhões e que outros 4,5 bilhões não possuem saneamento ambiental. Cerca de 70% da população rural e 25% da população urbana dos países em desenvolvimento não dispõem de abastecimento adequado de água, assim como cerca de 360 mil crianças menores de cinco anos morrem por ano em virtude de doenças transmitidas pela água, como diarreia, cólera, hepatite A e febre tifoide (OMS/Unicef, 2017).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS) define a água potável como “água para consumo cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, sendo um destes padrões os índices de coliformes fecais ausentes em 100 mL de água analisada” (ANVISA, 2004).

O controle da qualidade da água para consumo humano, segundo o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (VIGIÁGUA), consiste em um conjunto de atividades exercidas de forma continuada por pessoas responsáveis pelo abastecimento de água da população. O controle de qualidade da água, quer seja proveniente do sistema de distribuição pública quer de solução alternativa, envolve a verificação da potabilidade da água e assegura a manutenção desta condição até o consumo humano (BRASIL, 2005).

O aumento da utilização dos rios como um recurso hídrico, associado ao crescimento populacional e ao desenvolvimento das atividades econômicas, têm como consequência a degradação desses ecossistemas. A poluição das águas ocorre desde os primórdios da humanidade, sobretudo pelo

desenvolvimento industrial elevado, crescimento demográfico e ocupação de forma intensa e acelerada do solo, contribuindo para o aumento de doenças de veiculação hídrica (GUILHERME; SILVA, 2000).

De acordo com Oliveira *et al.* (2017), a origem da poluição em localidades com deficiência de saneamento básico e gestão de resíduos sólidos, é o crescimento da população e das atividades industriais. Nessa tendência o estado do Maranhão, localizado na região Nordeste, apresentou um aumento populacional de 6,46% entre o período de 2014 a 2017, tendo hoje 7.000.229 habitantes (IBGE, 2017).

Em algumas metrópoles, onde diversos rios urbanos estão poluídos por esgotos domésticos, a degradação da qualidade das águas tem preocupado, pois o resultado desse quadro é a escassez de água com qualidade adequada para consumo humano.

Nesse contexto, tem-se a Lei 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, dispondo sobre a gestão desses recursos de forma que a integridade qualitativa e quantitativa seja conservada para usos múltiplos, atuais e futuros. Os instrumentos abordados por essa Lei são enquadramento e planos de gestão dos corpos hídricos, outorgas dos direitos e cobrança de uso desses recursos e o sistema de informações. Esses instrumentos estão inter-relacionados, ou seja, um fornece ou gera dados para o outro de modo que o monitoramento da qualidade da água e o diagnóstico posterior forneçam subsídios necessários para implementação, efetivação e execução dos planos de recursos hídricos.

No monitoramento da qualidade da água são utilizados vários parâmetros para se verificar as condições dos corpos de água nos diversos objetivos de monitoramento conforme a Política de Recursos Hídricos. Jonnalagadda e Mhere (2001) afirmam que o monitoramento das águas fluviais tem gerado um grande volume de dados, e que este frustra frequentemente a detecção de tendência em qualidade de água. No Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, a realidade é geralmente diferente, sendo mais comum a escassez de dados. Para a interpretação da qualidade das águas superficiais, é necessário utilizar métodos simples, com o objetivo de transformar as informações geradas pelo monitoramento em uma forma mais acessível e de fácil compreensão pelas

pessoas envolvidas no gerenciamento deste recurso e pelas populações abastecidas por estes mananciais. A divulgação dos resultados faz parte de qualquer sistema de monitoramento ambiental, assim como, de acordo com a Lei 9.433/1997, deve ser priorizada por meio do instrumento Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

Logo, o uso de índices de qualidade de água, “é uma alternativa que todo monitoramento de águas superficiais prevê, para acompanhar, de forma resumida, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo” (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Segundo Correia et al. (2011), um índice pode ser utilizado para avaliar a qualidade da água, descrevendo várias características em relação ao seu estado desejável tais como sedimentos, vida aquática, redução da qualidade e dados quanto aos usos atuais e futuros.

Os índices para avaliação da qualidade da água são empregados nas mais diferentes formas como um método de integrar várias informações em um único resultado numérico (ALMEIDA; SCHRWARZBOLD, 2013). Atualmente uma variedade de índices são utilizados, sendo no Brasil o IQA da *National Sanitation Foundation* (NSF) o mais comum, adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Esse índice é composto por parâmetros fixados em número e/ou tipo. Assim como o IQA existem outros índices, tais como Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA), Índice de Balneabilidade (IB), Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) e Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) ou Índice de Estado Trófico (IET).

Os valores do IQA auxiliam o programa de monitoramento das águas, porém para uma análise mais detalhada da qualidade da água, deve-se considerar outras variáveis importantes que não estão contempladas no IQA (UMBUZEIRO, 2012; PINTO FILHO; SANTOS E SOUZA, 2012). Diversos autores têm estudado IQAs com adaptações ou alterações (ROGRIGUES, 1998; ANDRADE, 2005; STRIEDER et al., 2006; ZANINI, et al., 2010; PINTO FILHO; SANTOS E SOUZA, 2012), pois o IQA avalia as tendências de qualidade da água para fins de gestão e não fornece um valor absoluto do grau de poluição ou qualidade real da água (NASIRAN, 2007).

O IQA é uma ferramenta importante, mas ao agrupar vários indicadores em um índice único pode mascarar alguns problemas, sendo essencial o estudo individual de cada um dos parâmetros de qualidade de água envolvidos (BARROS et.al., 2012).

A utilização do IQA em conjunto com a rotina de monitoramento proposta pela Resolução CONAMA 357/05 e pelas Portarias nº 518/04 e nº 2914/11 para os mananciais não é realizada na íntegra pelas concessionárias de abastecimento, principalmente as de pequeno porte, pois são escassos os dados dos parâmetros cianobactérias e algas/clorofila-a.

De acordo com ANA (2014), para uma avaliação adequada da qualidade da água, podem ser utilizadas diversas metodologias em termos de localizações, pontos de monitoramento e tipo de parâmetros monitorados, sempre em função dos objetivos visados. É importante ressaltar que os índices de qualidade da água por si só não são instrumentos de avaliação que estejam estabelecidos pela legislação, mas instrumentos de informação que mostram à sociedade as condições da água nos cursos de água (VON SPERLING,2007).

Esses programas de monitoramento são dispendiosos, gerando gastos altos para o poder público. A realização de monitoramento de um determinado corpo hídrico requer medições e coletas em diversos pontos, transporte, análises de parâmetros e interpretação dos resultados.

O estado do Maranhão ainda está em fase de implantação de um programa de monitoramento da qualidade das águas. Os poucos dados disponíveis não incluem parâmetros suficientes para a determinação do IQA por meio do índice adotado pela CETESB.

Assim, o objetivo deste estudo é caracterizar a qualidade das águas superficiais do estado por meio de um IQA modificado, utilizando os parâmetros físicos e químicos disponíveis na base de dados HidroWeb.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Política Nacional de Recursos Hídricos

Na década de 1980, a gestão da qualidade das águas superficiais tinha como meta solucionar os problemas causados por fontes pontuais de poluentes. Atualmente, essa gestão abrange também as fontes difusas de poluição (CHAPRA, 2008). Martins (2008) recomenda que na gestão da qualidade das águas superficiais se deve utilizar três ferramentas: o monitoramento, a análise e a modelagem matemática.

A Lei 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, evidencia em seus objetivos a proteção dos recursos hídricos de modo que estes possam se manter para as futuras gerações, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, de acordo com seus respectivos usos.

Na prática a gestão de recursos hídricos, gere e garante a qualidade e a quantidade, destacando-se três instrumentos dentre aqueles da Lei 9.433/1997: o Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes e a outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos. Brasil (1997), mostra que essa lei trata estes instrumentos da seguinte maneira:

- Os Planos de Recursos Hídricos orientam e implementam a Política Nacional;
- O Enquadramento dos corpos de água de acordo com classe procura garantir a qualidade de acordo com o uso e assim conter custos com combate à poluição;
- O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos busca assegurar o controle do uso da água e o dos direitos de acesso à água.

Os Planos de Recursos Hídricos devem conter como instrumento implementador da gestão os seguintes resultados que constituem a fase básica para proposição e implantação do enquadramento:

- ✓ Diagnósticos dos recursos hídricos;
- ✓ Dados quantitativos e qualitativos de disponibilidade e demandas futuras dos recursos hídricos;

- ✓ Metas para simplificação de uso que promovam a melhoria da qualidade e o aumento da quantidade dos recursos hídricos disponíveis;
- ✓ Providências para cumprimento de metas e outorgas.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) Nº 91/2008, enquadramento “corresponde ao estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados através (*sic*) de metas progressivas intermediária e final de qualidade de água”.

O enquadramento de uma bacia hidrográfica deve ser desenvolvido em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos que abrange a bacia em questão. Esse enquadramento deve conter um diagnóstico, um prognóstico, proposta de metas e o programa de efetivação das metas (BRASIL, 2008). A Resolução CNRH Nº 91/2008 estabelece que o diagnóstico deve alcançar, dentre outros aspectos, a condição de qualidade das águas superficiais, assim como a obrigatoriedade do monitoramento da qualidade da água. O Art. 12 estabelece que “aos órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, cabe monitorar os corpos de água e controlar, fiscalizar e avaliar o cumprimento das metas do enquadramento”.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 estabelece as metas de enquadramento e critérios para lançamento de efluentes, assim com determina os limites máximos dos parâmetros analisados no Índice de Qualidade das Águas (IQA) para as classes I a IV do grupo de águas doces.

2.2 Política Estadual de Recursos Hídricos

No mesmo ano em que se instituiu a Política Nacional, no Estado do Maranhão houve uma tentativa de legitimar a gestão de recursos hídricos com a Política Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Lei Estadual nº 7.052/1997. Após a criação da Agência Nacional de Águas, em 2000, para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, várias iniciativas foram desenvolvidas culminando

com a revogação da Lei Estadual nº 7.052/1997 e homologação da Lei Estadual nº 8.149/2004.

A Lei 8.149/2004, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, evidencia em seus objetivos a proteção dos recursos hídricos de modo que estes possam se manter para as futuras gerações, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, de acordo com seus respectivos usos e a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. Esta lei também institui o sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos com relação às águas superficiais.

Porém a Lei estadual 8.149/2004 não foi suficiente para solucionar os problemas relacionados à questão das águas no Maranhão. Entende-se que os órgãos governamentais precisam ser fortalecidos para coordenar a gestão dos recursos hídricos, bem como deve ser promovida uma maior participação dos movimentos sociais maranhenses, pois apesar destes últimos terem sido responsáveis por boa parte dos avanços observados, falta, ainda, uma maior articulação e o reconhecimento de uma série de fatores que contribuam para aumentar a eficácia e a abrangência desses movimentos (LEITE, 2013).

De acordo com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA, o estado promoveu contrato com o Fundo Nacional de Meio Ambiente do Ministério do Meio Ambiente para preparação do Plano Estadual de Recursos Hídricos. O desenvolvimento do Plano teve início em agosto de 2014, com previsão de entrega após um ano. Até o presente, não se tem notícia da conclusão dos trabalhos. Segundo a SEMA, em 2015 o Maranhão aderiu ao Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua) que monitora os aspectos qualitativos da água. A SEMA tem por finalidade planejar e coordenar a execução das políticas relativas à promoção, organização, normatização, fiscalização e controle das ações relativas à exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais (SEMA, 2017).

Considerando-se que a gestão dos recursos hídricos é dinâmica e participativa, o estado do Maranhão conta ainda como desafios a implementação e acompanhamento dos instrumentos de gestão e uma mobilização social contínua (LEITE, 2013). Atualmente o Estado dispõe de dois Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH criados em 2013, CBH do Rio Munim e CBH do Rio Mearim. Está ainda em

discussão a criação do CBH do Rio Itapecuru, enquanto o CBH do Rio Preguiças está sendo criado (SEMA, 2017).

2.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Pode-se definir como avaliação da qualidade da água, a análise de características químicas, físicas e biológicas. A exigência da avaliação da qualidade das águas pela legislação existente visa à segurança de seu uso e consumo pelo homem. Pode haver alterações de qualidade da água devido à grande diversidade de indicadores que podem apresentar variações de características em função de diferenças geográficas e assim representar diferentes aspectos de qualidade. É possível também que os valores dos indicadores gerem dúvidas ou sejam mal interpretados, já que nem sempre o poder público e a população detêm o conhecimento técnico sobre os resultados obtidos e isso dificulta a divulgação consolidada sobre a qualidade da água de um ambiente hídrico, preconizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (WALSH; WHEELS, 2012).

Como alternativa para consolidação das informações sobre a qualidade dos corpos hídricos, é utilizado um Índice de Qualidade da Água - IQA (BRAGA, 2005). Este índice auxilia a avaliação da qualidade da água ao longo do tempo, proporciona a comprovação do direcionamento de qualidade e possibilita a comparação de diferentes corpos de água entre si (PORTO, 1991). Dessa forma, o IQA tem sido uma expressão numérica que interpreta as informações obtidas da análise do corpo hídrico (ARIAS et al., 2012).

Em 1965, Horton desenvolveu um estudo que contemplou o primeiro índice de avaliação da qualidade da água. O índice era composto por dez parâmetros, porém, devido à arbitrariedade em suas definições, não gerou resultados satisfatórios. Depois, no início da década 1970, foi utilizado um IQA proposto pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, com a designação Water Quality Index (WQI), por meio da metodologia de Delphi em conjunto com um grupo de 142 especialistas entrevistados por meio de questionário. Destes, 77 completaram todos os questionários. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água, somente 09 foram selecionados para constituir o IQA, com pesos (w) fixados de acordo com a relevância para qualidade da água conforme ilustrado na tabela 01

(Brown et al,1970). No desenvolvimento destes parâmetros, cada especialista indicou as variáveis que julgava relevantes para a determinação da qualidade da água, e determinou para cada variável um peso relativo, entre 0 e 1, proporcional à sua importância. Ao todo, foram propostas inicialmente 35 variáveis, porém, oxigênio dissolvido, coliformes fecais (termotolerantes), pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos (Tabela 1) foram consideradas mais representativas.

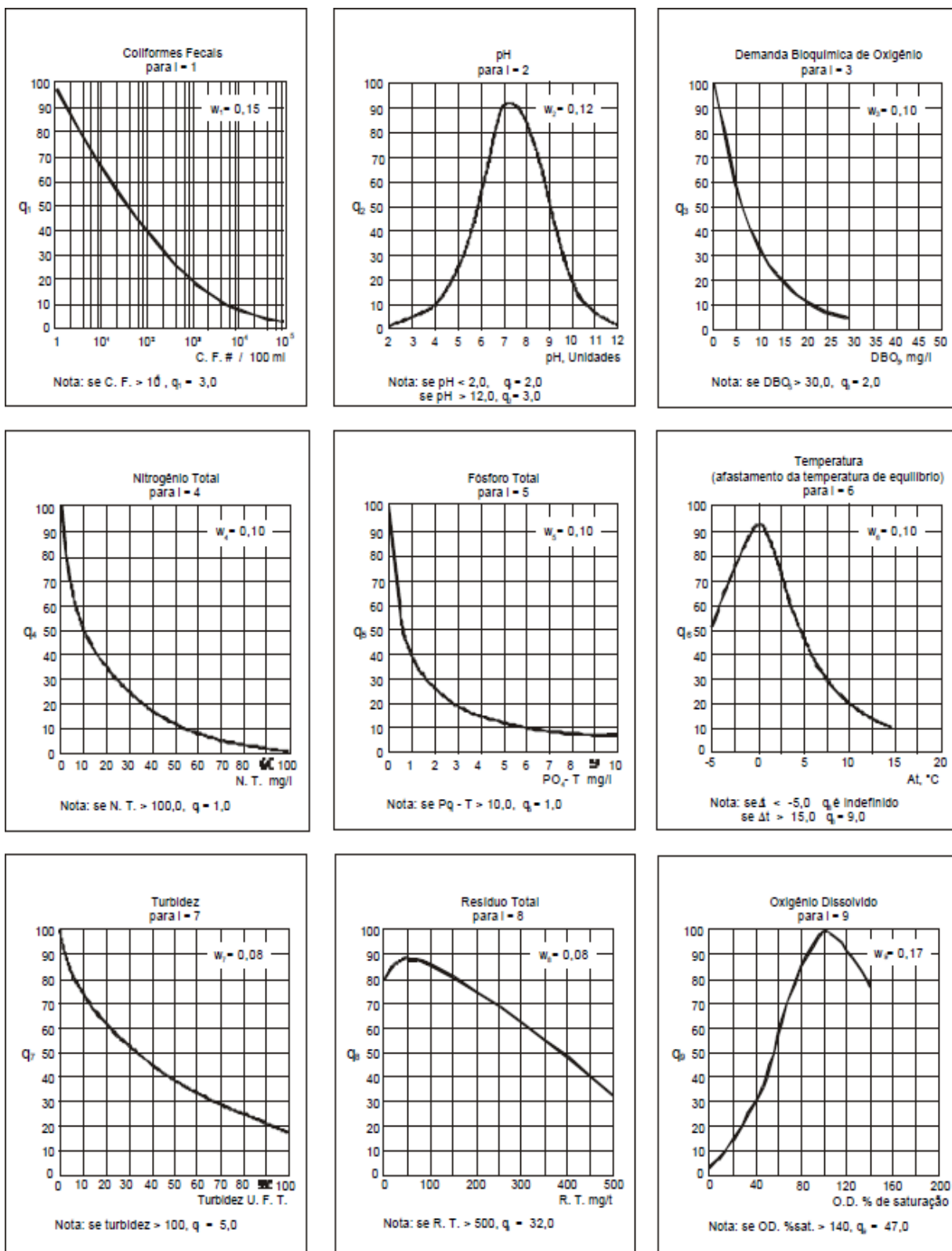
Tabela 1 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivos pesos, calculados segundo a relevância de cada parâmetro no momento do desenvolvimento do IQA - NSF

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,11
Temperatura da água	0,10
Nitrato	0,10
Fosfato	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,07

Fonte: BROWN et al., 1970

Posteriormente foram elaboradas curvas para cada parâmetro correlacionando concentrações a uma determinada nota “q”, com pontuação de 0 (pior) a 100 (melhor) conforme mostra a figura 01 (NSF, 2007). Os pesquisadores atribuíram valores à qualidade da água em diferentes níveis dos nove parâmetros, originando os dados para os gráficos que representam “curvas médias” das opiniões (MCCLELLAND,1974).

Figura 1 – Curvas de Variação da Qualidade das águas do IQA NSF



Fonte: NSF, 2007

Primeiramente a formulação do IQA era um somatório das notas de cada parâmetro elevadas ao peso. Posteriormente adotou-se a formulação do produtório que impede que um parâmetro com baixa pontuação possa influenciar o resultado final do IQA. Dessa forma o IQA é representado pela equação 1 (IGAM,2009):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

IQA= Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro i obtido com base na curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1 (tabela 1).

Em monitoramento, o IQA é um índice que permite comparar a qualidade da água de diferentes corpos hídricos, em intervalos e locais diferentes, além de alcançar efeitos como ações que visem à preservação dos ecossistemas aquáticos (ARIAS et al., 2012). Destaca-se que na proposta original da NSF, quando se verificava a presença de agrotóxicos ou metais pesados no corpo hídrico o resultado do IQA admitiria o valor nulo, por serem substâncias consideradas prejudiciais aos seres humanos, animais e à vida aquática.

Os resultados do IQA podem ser apresentados em mapas hidrográficos, associando uma determinada cor com o intervalo de variação do IQA, o que facilita a comunicação com o público, conforme Tabela 2. Os resultados numéricos podem ser classificados qualitativamente, demonstrando condições que podem variar de “muito ruim” a “excelente” (VON SPERLING, 2007).

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água em função do IQA. O resultado obtido para determinada análise de IQA é avaliado segundo a escala de intervalo do IQA, e o nível de qualidade é determinado, sendo atribuído a ele uma coloração de referência.

Nível de Qualidade	Intervalo do IQA	Cor de Referência
Excelente	$IQA > 90$	Azul
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Verde
Regular	$50 < IQA \leq 70$	Amarelo
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Marrom
Muito ruim	$0 < IQA \leq 25$	Vermelho

Fonte: ANA, 2009

A partir de 1975 começou no Brasil a aplicação da metodologia do IQA, adaptada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e aos poucos diversos estados brasileiros adotaram este índice para avaliar a qualidade da água (PORTO, 1991). O ponto principal de diferença em relação ao IQA NSF é a substituição das variáveis fosfato e nitrato por nitrogênio e fósforo totais (CETESB, 2001). Essa substituição é pertinente devido às concentrações totais de nutrientes dessas variáveis serem mais significativas ao ambiente. Desde então, esse tem sido o principal índice aplicado no país, porém a literatura oferece outros índices que apresentam resultados da qualidade da água, tais como: Índice de Qualidade de Água Bruta para Fins de Abastecimento Público – IAP; Índice do Estado Trófico - IET (CETESB, 2013); Índice de Contaminação por Tóxicos – CT (ANA, 2012); Índice de Diversidade de Espécies – R (VON SPERLING, 2007), entre outros.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivos pesos, definidos em função da opinião dos profissionais consultados pela NSF – adaptados pela CETESB

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduos totais	0,08

Fonte: CETESB, 2009

Para Karbassi et al. (2011), o IQA permite várias aplicações, podendo ser adotado em diferentes campos tais como realização de comparativos de condições ambientais de diferentes regiões, alocação de recursos, e análise de degradação da qualidade. Porém, apesar dessa ampla aplicação no monitoramento pelos órgãos de gestão de recursos hídricos, o IQA apresenta algumas limitações, tais como não incluir outros parâmetros considerados relevantes ao abastecimento (protozoários, metais-pesados, agrotóxicos e outras substâncias). Outra restrição é a utilização de alguns parâmetros que fornecem informações similares, tais como turbidez e sólidos totais, OD e DBO e, em algumas condições, coliformes termotolerantes e DBO.

Nesse contexto, pode-se afirmar que o IQA tem como uma de suas restrições avaliar somente os parâmetros que o compõem.

Com base nestas considerações, o IQA - NSF vem sofrendo modificações ao longo do tempo. As primeiras modificações foram em 1971 por Prati et al. e em 1972 por Dinius, que incluíram no IQA parâmetros como carbono orgânico, sólidos dissolvidos, amônia, cloreto, ferro, manganês, ABS (benzeno), condutividade, dureza, alcalinidade, cor (ABBASI, 2005). Depois, desenvolveram-se índices direcionados para uso predefinido da água, tais como os trabalhos apresentados por Walski e Parker (1974), Dinius (1987), Stonner (1978) e Bhargava (1985).

Outros índices foram adaptados ou desenvolvidos visando universalizar os índices de qualidade de água existentes:

- Índice Universal de Qualidade da Água (UWQI) tendo como base o uso da água para consumo humano e as normas europeias (BOYACIOGLU, 2007);
- Índice Global de Qualidade da Água, desenvolvido pela United Nations Environment Programme Global, Environment Monitoring System (UNEP-GEMS), estabelecido com base nos critérios legais da Ásia, África, América, Europa e Oceania (UNEP-GEMS, 2007). Trata-se de associação de três índices: Drinking Water Quality Index (DWQI), Source Water Quality Index (SWQI) e Acceptability Water Quality Index (AWQI) (índice de qualidade da água potável, índice de qualidade da água de origem e aceitabilidade do índice de qualidade da água, respectivamente);
- Índices utilizando técnicas de inteligência artificial, tais como Lógica Difusa (OCAMPO-DUQUE et al., 2006; LERMONTOV et al., 2009; LISBÔA et al., 2011; GHARIBI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014), Redes Neurais (ZHANG & STANLEY, 1999; SINGH et al., 2009) e Neurodifusas (YAN et al., 2010).

Vários autores utilizam adaptações de IQA como uma prática de avaliação mais econômica da qualidade da água. São diversas as variações na literatura assim como as comparações de avaliações (Bordalo et al., 2001). Os pesquisadores têm utilizado com frequência oxigênio dissolvido (OD) para avaliar a qualidade da água em rios, reservatórios e bacias (Rudolf et al., 2012). Sanches et al. (2006) utilizaram o IQA com o teor de oxigênio dissolvido (OD) e o déficit de oxigênio dissolvido (D) como indicadores da qualidade ambiental em bacias localizadas em

Madri – Espanha. Pesce e Wunderlin (2000) utilizaram IQA's para avaliar a qualidade do rio Suquia na Argentina, com um número reduzido de parâmetros, que são OD, Turbidez e Condutividade Elétrica ou Sólidos Totais.

Andrade et al. (2005) propuseram um índice de qualidade da água para o trecho perenizado do rio Trussu no Ceará. Foram incluídos os seguintes atributos físico-químicos: pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, fosfato, cloreto, amônio, nitrato, sulfato e a relação de adsorção de sódio. Realizou-se coletas mensais em 09 estações ao longo do rio. Para identificar as variáveis mais importantes desenvolvidas na pesquisa, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP), sendo consideradas 06 variáveis mais importantes. Os pesos adotados para as seis variáveis foram Sódio (Na)=0,219; Relação de absorção de sódio (RAS)=0,217; Condutividade Elétrica da água (CEa)=0,218; Cloreto (Cl)=0,215; Nitrato (NO₃)=0,061 e Potencial de hidrogênio (pH)=0,070. Os resultados revelaram que o pior índice foi registrado na estação seca (devido ao cloreto e ao nitrato) e o melhor no final da estação chuvosa.

AKKOYUNLU et al. (2012) avaliaram a poluição em cursos de água utilizando IQA em um estudo de caso da bacia do Lago Sapanca na Turquia. Consideraram o índice canadense de qualidade da água (CCME-WQI), o índice de qualidade da água de Oregon (OWQI) e o índice de qualidade da água da Fundação Nacional de Saneamento (NSF-WQI) para verificar o estado de poluição em córregos. O desenvolvimento de índices modificados para obter resultados adequados usando um menor número de parâmetros é particularmente útil para promover a economia. O objetivo da pesquisa foi criar um IQA modificado para diminuir o número de parâmetros necessários para caracterização da qualidade da água e comparar sua eficiência com outros índices. Dessa maneira foi criado o IQA min (mínimo) considerando temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos suspensos totais (TSS) e condutividade elétrica (EC). O IQA modificado envolve soma ponderada e normalização de dados. Os parâmetros especificados para o IQA min podem ser medidos facilmente usando sondas portáteis multiparâmetros de qualidade de água. Usando-se esses equipamentos, para monitorar os cinco parâmetros acima mencionados de IQA min, não é necessária qualquer amostragem, ou transporte de amostras do campo de pesquisa para o laboratório.

Os resultados ficaram muito próximos aos obtidos com o IQA tradicional, resultando em um $R^2 = 0,92$.

LEITE et al. (2013) apresentaram modelos de séries temporais dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos do IQA comparando a água do rio Jaguarí e do rio Atibaia no período de maio/2006 a agosto/2010, com amostras quinzenais. Foi utilizado o modelo estatístico ARIMA para identificar os parâmetros que influenciam de maneira mais evidente o IQA, tendo como objetivo avaliar isoladamente a tendência de cada parâmetro do IQA adotado pela CESTESB. Concluíram que oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio total e coliformes refletem os valores do IQA nos pontos amostrados. Os pesos atribuídos para cada variável foram 0,17 para OD; 0,15 para Coliformes *E.Coli*; 0,12 para pH; 0,10 para DBO, nitrogênio total, temperatura e fosfato e; 0,08 para turbidez e resíduos totais. Os autores propuseram uma escala de qualidade em cinco níveis: muito ruim (0-19), ruim (20-36), regular (37-51), bom (52-79) e excelente (80-100). O uso do modelo estatístico ARIMA possibilitou avaliar a tendência de cada variável utilizada no IQA, destacando que OD, turbidez, teor de nitrogênio total e coliformes, refletem os valores de IQA nos pontos de coleta.

MAIA (2014) reduziu o número de parâmetros que compõem o IQA -NSF por meio da aplicação de análise estatística multivariada. Utilizou dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM e investigou a análise de componentes principais (ACP) para redução do número de dados, utilizando a metodologia da rede neural de Kohonen (1984), correlacionando os dados originais e os dados reduzidos. Assim verificou-se a possibilidade da criação de um novo modelo para determinação do IQA, formado por cinco parâmetros: coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), fosfato, oxigênio Dissolvido (OD) e turbidez. Esse modelo foi aplicado no monitoramento da água durante todo o ano de 2001 e revelou resultados muito próximos aos obtidos por meio do cálculo tradicional. No modelo do IGAM o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,92 e no modelo proposto o R^2 foi igual a 0,98.

FERREIRA et al. (2015) adaptaram o IQA-NSF às condições físicas, químicas e biológicas das águas dos reservatórios artificiais do semiárido tropical na região do Ceará. O objetivo era adaptar e comparar o IQA desenvolvido pela NSF às condições químicas, físicas e biológicas, bem como à variabilidade espaço-temporal

de um reservatório artificial em região de clima semiárido tropical. Monitoraram todos os parâmetros que compõem o IQA e, com a aplicação da análise de componente principal (ACP), determinaram os pesos a serem associados ao IQA e adaptados ao reservatório. Essa metodologia envolve a preparação da matriz de correlação e extração e rotação dos eixos dos fatores comuns. Para análise dos dados foi utilizado o programa Statistical Package for the Social Sciences 16.0 (SPSS, 2007). Também foi utilizado teste estatístico *t* de Student para as comparações de peso, médias de IQA e sazonalidade. Os pesos adotados para o IQA adaptado e nomeado de manejo de Água e Solo do Semiárido – MASSA foram pH (0,15), Coliformes Termotolerantes (0,13), DBO (0,12), Fósforo Total (0,12), OD (0,11), Nitrato (0,11), Turbidez (0,11), Temperatura (0,08) e Sólidos Totais (0,07). Constataram que o IQA adaptado para regiões de clima semiárido é estatisticamente diferente dos índices de outras regiões, principalmente na sensibilidade e nos atributos determinantes da qualidade da água.

SUN et al. (2016) utilizaram um IQA min (mínimo) com base no PCA e análise de correlações dos parâmetros hídricos detectados em épocas seca e úmida durante 2011– 2012 para qualidade da água do rio Dongjiang na China. O IQA min foi composto por cinco parâmetros: pH, temperatura, sólidos totais suspensos, Amônio e Nitrato. O IQA modificado é útil para reduzir as variáveis redundantes ou variáveis correlacionadas e diminuir os custos com análises. Esse novo método foi utilizado para caracterizar a qualidade da água de acordo com a sazonalidade, diminuir os custos analíticos e tentar quantificar o impacto das atividades humanas sobre a qualidade da água. Os pesos foram adotados considerando o grau de importância para a vida aquática e a média dos pesos dos parâmetros após a normalização. O IQA_{min} apresentou resultados similares ao IQA original, porém mostrou diminuição geral da qualidade da água em aproximadamente 30 pontos da escala (média anual) e em alguns pontos mostrou resultados opostos para as mudanças sazonais.

Em todos esses estudos foi realizada a comparação com o IQA-NSF e suas variações (quadro 1), tendo com uma das variações as alterações nos pesos dos parâmetros adotados (quadro 22). Naqueles realizados no Brasil foram ainda utilizados como referência os padrões estipulados na Resolução CONAMA nº 357/05 e na Portaria 518/2004 (vigente à época) e portaria 2.914/2011 do Ministério da

Saúde. Em casos omissos nesta legislação foram utilizados os limites definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Quadro 1 – Resumo de estudos sobre o IQA por diversos autores no Brasil e no Mundo

Referência / Local	Adaptação/ Modificação	Método	Resultados
ANDRADE et al. / 2005 Rio Trussu - CE	Inclusão: Ph, C.E, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Bicarbonato, Fosfato, Cloreto, Amônia, Nitrato, Sulfato e relação de adsorção de sódio	Análise das Componentes Principais (ACP) – 06 variáveis Sódio (Na) = 0,219; Relação Sódio (RAS) = 0,217; C.E= 0,218; Cloreto(Cl) = 0,215; Nitrato (NO3)= 0,061 e pH =0,070	Pior índice foi registrado na estação seca (devido Cloreto e Nitrato) e o melhor no final da estação chuvosa
AKKOYUNLU et al. /2012 Lago Sapanca - Turquia	IQA mín: temperatura, pH,OD, TSS, CE	Soma Ponderada e normalização de dados. Medições com equipamentos portáteis. Comparação com o Índice Canadense de qualidade da água (CCME-WQI), Índice de qualidade da água de Oregon (OWQI) e o índice NSF-WQI	Promoção de economia com a redução do custo de amostragem, transporte, análise e laboratórios. Valores semelhantes aos demais índices.
LEITE et al. / 2013 Rio Jaguari e rio Atibaia - SP	Modelo de série temporal para avaliar o IQA, com escala de qualidade em 5 Níveis: Muito ruim (0-19); Ruim (20-36); Regular (37-51); Bom (52-79); Excelente (80-100)	Modelo ARIMA – para avaliar os parâmetros que influenciavam de maneira mais evidente o IQA (avaliou isoladamente). Pesos OD=0,17; Coliformes = 0,15; pH=0,12; DBO, Nitrogênio Total, Temperatura e Fosfato = 0,10; Turbidez e Resíduos Totais= 0,08	Nos pontos de coleta os parâmetros OD, Turbidez, Teor de nitrogênio total e Coliformes refletem o valor de IQA.
MAIA /2014 Bacia do Rio das Velhas – MG (2011)	Reduzir o número de parâmetros que compõem o IQA-NSF	Aplicação de análise multivariada, dados do IGAM, Análise de Componente Principal (ACP); rede neural de Kohonen, Correlação dos dados originais e os reduzidos. Aplicou	Possibilidade de um novo IQA com 05 parâmetros: Coliformes, DBO, Fosfato, OD e Turbidez. Resultados próximos ao cálculo tradicional. No modelo IGAM o coeficiente de determinação $R^2 = 0,92$ e no modelo proposto $R^2 = 0,98$.
FERREIRA et al./2015 Reservatório artificial no semiárido tropical - CE	Adaptar o IQA-NSF às condições físicas, químicas e biológicas de um reservatório em região de clima semiárido tropical.	Análise de Componente Principal (ACP), preparação de matriz de correlação, extração e rotação dos eixos dos fatores comuns. Programa Statistical Package for the Social Sciences 16.0; método estatístico t de Student, médias de IQA e Sazonalidade. Pesos: pH=0,15; Coliformes=0,13; DBO= 0,12; Fósforo Total= 0,12; OD=0,11; nitrato= 0,11; Turbidez=0,11; Temperatura=0,08; Sólidos Totais= 0,07	Constataram que o IQA adaptado é estatisticamente diferente dos índices de outras regiões, principalmente na sensibilidade e nos atributos determinantes da qualidade da água.
SUN et al. / 2016 Rio Dongjiang - China	IQA mín	ACP e análise de correlações dos parâmetros hídricos em épocas secas e úmidas – 2011-2012.. Parâmetros utilizados: pH, Temperatura, SST, Amônio e Nitrato. Pesos distribuídos de acordo com o grau de importância da variável.	Caracterizou a qualidade da água de acordo com sazonalidade, diminuiu a quantidade de análises. A qualidade da água é pior na estação seca do que na chuvosa.

Fonte: Autor, 2017

Quadro 2 – Resumo de Estudos do IQA por diversos autores – pesos distribuídos entre os parâmetros para o índice de qualidade da água

Referência	OD 0,17	CT 0,15	pH 0,12	DBO 0,1	Temp. água 0,1	Nitrogênio Total 0,1	Fósforo Total 0,1	Turbidez 0,08	Resíduos Totais 0,08	Outros
ANDRADE et al. / 2005			0,07							Sódio (Na) = 0,219 Relação Sódio (RAS)= 0,217 C.E = 0,218 Cloreto (Cl) = 0,215 Nitrato (NO ₃) = 0,061
AKKOYUNLU et al. / 2012	0,09		0,36						0,364	C.E = 0,091
LEITE et al./2013	0,17	0,2	0,12	0,1	0,1	0,1		0,08	0,08	Fosfato = 0,10
FERREIRA et al. / 2015	0,11	0,1	0,15	0,12	0,08		0,12	0,11	0,07	Nitrato = 0,11

Fonte: Autor, 2017

2.4 Qualidade da água no Maranhão

O estado do Maranhão por não ter o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos finalizado, ainda não dispõe de monitoramento de qualidade da água. O pouco que se tem conhecimento é baseado na limitada literatura para alguns corpos hídricos.

Paiva (2016) avaliou as condições higiênico-sanitárias da água e dos peixes frescos oriundos do rio Mearim no município de Bacabal, no período seco e chuvoso, por meio da identificação de bactérias potencialmente patogênicas. Foram analisadas 54 amostras de água e peixes frescos no período de outubro de 2015 a março de 2016. Os resultados mostraram que a qualidade microbiológica da água e dos peixes estava em condições insatisfatórias, fora dos padrões de qualidade exigidos pela legislação vigente pela presença de coliformes totais e *Clostridium* sulfito redutores. Tanto no período seco quanto no chuvoso a contaminação da água foi significativamente maior que nos peixes, sendo a *Escherichia coli* a bactéria com maior frequência de isolamento nas amostras de água e de peixes.

Costa *et al.* (2015) analisaram a qualidade da água do rio Itapecuru no perímetro urbano do município de Caxias por meio de análises microbiológicas para

coliformes fecais e totais. Os resultados mostraram que a água estava contaminada por coliformes fecais e imprópria para consumo e balneabilidade.

Sá (2014) avaliou dados de monitoramento físico-químico feito para as praias da Baía de São Marcos em São Luís, Maranhão. Investigou 06 pontos de monitoramento em períodos de chuva e seca e com condições de maré enchente e vazante durante os anos de 2008 a 2013. Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água foram avaliados com base na Resolução CONAMA 357/05, sendo estes: pH, salinidade, turbidez, transparência, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sulfeto, chumbo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total. A avaliação mostrou que na Baía de São Marcos há predominância de águas com características neutras, que no período chuvoso os teores de metais excedem os valores permitidos, assim como pH e manganês total. A pesquisa mostrou que o ambiente estudado se encontra alterado, necessitando de monitoramento com avaliação detalhada.

Euba Neto *et al.* (2012) avaliaram a balneabilidade das águas do Balneário Veneza pertencente à bacia hidrográfica do Rio Itapecuru na cidade de Caxias -MA, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, sendo eles: pH, temperatura, alcalinidade, dureza total, acidez, cloretos, nitratos, fosfatos, fósforo total, oxigênio dissolvido, ferro, coliformes fecais e totais. Os resultados mostraram níveis de fosfato e fósforo acima dos valores permitidos e baixo nível de OD, desencadeando um processo de eutrofização agravado pelas concentrações de coliformes fecais e totais, que ficaram muito acima dos valores permitidos, indicando uma contaminação por esgotos domésticos.

Almeida *et.al.* (2012) analisaram as praias Ponta d'Areia, São Marcos, Calhau e Olho d'Água na cidade de São Luís com o objetivo de detectar os enteropatógenos e as linhagens diarreiogênicas das linhagens de *E. coli*, *Serratia liquefaciens*, *Hagnia alvei*, *Salmonella* spp., *Serratia* sp. Os agentes sanitizantes testados foram: detergente, álcool doméstico e hipoclorito de sódio. O estudo mostrou que os problemas de saneamento local contribuíam para contaminação das praias de São Luís por microrganismos resistentes a agentes sanitizantes e que representam riscos à saúde pública.

Silva (2011) avaliou a qualidade da água de consumo humano no município de Santo Amaro do Maranhão por meio de um estudo qualitativo e quantitativo entre

2010 e 2011. Utilizou questionários, observações de campos, análises laboratoriais e físico-químicas (pH, alcalinidade e condutividade), microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) e informações de órgãos públicos no município. Constatou que o abastecimento de água é por meio de soluções alternativas sem nenhum tratamento (poço artesiano) e que o município não possui esgotamento sanitário. As amostras de água apresentaram índice de contaminação de 74% por coliformes totais e 21% por *Escherichia coli*. Observou que a legislação ambiental referente à proteção e potabilidade da água não estava sendo aplicada e concluiu que o município não dispõe de um abastecimento seguro de água potável por estar violando padrões de potabilidade estabelecidos na portaria do M.S 2.914/2011.

Observa-se que nas pesquisas citadas no período 2011 a 2016, os autores enfatizam que o estado do Maranhão não possui o Plano de Recursos Hídricos, que não atende à Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/11, e que a qualidade da água nos municípios estudados encontra-se prejudicada (quadro 3).

Quadro 3 – Resumo de estudos sobre o IQA por diversos autores no Maranhão

Referência	Local	Método	Resultados
Paiva, 2016	Rio Mearim – Bacabal	Identificação de bactérias altamente patogênicas	Qualidade microbiológica tanto da água quanto dos peixes estavam em condições insatisfatórias devido à presença de coliformes.
Costa et al., 2015	Rio Itapecuru - Caxias	Análises microbiológicas para Coliformes Fecais e Totais	Água contaminada e imprópria para consumo e balneabilidade.
SÁ, 2014	Baía de São Marcos – São Luís	Analisou períodos de chuva e seca, condições de maré (enchente e vazante) – 2008 a 2013. Avaliou os parâmetros: pH, salinidade, turbidez, transparência, CE, OD, sulfeto, chumbo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total – De acordo CONAMA 357/2005.	A baía tem predominância de águas neutras; no período chuvoso os metais excedem os valores permitidos assim como pH. O ambiente estudado se encontra alterado necessitando de monitoramento e avaliação detalhada.
Almeida et al., 2012	Praias Ponta da Areia, São Marcos, Calhau e Olho D'água	Identificação das enterobactérias, detecção das cepas diarreio gênicas de <i>E.Coli</i> , realização do teste de susceptibilidade das cepas e agentes sanitizantes por meio de testes laboratoriais.	Problemas de saneamento local contribuíam para contaminação das praias de São Luís

(continuação)

Referência	Local	Método	Resultados
Euba Neto et al., 2012	Balneário Veneza – Rio Itapecuru - Caxias	Parâmetros analisados: pH, temperatura, alcalinidade, dureza total, acidez, cloretos, nitratos, fosfatos, fósforo total, OD, ferro, coliformes fecais e totais	Níveis de fosfato e fósforo acima dos valores permitidos; baixo nível de OD – processo de eutrofização; concentração de coliformes fecais e totais – muito acima do permitido, contaminação por esgotos domésticos. Água imprópria para uso.
Silva/ 2011	Rio Alegre - Santo Amaro	Avaliar a qualidade da água de consumo humano, método qualitativo e quantitativo (questionários, análises laboratoriais e informações de órgãos públicos)	Constatou abastecimento sem nenhum tratamento (poço artesiano); município sem esgotamento sanitário; índice de contaminação por coliformes totais= 74% e fecais = 21%. O município não tem abastecimento seguro e viola padrões de potabilidade (MS 2.914/2011)

Fonte: Autor,2017

Capítulo I: Artigo Submetido a Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais do Maranhão com Índice de Qualidade da Água Modificado

Characterization of Maranhão's Surface Water Quality With Modified Water Quality Index

RESUMO

O Índice de Qualidade da Água, IQA, sintetiza o estado de um corpo hídrico a partir do monitoramento de nove parâmetros de qualidade da água. Todavia, são poucas as estações de monitoramento no Brasil, e raras no Nordeste, que monitoram todos os parâmetros. Neste contexto, o presente trabalho propõe um IQA modificado para avaliar a qualidade das águas superficiais no estado do Maranhão utilizando os dados disponíveis, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica. Para tanto, foram analisados dados de estações de outros estados que monitoram os nove parâmetros e investigadas alternativas para o cálculo do IQA. Investigou-se correlação entre os parâmetros, e utilizou-se várias estratégias de redistribuição de pesos utilizando a ferramenta Solver do MS-Excel®. Além do IQA modificado, foram propostas também novas faixas de classificação da qualidade da água de modo a minimizar as diferenças entre a classificação com o IQA tradicional e o IQA modificado. Dessa forma pôde-se classificar as águas superficiais do Maranhão por bacia hidrográfica, tendo no contexto geral a classificação regular.

Palavras-chave: Águas superficiais. Qualidade da água. IQA modificado.

ABSTRACT

The Water Quality Index, WQI, synthesizes the state of a water body based on nine water quality parameters. However, there are few monitoring stations in Brazil, and fewer in the Northeast region, which monitor all nine parameters. In this context, the present work proposes a modified WQI to evaluate the surface water quality in the state of Maranhão using the available data - temperature, pH, turbidity, dissolved oxygen and electrical conductivity. For that, data from stations in other states that monitor the nine parameters and alternatives for the calculation of the WQI were analyzed. The correlation between the parameters was analyzed, and several weight redistribution strategies considered using the MS-Excel® Solver tool. In addition to the modified WQI, new water quality classification ranges have been proposed in order to minimize the differences between the classification with the traditional WQI and the modified WQI. In this way it was possible to assess the surface waters in the state of Maranhão by watershed, which were classified as "average".

Keywords: Surface water. Water quality. Modified WQI.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais intensamente utilizados, de fundamental importância para existência e manutenção da vida, e para isso deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (BRAGA, 2013). Porém, esse recurso vem sendo deteriorado ao redor do planeta (KAY *et al.*, 2017).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), estima-se que a parcela da população sem acesso a água potável chegue a um total de 2,1 bilhões e que outros 4,5 bilhões não possuem saneamento ambiental. Cerca de 70% da população rural e 25% da população urbana dos países em desenvolvimento não dispõem de abastecimento adequado de água, assim como cerca de 360 mil crianças menores de cinco anos morrem por ano em virtude de doenças transmitidas pela água, como diarreia, cólera, hepatite A e febre tifoide (OMS/Unicef, 2017).

Uma das funções de gestores de qualidade da água é o controle da poluição dos rios. A garantia da qualidade da água para qual seja o seu uso, mantendo sua integridade física, química e biológica, é o maior objetivo de um plano de gestão da qualidade das águas (DAVIS *et al.* 2016).

Pode-se definir como avaliação da qualidade da água a análise de características químicas, físicas e biológicas. A exigência da avaliação da qualidade das águas pela legislação visa à segurança de seu uso e consumo pelo homem (WALSH; WHEELLES, 2012). A síntese das informações sobre a qualidade dos corpos hídricos pode ser expressa por um Índice de Qualidade da Água - IQA (BROWN *et al.*, 1970), que auxilia a avaliação da qualidade da água ao longo do tempo, proporciona a comprovação do direcionamento de gestão e possibilita a comparação de diferentes corpos de água entre si (ARIAS *et al.*, 2012)

Para Karbassi *et al.* (2011), o IQA tem várias aplicações, podendo ser adotado em diferentes situações, tais como comparação de condições ambientais de diferentes regiões, alocação de recursos, e análise de degradação da qualidade. Porém, apesar dessa ampla aplicação no monitoramento pelos órgãos de gestão de recursos hídricos, o IQA apresenta algumas limitações, tais como não incluir parâmetros considerados relevantes ao abastecimento (protozoários, metais-pesados, agrotóxicos e outras substâncias). Outra restrição é a utilização de parâmetros que fornecem informações similares, tais como turbidez e sólidos totais, OD e DBO e, em algumas condições, coliformes termotolerantes e DBO.

Nesse contexto, pode-se afirmar, de forma redundante, que o IQA tem como uma de suas restrições avaliar somente os parâmetros que o compõem.

Com base nestas considerações, o IQA mais utilizado, proposto pela National Science Foundation (NSF) (BROWN *et al.*, 1970) vem sofrendo modificações ao longo do tempo. As primeiras modificações foram em 1971 por Prati *et al.* e em 1972 por Dinius, que incluíram no IQA parâmetros como carbono orgânico, sólidos dissolvidos, amônia, cloreto, ferro, manganês, ABS (benzeno), condutividade, dureza, alcalinidade, cor (ABBASI, 2005). Depois, desenvolveram-se índices direcionados para usos específicos da água, tais como os trabalhos apresentados por Walski e Parker (1974), Dinius (1987), Stonner (1978) e Bhargava (1985).

Vários autores utilizam adaptações de IQA como uma prática de avaliação mais econômica da qualidade da água. São diversas as variações na literatura assim como as comparações de avaliações (BORDALO *et al.*, 2001). Os pesquisadores têm utilizado com frequência oxigênio dissolvido (OD) para avaliar a qualidade da água em rios, reservatórios e bacias (RUDOLF *et al.*, 2012). Sanches *et al.* (2006) utilizaram o IQA com o teor de oxigênio dissolvido (OD) e o déficit de oxigênio dissolvido (D) como indicadores da qualidade ambiental em bacias localizadas em Madri – Espanha. Pesce e Wunderlin (2000) utilizaram IQA's para avaliar a qualidade do rio Suquia na Argentina, com um número reduzido de parâmetros, que são Oxigênio Dissolvido, Turbidez e Condutividade Elétrica ou Sólidos Totais.

Akkoyunlu *et al.* (2012) avaliaram a poluição em cursos de água utilizando IQA em um estudo de caso da bacia do Lago Sapanca na Turquia. Consideraram o índice canadense de qualidade da água (CCME-WQI), o índice de qualidade da água de Oregon (OWQI) e o índice de qualidade da água da Fundação Nacional de Saneamento (NSF-WQI) para verificar o estado de poluição em córregos com um IQA min (mínimo) considerando temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos suspensos totais (TSS) e condutividade elétrica (EC). Maia (2014) reduziu o número de parâmetros que compõem o IQA -NSF por meio da aplicação da metodologia da rede neural de Kohonen (1984) com a técnica OPS (seleção de previsores ordenados) e criou um IQA_{min}, formado por cinco parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, OD e turbidez. Os resultados ficaram muito próximos aos obtidos com o IQA tradicional, resultando em um $R^2 = 0,92$.

Sun *et al.* (2016) utilizaram um IQA min (mínimo) com base na análise de componentes principais (ACP) e análise das correlações entre os parâmetros para qualidade

da água do rio Dongjiang na China, composto por cinco parâmetros: pH, temperatura, sólidos totais suspensos, Amônia e Nitrato. O IQA_{min} apresentou resultados similares ao IQA original, porém mostrou diminuição geral da qualidade da água em aproximadamente 30 pontos da escala (média anual) e em alguns pontos mostrou resultados opostos para as mudanças sazonais.

Em todos esses estudos foi realizada comparação com o IQA-NSF e suas variações, com alterações nos pesos dos parâmetros adotados. Naqueles realizados no Brasil foram ainda utilizados como referência os padrões estipulados na Resolução CONAMA nº 357/05 e na Portaria 518/2004 (vigente à época) e portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, avaliando individualmente os parâmetros de acordo com os limites estabelecidos na legislação. Em casos omissos nesta legislação foram utilizados os limites definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

De acordo com Oliveira *et al.* (2017), a origem da poluição em localidades com deficiência de saneamento básico e gestão de resíduos sólidos é o crescimento da população e das atividades industriais. Nessa tendência, o estado do Maranhão apresentou um aumento populacional de 6,46% no período de 2014 a 2017, tendo passado dos 7 milhões de habitantes (IBGE, 2017).

Além disso, o estado do Maranhão ainda está em fase de implantação de um programa de monitoramento da qualidade das águas. Os poucos dados disponíveis sobre qualidade da água no estado, no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (HidroWeb) não incluem parâmetros suficientes para a determinação do IQA.

Assim, o objetivo deste estudo é caracterizar a qualidade das águas superficiais do estado por meio de um IQA modificado, utilizando os parâmetros físicos e químicos disponíveis na base de dados HidroWeb no período de 2014 a 2017.

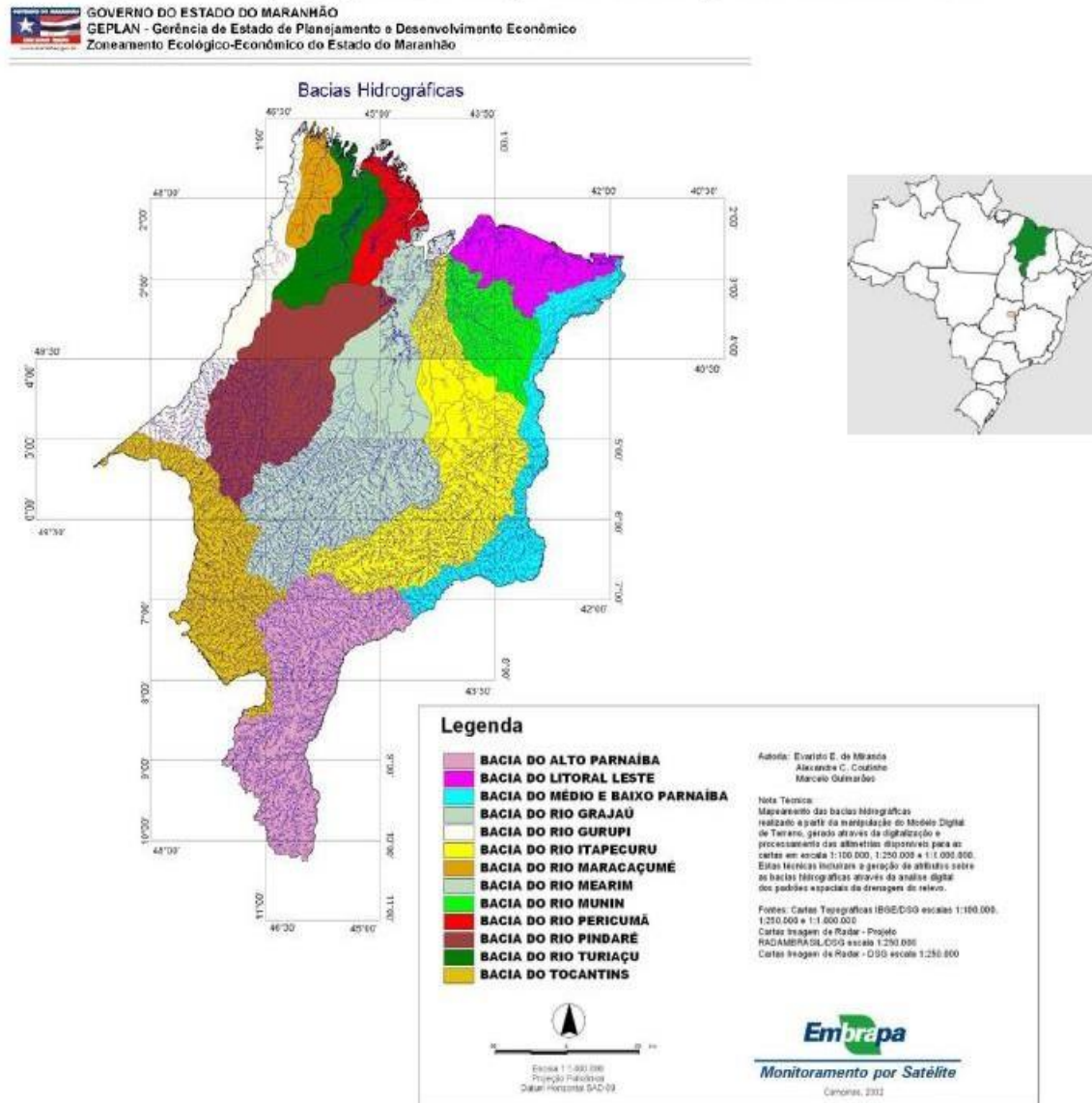
2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estado do Maranhão fica na região Nordeste do Brasil. Possui 217 municípios e área de 331.936,955 km². De acordo com o IBGE (2002), é detentor de um grande potencial hídrico com 12 bacias hidrográficas, sendo as de domínio federal as bacias do Parnaíba, do

Tocantins e do Gurupi e as de domínio estadual representadas pelos sistemas hidrográficos estaduais das Ilhas Maranhenses e do Litoral Ocidental, bem como as bacias hidrográficas Itapecuru, Maracaçumé, Mearim, Munim, Preguiças, Peria e Turiaçu (Figura 1).

Figura 1 –Localização geográfica e distribuição das bacias hidrográficas do estado do Maranhão



Fonte: IBGE; GEPLAN, 2014.

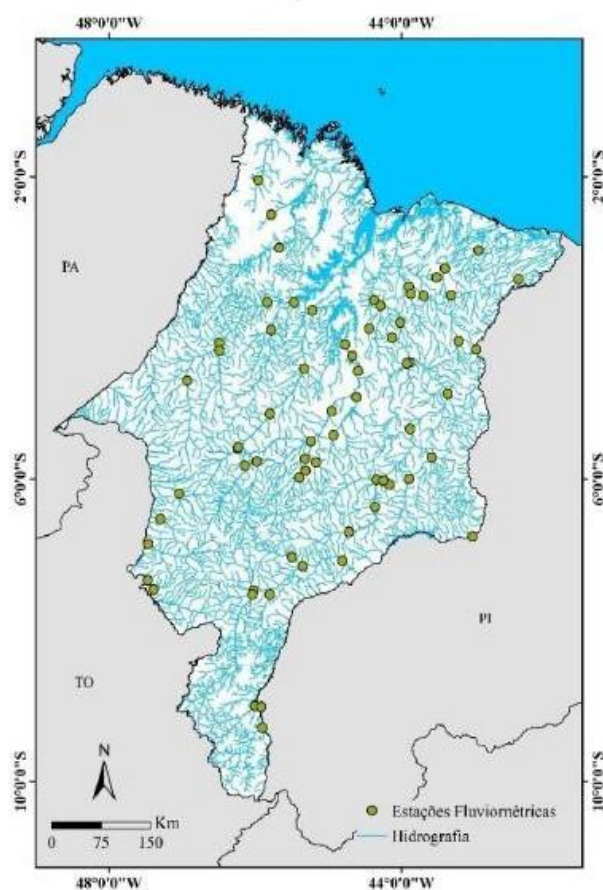
Atualmente o Estado dispõe de dois Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) criados em 2013, CBH do Rio Munim e CBH do Rio Mearim, estando em discussão a criação do CBH do Rio Itapecuru, enquanto o CBH do Rio Preguiças está em criação (SEMA,2017).

2.2 Fonte e Análise de Dados

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa na base de dados do Sistema de Informações Hidrológicas, conhecida como HidroWeb, para compilação dos dados disponíveis. Estes dados se referem às estações fluviométricas de monitoramento de qualidade das águas, durante o período de 2014 a 2017, localizadas nas bacias hidrográficas do Estado do Maranhão. São 154 estações fluviométricas no Estado, porém destas somente 64 possuem dados referentes à qualidade da água no período dos últimos quatro anos.

As coletas e análises das amostras em cada estação de monitoramento ilustrada na figura 2 foram realizadas sob responsabilidade da ANA por meio da operadora de Serviço Geológico do Brasil também conhecida como CPRM.

Figura 2 – Localização das 64 estações fluviométricas que possuem dados sobre qualidade da água superficial no estado do Maranhão no período de 2014 a 2017.



Fonte: Autor, 2018

Nas 64 estações foram analisadas 683 amostras durante o período de 2014 a 2017. Os parâmetros analisados foram temperatura da amostra, pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.

Verificou-se se os parâmetros monitorados estão dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para enquadramento (Quadro 1) e à classificação das águas doces segundo seus usos (Quadro 2).

Quadro 1 - Limite dos parâmetros de qualidade para enquadramento nas classes das águas doces no Brasil – Resolução CONAMA 357/2005

PARÂMETROS	LIMITES PARA O ENQUADRAMENTO				
	Especial	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Qualidade da água					
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado
Turbidez (NTU)	Até 40	Até 40	40 até 100	Até 100	Acima de 100
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	+ 10,0	10 a 6	6 a 5	5 a 4	4 a 2

Fonte: Brasil, 2005

Quadro 2- Classificação das águas doces brasileiras segundo seus usos preponderantes – Resolução CONAMA nº 357/2005

CLASSE	PRINCIPAIS USOS
Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção; • Preservação do equilíbrio natural nas comunidades aquáticas
Classe I	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico após tratamento simplificado; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); • Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas ou de frutas que se desenvolvem rente ao solo ou que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas; • Criação natural e/ou intensiva (aquicultura de espécimes destinadas à alimentação humana)
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); • Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; • Criação natural e/ou intensiva (aquicultura de espécimes destinadas à alimentação humana)
Classe III	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento doméstico após tratamento convencional; • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • Dessedentação de animais.
Classe IV	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação; • Harmonia paisagística; • Uso menos exigentes.

Fonte: Brasil, 2005

Para essa classificação foram calculadas as médias anuais para os valores dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e turbidez de cada bacia hidrográfica e posteriormente dada a classificação quanto ao enquadramento.

São basicamente três os tipos de índices de qualidade da água, sendo os elaborados a partir da opinião de especialistas, os biológicos e os baseados em métodos estatísticos. Para a escolha de variáveis para composição de índices são incorporados elementos estatísticos ou métodos de pesquisa de opinião. Quanto à análise de dados de qualidade ambiental, podem ser utilizadas aplicações estatísticas, tais como Análise de Componentes Principais (ACP), Análise Fatorial (AF), Análise da Matriz de Correlação (MC) e outras.

Para investigar a qualidade das águas superficiais do estado do Maranhão, com os parâmetros existentes no banco de dados da HidroWeb, foi realizada revisão da literatura com propostas de IQA_{\min} , além de definições dos parâmetros e uma busca nas estações fluviométricas de todo o território nacional que tivessem dados completos, ou seja, as estações que já estivessem atendendo ao programa Qualiágua com dados disponíveis.

Como nem todos os estados estão incorporados ao programa Qualiágua, ou possuem dados disponíveis na HidroWeb, as estações selecionadas foram dos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia e São Paulo, pois somente estes estados apresentaram estações com dados completos disponíveis. Com o banco de dados montado, totalizando 969 amostras, foi investigada a correlação entre os parâmetros que compõem o IQA adotado pela CETESB e os parâmetros disponíveis no estado do Maranhão. Calculou-se o fator de correlação entre os parâmetros de forma individual, organizados em Matriz de Correlação (MC), com a utilização de planilha eletrônica.

Os dados dessas estações do programa Qualiágua foram utilizados para calcular o IQA, para verificação dos resultados disponíveis na HidroWeb, utilizando a equação 1 (BROWN *et al.*, 1970).

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

Onde,

IQA= Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro i obtido com base na curva média específica de qualidade.

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1, adaptado pela CETESB devido à substituição das variáveis Fosfato e Nitrato por Fósforo e Nitrogênio, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade da água do IQA – NSF – adaptado pela CETESB e respectivos pesos

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduos totais	0,08

Fonte: CETESB, 2009

De acordo com Von Sperling (2007), os resultados numéricos podem ser classificados qualitativamente, demonstrando condições que podem variar de “muito ruim” a “excelente ou ótimo”, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água em função do IQA. O resultado obtido para determinada análise de IQA é avaliado segundo a escala de intervalo do IQA, e o nível de qualidade é determinado, sendo atribuído a ele uma coloração de referência.

Nível de Qualidade	Intervalo do IQA	Cor de Referência
Excelente	$IQA > 90$	Azul
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Verde
Regular	$50 < IQA \leq 70$	Amarelo
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Marrom
Muito ruim	$0 < IQA \leq 25$	Vermelho

Fonte: CETESB, 2009

Criou-se uma planilha eletrônica com todas as equações para cálculo do IQA com os dados dos estados RN, PE, BA e SP. Assim foi possível verificar os resultados de IQA já disponibilizados na HidroWeb e montar uma base para desenvolvimento do IQA modificado. A equação do IQA modificado é semelhante à equação 1, apenas diminuindo-se o número de parâmetros empregados.

Apesar da condutividade elétrica não fazer parte do conjunto dos nove (9) parâmetros que compõem o IQA, os dados disponíveis foram utilizados para obtenção do valor estimado dos Resíduos Sólidos Totais, uma vez que segundo Mcneely *et al.*(1979), Embrapa (2011) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2017), a condutividade elétrica (C.E) da água, multiplicada por um fator entre 0,55 e 0,75, resulta em um valor estimado de resíduos totais. Para o Maranhão foi utilizado o fator igual a 0,65, considerando aceitável para uma região de clima quente. Com esse valor estimado dos resíduos totais ainda é possível classificar as águas entre doce, salobra e salgada, conforme a Resolução CONAMA 357/2005.

Na sequência, foi utilizado o Solver, uma ferramenta de análise de dados disponível no MS-Excel[®], para otimizar a distribuição dos pesos dos parâmetros com dados disponíveis (Temperatura, pH, OD, Turbidez e Condutividade Elétrica). O Solver é uma ferramenta que pode ser utilizada para busca de solução ótima, e dispõe de três algoritmos: Método LP Simplex linear para objetivos e restrições lineares, usado para otimização linear; Método GRG não linear, quando objetivo e restrições resultam de funções não lineares, usado para problemas com variações e não lineares suaves; e Método *Evolutionary*, quando objetivo e restrições são determinados a partir de funções com variações bruscas. No desenvolvimento do IQA modificado, o Solver foi utilizado duas vezes com o método *Evolutionary*. Na primeira, o objetivo foi encontrar a melhor distribuição de pesos entre os parâmetros com dados disponíveis no MA, de modo a minimizar a soma das diferenças $(IQA - IQA_{mod})^2$. Na segunda utilização do Solver, as variáveis de decisão foram as faixas de classificação do IQA_{mod} , e a função objetivo a ser minimizada foi o número de classificações diferentes, entre IQA tradicional e IQA_{mod} .

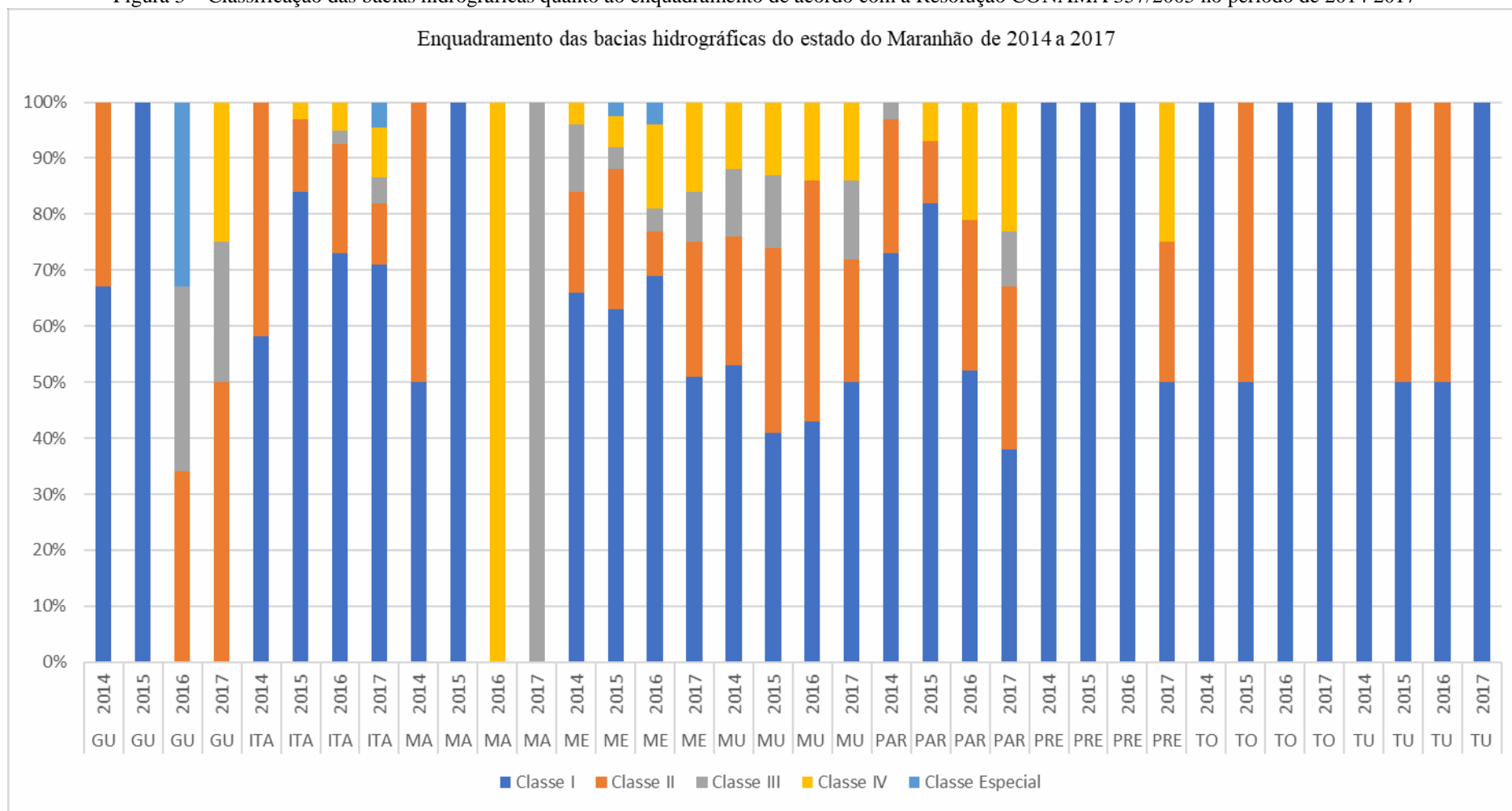
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos parâmetros obtidos na HidroWeb após analisados de acordo com os limites da resolução CONAMA 357/2005 receberam uma classificação quanto ao enquadramento de classes de acordo com a legislação (Quadro 2).

O enquadramento indicado na Figura 3 se baseia na resolução CONAMA 357/2005 e nos valores dos parâmetros indicados. Deve-se notar, entretanto, que a Secretaria Estadual do Meio Ambiente considera todos esses corpos hídricos como Classe II, pois essa é a classe adotada no Brasil onde não há enquadramento aprovado (ANA, 2017).

Percebe-se que a classificação para o enquadramento das bacias hidrográficas em Classe I foi preponderante atingindo 72% das estações, seguida de Classe II com 30%, Classe III e IV com 18% respectivamente e Classe Especial com 11%. As bacias do Itapecuru, Mearim, Munim e Parnaíba tiveram estações com enquadramento de classe IV durante os quatro anos do estudo, enquanto as bacias do Tocantins e Turiaçu mantiveram o enquadramento nas classes I e II.

Figura 3 – Classificação das bacias hidrográficas quanto ao enquadramento de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 no período de 2014 a 2017



GU – Gurupi, ITA – Itapecuru, MA – Maracaçumé, ME – Mearim, MU – Munim, PAR – Parnaíba, PRE – Preguiças, TO – Tocantins, TU – Turiaçu.
 Fonte: Autor, 2018

Com base nas informações referentes aos dados das estações fluviométricas dos estados do RN, PE, BA e SP, foi elaborada matriz de correlação entre os parâmetros (Tabela 3) e indicadas as correlações significativas ($> 0,1$) entre os parâmetros com dados disponíveis no MA e os demais (Quadro 4).

Tabela 3 – Matriz de Correlação (MC) com os dados das análises de outros estados – os valores indicam os coeficientes de correlação entre os respectivos parâmetros.

	Temp Amostra	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Nitrogênio Total	Coliformes	Fósforo Total
Temp Amostra	1								
pH	-0,11	1,00							
Turbidez	-0,03	-0,02	1,00						
DBO	-0,02	0,00	0,08	1,00					
OD	0,05	0,03	0,01	-0,27	1,00				
Sol Totais	0,00	0,02	0,28	0,03	-0,01	1,00			
Nitrogênio Total	-0,09	0,06	0,04	0,55	-0,32	0,01	1,00		
Coliformes	0,01	0,04	0,03	0,56	-0,30	-0,02	0,52	1,00	
Fósforo Total	-0,10	-0,01	0,52	0,08	0,01	0,40	0,51	0,04	1

Fonte: Autor, 2018

Quadro 4 – Correlação entre os parâmetros do IQA no Maranhão e os de outros estados.

Parâmetros existentes no MA	Parâmetros com correlação significativa			18
	OD	Coliformes	DBO	19
Turbidez	Fósforo	Sólidos Totais		20
Temperatura	Nitrogênio	Fósforo		21
				22
				23
				24

Fonte: Autor, 2018

Na primeira utilização do Solver, para determinação dos pesos, chegou-se aos valores: Temperatura = 0,10; pH = 0,20; Turbidez = 0,18; OD = 0,38 e Resíduos Totais = 0,14, totalizando 1,0, da mesma forma que o IQA tradicional.

Na Tabela 4 mostra as faixas de classificação da qualidade da água conforme o valor do IQA. ANA (2017) utiliza duas réguas de classificação, em função dos estados que fazem parte do programa Qualiágua. No presente trabalho, adotou-se a régua 1- ANA (AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS), pois é a tradicionalmente adotada pela CETESB (2009). A régua 2 é adotada pela ANA para os estados que fazem parte do Qualiágua (BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP), e parece se tratar mais de concessão política que técnica. Por

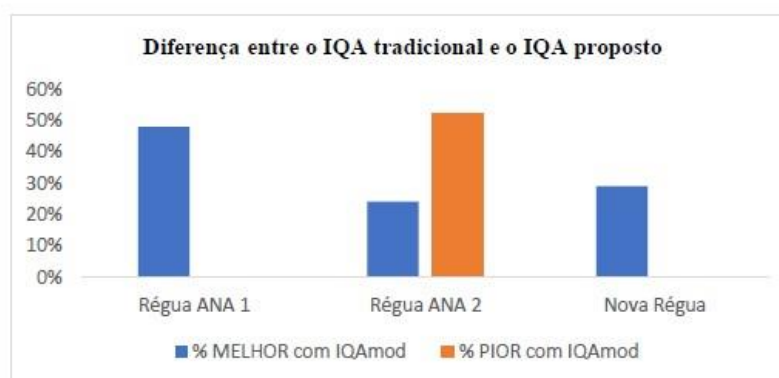
fim, a tabela apresenta a régua aqui proposta, que conduziu ao menor percentual de diferença de classificações com o IQA tradicional e o IQA_{mod} (Figura 4).

Tabela 4 - Classificação da qualidade da água em função do IQA com os intervalos para régua 1 e régua 2 e régua proposta

Nível de Qualidade	IQA Régua 1	IQA Régua 2	IQA mod Régua Proposta
Excelente	91 – 100	80 – 100	91 – 100
Bom	71 – 90	52 – 79	85 – 90
Regular	51 – 70	35 – 51	38 – 84
Ruim	26 – 50	20 – 36	20 – 37
Muito ruim	0 – 25	0 – 19	0 – 19

Fonte: Autor, 2018

Figura 4– Diferenças de classificação com o IQA tradicional e o IQA proposto com nova régua de classificação da qualidade da água.



Fonte: Autor, 2018

Dessa forma o IQA_{mod} é composto de cinco parâmetros com seus respectivos pesos (temperatura=0,10; pH=0,20; OD=0,38; turbidez=0,18 e Resíduos Totais=0,14) e com faixas para classificação da água : 91-100 (Excelente); 83- 90 (Bom); 36-83 (Regular); 19-36 (Ruim) e 0 – 19 (Muito Ruim).

Finalmente, o IQA modificado foi empregado nas 683 amostras para avaliar a qualidade das águas superficiais do Maranhão. Cada estação tem em média 3 amostras por ano, o que conduziu ao resultado médio anual por bacia hidrográfica mostrado no Quadro 5 e à distribuição de valores ilustrada na Figura 5.

Um IQA_{mod} é utilizado na maioria dos casos para reduzir os custos com o monitoramento da qualidade das águas. Diferentemente de outros estudos, em que os autores realizaram coletas e obtiveram todos os parâmetros e assim puderam escolher quais iriam compor o IQA_{mod}, este trabalho utilizou os dados disponíveis no estado. Apesar de conduzir a cerca de 30% de diferenças de classificação em relação ao IQA tradicional, a proposta de um

IQA_{mod}, surge como uma alternativa de avaliação da qualidade da água diante de um cenário no estado em que não há um Plano Estadual de Recursos Hídricos e nem monitoramento mais abrangente da qualidade das águas, podendo ser utilizado para direcionar planejamentos e investimentos.

Quadro 5 – Classificação da qualidade das águas superficiais do Maranhão por meio do IQA proposto com nova faixa de classificação no período de 2014 a 2017.

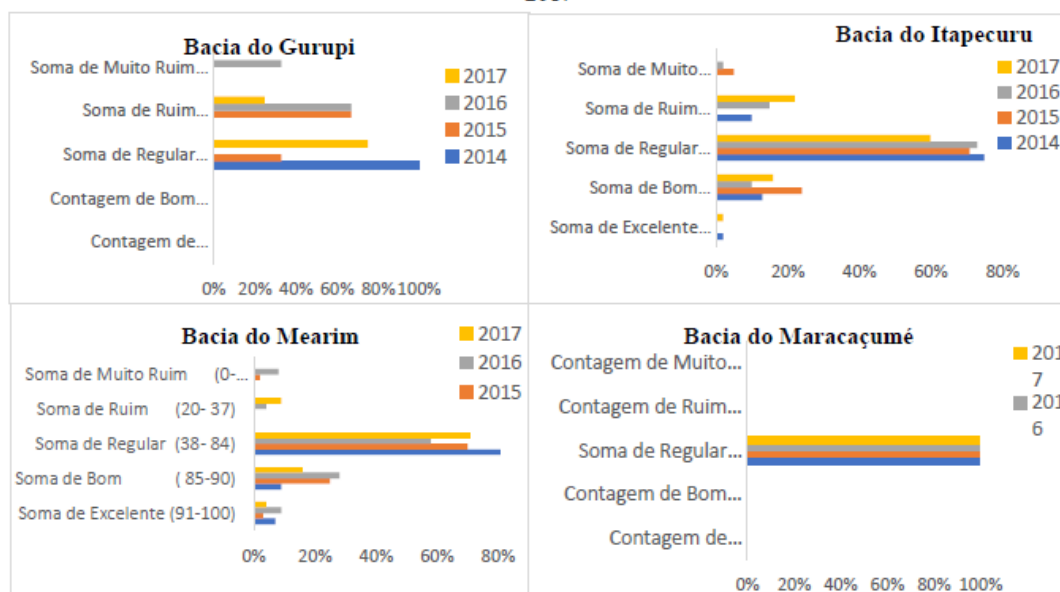
Nº	Bacia hidrográfica	Município	Avaliação 2014	Avaliação 2015	Avaliação 2016	Avaliação 2017
1	Gurupi	Açailândia	Regular	Ruim	Ruim	Regular
2	Itapecuru	Mirador	Regular	Regular	Regular	Ruim
3	Itapecuru	Governador Eugenio Barros	Regular	Regular	Regular	Regular
4	Itapecuru	Cantanhede	Regular	Regular	Regular	Regular
5	Itapecuru	Fernando Falcão	Regular	Regular	Regular	Ruim
6	Itapecuru	Mirador	Regular	Regular	Regular	Regular
7	Itapecuru	Colinas	Regular	Regular	Regular	Sem Dados
8	Itapecuru	Colinas	Regular	Bom	Regular	Ruim
9	Itapecuru	Colinas	Regular	Regular	Sem Dados	Bom
10	Itapecuru	Caxias	Regular	Regular	Regular	Ruim
11	Itapecuru	Coroatá	Bom	Regular	Regular	Regular
12	Itapecuru	Buriti Bravo	Regular	Regular	Regular	Sem Dados
13	Itapecuru	Fernando Falcão	Regular	Regular	Regular	Bom
14	Itapecuru	Mirador	Regular	Regular	Regular	Regular
15	Itapecuru	Codó	Bom	Bom	Regular	Regular
16	Itapecuru	Codó	Bom	Regular	Regular	Regular
17	Itapecuru	Pirapemas	Regular		Bom	Regular
18	Itapecuru	Pirapemas	Regular	Regular	Regular	Regular
19	Maracaçumé	Cândido Mendes	Regular	Regular	Regular	Regular
20	Mearim	Bom Jesus Das Selvas	Regular	Regular	Regular	Regular
21	Mearim	Bacabal	Regular	Regular	Regular	Regular
22	Mearim	Barra Do Corda	Regular	Regular	Ruim	Sem Dados
23	Mearim	Santa Luzia	Regular	Regular	Regular	Sem Dados
24	Mearim	Grajau	Regular	Regular	Regular	Bom
25	Mearim	Vitorino Freire	Regular	Regular	Regular	Regular
26	Mearim	Bela Vista Do Maranhão	Regular	Regular	Regular	Regular
27	Mearim	Alto Alegre Do Pindaré	Regular	Regular	Regular	Regular
28	Mearim	Santa Luzia	Regular	Regular	Regular	Regular
29	Mearim	Barra Do Corda	Bom	Bom	Bom	Regular
30	Mearim	Grajau	Excelente	Excelente	Regular	Bom
31	Mearim	Grajau	Bom	Regular	Bom	Bom
32	Mearim	Barra Do Corda	Regular	Regular	Regular	Ruim
33	Mearim	Joselândia	Regular	Regular	Regular	Regular
34	Mearim	Barra Do Corda	Regular	Bom	Regular	Regular
35	Mearim	Barra Do Corda	Bom	Excelente	Bom	Bom
36	Mearim	Arame	Regular	Regular	Bom	Bom
37	Mearim	Pedreiras	Regular	Bom	Bom	Regular
38	Mearim	Pindaré - Mirim	Bom	Bom	Bom	Regular
39	Mearim	São Luis Gonzaga Do Maranhão	Regular	Bom	Bom	Regular

(continuação)

40	Mearim	São Mateus do Maranhão	Regular	Ruim	Regular	Regular
41	Munim	Nina Rodrigues	Regular	Bom	Bom	Regular
42	Munim	Vargem Grande	Regular	Regular	Regular	Regular
43	Munim	Chapadinha	Regular	Regular	Regular	Ruim
44	Munim	São Benedito do Rio Preto	Regular	Ruim	Regular	Ruim
45	Munim	VargemGrande	Bom	Regular	Regular	Regular
46	Munim	Urbano Santos	Regular	Regular	Regular	Ruim
47	Parnaíba	Alto Parnaíba	Bom	Regular	Regular	Regular
48	Parnaíba	Sambaíba	Regular	Bom	Regular	Regular
49	Parnaíba	São Bernardo	Regular	Regular	Regular	Ruim
50	Parnaíba	Barão de Grajaú	Bom	Regular	Regular	Regular
51	Parnaíba	Balsas	Bom	Regular	Regular	Regular
52	Parnaíba	Sambaíba	Bom	Regular	Regular	Regular
53	Parnaíba	São Félix de Balsas	Bom	Regular	Regular	Regular
54	Parnaíba	Coelho Neto	Regular	Regular	Bom	Regular
55	Parnaíba	São Raimundo das Mangabeiras	Bom	Regular	Regular	Regular
56	Parnaíba	Alto Parnaíba	Regular	Regular	Regular	Regular
57	Parnaíba	Balsas	Regular	Regular	Regular	Regular
58	Parnaíba	Alto Parnaíba	Bom	Regular	Regular	Regular
59	Preguiças	Barreirinhas	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
60	Tocantins	Carolina	Bom	Sem Dados	Regular	Regular
61	Tocantins	Lajeado Novo	Bom	Bom	Bom	Bom
62	Tocantins	Porto Franco	Bom	Sem Dados	Excelente	Sem Dados
63	Turiaçu	Turiaçu	Bom	Muito Ruim	Regular	Sem Dados
64	Turiaçu	Monção	Bom	Regular	Regular	Regular

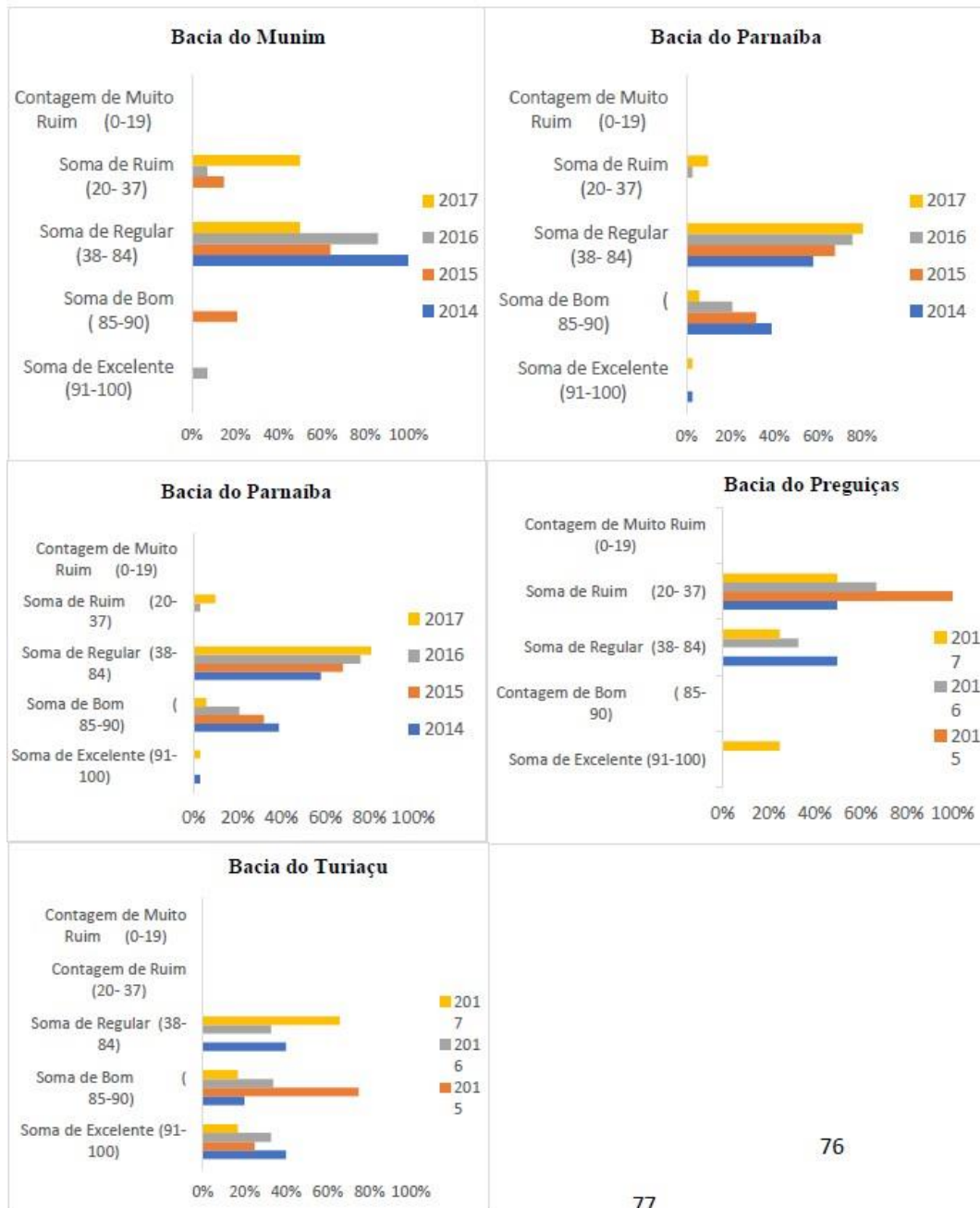
Fonte: Autor, 2018

Figura 5- Distribuição de valores do IQA_{mod} para as bacias hidrográficas do Maranhão no período de 2012 a 2017



Fonte: Autor, 2018

Figura 5- Distribuição de valores do IQA_{mod} para as bacias hidrográficas do Maranhão no período de 2012 a 2017 (continuação)



76

77

Fonte: Autor, 2018

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa propôs um IQA modificado e o utilizou para avaliar a qualidade das águas superficiais do Maranhão. Com a análise dos dados disponíveis das 64 estações fluviométricas do estado do Maranhão, observa-se que a maioria dos dados indica atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 de acordo com o uso e enquadramento.

No total foram avaliadas 683 amostras em 64 estações fluviométricas. Os parâmetros utilizados para avaliação e composição do IQA modificado foram temperatura, pH, OD, turbidez e condutividade elétrica que foi convertida em resíduos totais.

A maior parte das amostras de águas superficiais do Maranhão foi classificada na faixa REGULAR. Dessa forma, o IQA proposto se torna uma ferramenta de auxílio para o estado acompanhar a evolução da qualidade de suas águas superficiais, podendo subsidiar políticas públicas de saneamento e planejamento territorial.

À medida que mais resultados, tanto do Maranhão, quanto de outros estados, vão sendo disponibilizados no sistema HidroWeb, os pesos e as faixas de classificação do IQA modificado podem sofrer ajuste contínuo, diminuindo as diferenças de classificação com o IQA tradicional e o IQA modificado. Além disso, podem ser promovidas campanhas intensivas de coleta de dados de qualidade da água para também subsidiar o refinamento desses resultados.

5. REFERÊNCIAS

ABBASI, S.A. *Water Quality Indices – State-of-the-art*. Center for Pollution Control & Energy Technology, Pondicherry University, Elsevier, 2012, p.9-52.

AKKOYONLU, A.; AKINER, M.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind*. Ecological Indicators 18, 2012, p.501–511.

ANA - Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas. Indicadores de Qualidade. Disponível: http://pnqa.ana.gov.br/rede/rede_monitoramento.aspx.> Acessado em: 20 de fev.2016.

ARIAS, H.R.; CARAVEO, M.C; QUINTANA.R.M; TERANN, R.A.S; MUNGUIA, A.P. Na Overall Water Quality Index (WQI) for a Man-Made Aquatic Reservoir in México. *Int.J. Environ Res. Public Health*, 2012, v.9(5).

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. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p.318.

BRASIL. Agência Brasil. Internacional, OMS: 748 milhões de pessoas não tem acesso à água potável no planeta. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2014-11/oms-748-milhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-gua-potavel-no-planeta>>. Acesso em 22 de ago.2017.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357/05. Dispõe sobre a classificação dos corpos e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março de 2005.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2009. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília, DF.

_____. Ministério da Saúde – MS. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

_____. Ministério do Meio Ambiente – Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) – Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA) – Relatório I Junho, 2005. Acesso em maio de 2018.

BROWN, R. M.; McCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A. & TOZER, R. G. *A water quality index do we dare?* Water & Sewage Works, 1970, p.339-343.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de Qualidade de água. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua>>. Acesso em: 20 de fev.2016.

DAVIS, M.L.; MASTEN, S.J. *Princípios de Engenharia Ambiental*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. p.378.

DINIUS, S.H. (1972) Social accounting system for evaluating water. *Water Resources Research*, v. 8, n. 5, p. 1159-1177.

DINIUS, S.H. (1987) Design of an Index of Water Quality. *Water Resources Bulletin*, v. 23, n. 5, p. 833-843.

HORTON, R. An index number of system for rating water quality. *Journal WPCF*, vol.37, n.3, p.300-306, 1965.

KARBASSI, A. R. et al. *Development of Water Quality Index (WQI) for Gorganrood River*. Article 24, v. 5, n. 4, Summer, p. 1041-1046, 2011.

MAIA, K. P.. Otimização do índice de qualidade da água por meio de análise estatística multivariada Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de

Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Área de Concentração Tecnologias Ambientais, 2014.

MARANHÃO. GEPLAN - Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico – Zoneamento Ecológico – Econômico do Estado do Maranhão. Disponível em www.zee.gov.br. Acesso 28 de mai.2017.

_____. SEMA - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Disponível em www.sema.ma.gov.br. Acesso 20 de out.2017.

MCNEELY, R. N. Water Quality Sourcebook: A guide to water quality parameters. Canada: *Environment Canada*, 1979.

OLIVEIRA, R.M.M.; SANTOS, E.V.; LIMA, K.C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.22 n.3, mai/jun 2017, p. 523- 529.

ONUBR – Nações Unidas no Brasil. <https://nacoesunidas.org>. Acesso em março de 2018.

PESCE,S.F.;WUNDERLIN,D.A. Uso da qualidade da água – índices para verificar o impacto da cidade de Córdoba (Argentina) no rio Suquia. *Revista Water Research*, vol.34, 2000

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M. & LUCA, S. J. *Qualidade e uso da água*. In: PORTO, R. L. L. (Org.); BRANCO, S. M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R. M.; SÉRGIO, J. L.; NOGUEIRA, V. P. Q. & PORTO, M. F. A. . São Paulo: Edusp, 1991. Cap. 1. p. 27-65.

PRATI, L.; PAVANELLO, R.; PESARIN, F. (1971) Assessment of surface water quality by a single index of pollution. *Water Research*, v. 5, n. 9, p. 741-751.

SANCHEZ,E. et al. Uso do índice de qualidade da água e déficit de oxigênio dissolvido, como indicadores simples de poluição de bacias. *Revista Indicadores ecológicos* doi: 10.1016/J.ecolind 2006.02.005, 2006.

STONER, J.D. (1978) Water Quality Indices of Specific Water Use, *U.S. Geological Survey*, Reston, Y.A. Circular 140-770.

SUN, R.W; XIA, C. ; XUA, M.; GUA, J.; SUNA, G. Application of modified water quality indices as indicators to assessthe spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Journal ho me page: www.elsevier.com/locate/ecolind. *Ecological Indicators* 66 (2016) 306–312.

WALSH, P; WHEELER, W.. Water Quality Index Aggregation and Cost Benefit Analysis. *US Environmental Protection Agency*, 2012.

VON SPERLING,M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuais – estudos e modelagem da qualidade dos rios*. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007, v.7.

4 CONCLUSÕES

A presente pesquisa propôs um IQA modificado e o utilizou para avaliar a qualidade das águas superficiais do Maranhão. Com a análise dos dados disponíveis das 64 estações fluviométricas do estado do Maranhão, observa-se que a maioria dos dados indica atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 de acordo com o uso e enquadramento.

No total foram avaliadas 683 amostras em 64 estações fluviométricas. Os parâmetros utilizados para avaliação e composição do IQA modificado foram temperatura, pH, OD, turbidez e condutividade elétrica que foi convertida em resíduos totais.

A maior parte das amostras de águas superficiais do Maranhão foi classificada na faixa REGULAR. Dessa forma, o IQA proposto se torna uma ferramenta de auxílio para o estado acompanhar a evolução da qualidade de suas águas superficiais, podendo subsidiar políticas públicas de saneamento e planejamento territorial.

À medida que mais resultados, tanto do Maranhão, quanto de outros estados, vão sendo disponibilizados no sistema HidroWeb, os pesos e as faixas de classificação do IQA modificado podem sofrer ajuste contínuo, diminuindo as diferenças de classificação com o IQA tradicional e o IQA modificado. Além disso, podem ser promovidas campanhas intensivas de coleta de dados de qualidade da água para também subsidiar o refinamento desses resultados.

5 REFERÊNCIAS

ABBASI, S.A. (2005) Water Quality Indices – State-of-the-art. Center for Pollution Control & Energy Technology. Pondicherry University. Disponível em: <<http://www.nih.ernet.in/general/aguade20%Qualidde%20Indices.doc>>.

AKKOYONLU, Atila; AKINER, Muhammed.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind. Ecological Indicators 18 (2012) 501–511

ANA - Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas. Indicadores de Qualidade. Disponível: http://pnqa.ana.gov.br/rede/rede_monitoramento.aspx.> Acessado em: 20 de fev.2018.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

ALMEIDA, NATHÁLIA CUNHA; BARROS, ANDRÉ LUIZ RAPOSO; AROUCHE, SAULO PEREIRA; MORAES, FLAVIO HENRIQUE REIS; MONTEIRO NETO, VALÉRIO. Detecção de enteropatógenos e teste e susceptibilidade a agentes sanitizantes de cepas diarreio gênicas de *Escherichia coli* isoladas das praias de São Luís – Maranhão. Revista de Patologia Tropical, v.41, 2012.

ALMEIDA, M. A. B. & SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n.1, p.81–97, 2003.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. de A. Q.; CRISÓSTOMO, L.A de A; SOUZA, I.H; TEIXEIRA, A. dos S. Índice de Qualidade de água: uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. Revista Ciência Agronômica, v.36, n.02, p.135- 134,2005.

ARIAS, H.R.; CARAVEO, M.C; QUINTANA, R.M; TERANN, R.A.S; MUNGUIA, A.P. Na Overall Water Quality Index (WQI) for a Man-Made Aquatic Reservoir in México. Int.J. Environ Res. Public Health, 2012, v.9(5).

BAIRD, C; CANN, M. Química Ambiental. 4 ed.: Porto Alegre, Bookman, 2011.

BARROS, J C; BARRETO, F.M.S; LIMA, M.V. Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião par determinação futura de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público. VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012.

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. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRANCO, S.M. Hidrologia aplicada a engenharia sanitária. 3 ed. São Paulo: CETESB, 1986 p. 784.

BRASIL. Agência Brasil. Internacional, OMS: 748 milhões de pessoas não tem acesso à água potável no planeta. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2014-11/oms-748-milhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-agua-potavel-no-planeta>>. Acesso em 22 de maio de 2018.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357/05. Dispõe sobre a classificação dos corpos e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março de 2005.

_____. 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. Brasília, DF.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2009. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília, DF.

_____. Ministério da Saúde – MS. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2005.

_____. Portal Brasil. Meio Ambiente: Objetivo do Milênio – acesso a água potável aumenta, mas não chega para todos. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/03/objetivo-do-milenio-acesso-a-agua-potavel-aumenta-mas-nao-chega-para-todos>>. Acesso em 10 de maio 2018.

BARROS, J.C; BARRETO, F.M DE SÁ; LIMA, M.V.N. 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). VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012.

BHARGAVA, D.S. (1985) Expression for drinking water supply standards. ASCE, v. 111, n. 3, p. 304-317.

BOYACIOGLU, H. (2007) Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water SA*, v. 33, n. 1, p. 101-106. Disponível em: <<http://ajol.info/index.php/wsa/article/view/47882>>

BROWN, R. M.; McCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A. & TOZER, R. G. (1970). A water quality index do we dare? *Water & Sewage Works*, p.339-343.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report. Canada, 2001a. 13 f. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprtftsht_e.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2017.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de Qualidade de água. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua>>. Acesso em: 20 de fev.2018.

CHAPRA, S.C. *Surface Water Quality Modeling*. Waveland Press INC, 2008.

CORREIA, O. F.; ALVES, J. C.; GOMES, S. S.; RESENDE, S. O.; SANTOS, A. M. O & MARQUES, M. N. Aplicação do IQA-CCME para verificar a conformidade ao enquadramento do rio Japarutuba em Sergipe a CONAMA nº 357/50. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Química, 34, 2011, Florianópolis. *Anais*. São Paulo: SBQ. 1 CD.

COSTA C.F.; AZEVEDO, C.A.; FERREIRA, S.S.; MOURA, E.P.S. Análise microbiológica da água do rio Itapecuru em Caxias, MA, Brasil. *Revista Interface*, ed. 10, dez.2015 – p.274-283.

CUDE, C.G. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Journal of the American water resources association*. Vol.37 fev, 2001.

DEBELS, P.; FIGUEROA, R.; URRUTLA, R.; BARRA, R.; NIELL, X. Avaliação da qualidade da água do rio Chullan (Chile central) utilizando parâmetros físico-químicos e índice de qualidade da água modificada. *Revista Monitoramento e Avaliação Ambiental*, vl. 110, p. 301-322, 2005.

DINIUS, S.H. (1972) Social accounting system for evaluating water. *Water Resources Research*, v. 8, n. 5, p. 1159-1177.

DINIUS, S.H. (1987) Design of an Index of Water Quality. *Water Resources Bulletin*, v. 23, n. 5, p. 833-843.

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

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.de; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S da. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v.

46, n. 2, p. 277-286, abr-jun, 2015 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

GASTALDINI, M.C.C.; MENDONÇA, A.S.F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. Porto Alegre: ABRH, 2001 cap.15 p. 28-51.

GUILHERME, E. F. M.; SILVA, J. A. M. Pseudomonasaeruginosa, como indicador de contaminação hídrica. Higiene Alimentar, São Paulo, v. 14, n. 76, p. 43-47, 2000.

GUIMARÃES, J.R. e NOUR, E.A.A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental. p. 19-30, 2001.

HORTON, R. An index number of system for rating water quality. Journal WPCF, vol.37, n.3, p.300-306, 1965.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Relatório Anual da Bacia do Rio das Velhas. 2009.

JONNALAGADDA, S. B. & MHERE, G. Water Quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. Water Research, v.35, n.10, p.2371-2376, 2001.

KARBASSI, A. R. et al. Development of Water Quality Index (WQI) for Gorganrood River. Article 24, v. 5, n. 4, Summer, p. 1041-1046, 2011.

LEITE, Andréa Araújo Lima. Marco Legal dos Recursos Hídricos no Maranhão. Revista Águas do Brasil, 3ª ed, 2013.

LEITE, D.A.N.DE O; RAMOS, M.A.G; GODÓI, D.E DE; MARIANO, A.P; PIÃO, A.C.S; ANGELIS, D.F DE. Avaliação dos parâmetros do índice de qualidade de água segundo o modelo estatístico de arima. Holos Environment, v. 13, n. 1, 2013, p-24

MAIA, Kelly do Prado. Otimização do índice de qualidade da água por meio de análise estatística multivariada Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Área de Concentração Tecnologias Ambientais, 2014.

MARANHÃO. GEPLAN - Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico – Zoneamento Ecológico – Econômico do Estado do Maranhão. Disponível em www.zee.gov.br. Acesso 28 de mai.2018.

_____. SEMA - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Disponível em www.sema.ma.gov.br. Acesso 20 de fev.2018.

MARTINS, J. R. S. Decaimento e mistura de poluentes no meio aquático. EPUSP-PHD-2460. 2010.

MCCLELLAND,N.I. Walter Quality Index Application In The Kansas River Basin. US Environmental Protection Agency EPA-9 07, Missouri, 1974.

NETO,M.E; SILVA,W.O.; RAMEIRO,F.C.; NASCIMENTO,E.S; ALVES,A.S.
Análises físicas, químicas e microbiológicas das águas do Balneário Veneza na bacia hidrográfica do médio Itapecuru, MA. Arq.Inst.Biol,São Paulo, v. 79, n.3, p-397 -403, jul/set,2012.

NUGEO – Núcleo Geoambiental. Bacias Hidrográficas Maranhenses. Disponível em: <<http://www.nogeo.uema.br/Laboratoriorecursosohídricos>. Acesso em 13 abril,2018.

OLIVEIRA, R.M.M.; SANTOS, E.V.; LIMA, K.C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.22 n.3, mai/jun 2017, p. 523- 529.

PAIVA,T. V. Avaliação das condições microbiológicas da água e de peixes do rio Mearim, no município de Bacabal – MA. Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente / CCHS, Universidade Federal do Maranhão, 2016.

PESCE,S.F.;WUNDERLIN,D.A. Uso da qualidade da água – índices para verificar o impacto da cidade de Córdoba (Argentina) no rio Suquia. Revista Water Research, vol.34, 2000.

PEREIRA, R.S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH- UFRGS. V.1, n.1. p. 20-36. 2004. Disponível em : <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 24 de fev,2018.

PINTO,A.L. et al. Avaliação da Eficiência da Utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. Campo Mourão -PR: Revista GEOMAE, 2010 v. 1 p.69-82.

PINTO FILHO,J.L.O; SANTOS,E.G.;SOUSA,M.JJ.B. Proposta de índice de Qualidade de Água para a Lagoa do Apodi, RN,Brasil. Holos Environment,v.2,2012,p.69-76.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M. & LUCA, S. J. Qualidade e uso da água. In: PORTO, R. L. L. (Org.); BRANCO, S. M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R. M.; SÉRGIO, J. L.; NOGUEIRA, V. P. Q. & PORTO, M. F. A. . São Paulo: Edusp, 1991. Cap. 1. p. 27-65.

PRATI, L.; PAVANELLO, R.; PESARIN, F. (1971) Assessment of surface water quality by a single index of pollution. *Water Research*, v. 5, n. 9, p. 741-751.

P.T.A – Portal de Tratamento de Água. Qualidade da água. Publicado em 22/09/2009. Disponível em www.tratamentodeagua.com.br. Acesso em 20/01/2018.

QUEGE,K.E.;SIQUEIRA,E.Q. Avaliação da Qualidade de água no Córrego Botafogo na cidade de Goiânia – GO. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, Setembro de 2005. Disponível em:<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l.174.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

RANCHEL,M.B.A.;NOWACKI,C.C.B. Química Ambiental – conceitos, processos e estudo dos Impactos ao Meio Ambiente. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

RICHER,C.A. Água: Métodos e tecnologia de tratamento Ed. Blucher, São Paulo, 2009, p.69-72.

RICHER,C.A.;AZEVEDO NETTO,J.M.de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. Ed. Blucher, São Paulo, 1991, p.26-39.

RODRIGUES,G.S. Avaliação de impactos ambientais de pesquisas. Fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: EMPRAPA, CNPMA, 1998.

ROSSO, F.L.; BOLNER,K.C.S.; BALDISSEROTTO. B. Ion fluxes insilver catfish (Rhamdia quelen) juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. N eotropical Ichthyology 4:435-440, 2006.

SÁ,J.M.L.de. Avaliação do monitoramento de águas costeiras na baía de São Marcos em São Luís, Maranhão. Dissertação (mestrado em Energia e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, 2014.

SANCHEZ,E. et al. Uso do índice de qualidade da água e déficit de oxigênio dissolvido, como indicadores simples de poluição de bacias. Revista Indicadores ecológicos doi: 10.1016/ J.ecolind 2006.02.005, 2006.

SANTOS,CARLA. Estatística Descritiva – Manual de auto aprendizagem. Edições Silabo, 2ª ed.,2010.

SANTOS,L.C.A.; LEAL,A.C. Gerenciamento de recursos hídricos no estado do Maranhão -Brasil. Observatório: Revista Eletrônica de Geografia v.5, n.13, p.39-65, Jun,2013.

SILVA,L.C.A. Avaliação da Qualidade da água de consumo humano no município de Santo Amaro do Maranhão como instrumento de garantia do direito à saúde. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente). Universidade Federal do Maranhão – Universidade Federal do Maranhão, 2011.

STONER, J.D. (1978) Water Quality Indices of Specific Water Use, U.S. Geological Survey, Reston, Y.A. Circular 140-770.

STRIEDER,M.U.;ROCCHI,L.H.;STERNERT,C;CHERER,R.T.;NEISS,U.G. Medidas biológicas e índices de qualidade de água de uma microbacia com

poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. *Acta Biológica Leopondensia*, v.28, n.1:p.17-24,Jan/abr, 2006.

SUN, RiverWei; XIA, Chunyu ; XUA, Meiyong; GUA, Jun; SUNA, Guoping. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Journal of Hydrology* page: www.elsevier.com/locate/ecolind. *Ecological Indicators* 66 (2016) 306–312.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade da água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p.181-186, jan/mar, 2002.

TUNDISI, J. G.. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2003, 248p.

UMBUZEIRO, G.A. Guia de Potabilidade para Substâncias Químicas. ABBES, São Paulo, 2012, p.144.

UNEP-GEMS – United Nations Environment Programme Global- Environment Monitoring System (2007) *Global drinking water quality index development and sensitivity analysis report*. Disponível em: <http://www.twentyten.net/LinkClick.aspx?fileticket=qnibZr%2FtUIA%3D&tabid=84&mid=776>.

WALSH, P; WHEELER, W.. Water Quality Index Aggregation and Cost Benefit Analysis. US Environmental Protection Agency, 2012.

VON SPERLING, M. Princípios de tratamento biológico de águas residuais – estudos e modelagem da qualidade dos rios. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007, v.7.

ZANINI, H.L.; AMARAL, L.A.; ZANINI, J.R.; TAVARES, L.H.S. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliado pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. *Engenharia Agrícola*. [online]. vol.30, n.4, pp732-741, 2010.

ANEXO A: Dados das amostras do Maranhão disponíveis na Hidroweb no período de 2014 a 2017

Nº	Estação	Bacia Hidrográfica	Curso de água	Município	Data	Parâmetros				
						Temp. Amostra	pH	Turbidez	C.E	OD
1	33025000	Gurupi	Rio Pindaré	Açailândia	25/04/2014	28,60	5,74	49,50	223,54	5,35
					30/07/2014	26,00	5,98	34,60	229,60	8,05
					30/10/2014	28,00	5,56	47,40	235,00	7,61
					17/03/2015	27,00	5,37	29,10	171,40	6,16
					30/06/2015	26,70	5,85	34,50	214,20	7,07
					19/10/2015	29,80	5,08	37,00	245,00	7,11
					29/02/2016	33,00	4,23	39,40	223,54	6,13
					08/06/2016	28,80	5,64	126,00	214,70	6,83
					15/09/2016	27,94	4,57	31,70	254,90	0,40
					22/02/2017	27,50	5,96	28,70	13,45	3,79
					20/04/2017	27,70	6,23	20,29	14,55	4,89
					13/07/2017	27,00	5,90	43,70	23,13	7,26
					14/09/2017	28,20	4,38	77,00	92,25	7,20
2	33450000	Itapecuru	Rio Alpercatas	Mirador	02/04/2014	27,00	5,60	10,00	12,00	9,65
					09/07/2014	26,00	5,30	4,33	10,00	3,73
					29/09/2014	28,40	6,04	2,39	7,80	7,17
					29/09/2014	28,40	6,04	2,39	8,30	7,17
					09/04/2015	27,00	5,90	4,83	7,00	6,26
					06/08/2015	25,90	6,30	5,33	1,80	6,73
					17/11/2015	27,00	6,21	4,02	9,00	7,55
					14/04/2016	28,00	5,77	4,21	87,90	7,72
					08/08/2016	25,00	5,08	8,41	8,90	7,96
					19/10/2016	28,20	4,88	8,28	9,50	7,30
					23/02/2017	26,91	4,37	7,05	14,00	8,17
					16/05/2017	27,60	4,50	8,66	10,20	7,25
					28/06/2017	26,50	5,12	6,68	8,50	7,62
3	33530000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Governador Eugenio Barros	28/04/2014	28,40	7,01	34,80	103,10	6,49
					26/07/2014	27,00	6,78	31,90	21,40	7,61
					23/10/2014	30,20	6,77	18,40	16,70	7,43
					11/05/2015	28,80	6,76	19,40	47,10	7,06
					31/08/2015	30,10	6,75	21,30	15,10	7,35
					12/11/2015	29,90	6,73	19,30	11,40	7,45
					02/09/2016	29,20	3,55	16,00	14,70	7,50
					17/11/2016	29,60	6,25	31,70	8,10	6,37
					20/02/2017	27,70	5,90	88,60	56,50	6,11
					13/04/2017	29,10	6,61	47,20	47,10	6,52
					12/06/2017	28,50	6,31	25,80	24,00	7,37
01/09/2017	29,20	5,76	17,60	15,60	7,61					
4	33680000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Cantanhede	06/05/2014	27,00	5,50	105,00	64,00	6,32
					01/08/2014	30,50	8,15	20,90	62,90	7,73
					31/10/2014	29,00	7,30	13,90	40,90	7,27
					19/02/2015	26,10	10,60	257,00	20,90	3,86
					24/06/2015	31,00	8,53	17,30	62,10	8,10
					08/10/2015	32,00	7,27	17,00	43,70	8,06
					24/02/2016	32,00	7,27	43,10	78,30	7,76
					17/05/2016	31,80	6,92	46,50	69,50	6,57

(continuação)

4	33680000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Cantanhede	05/09/2016	31,70	7,29	13,90	40,10	7,89
					18/04/2017	29,5	6,76	56,4	64,8	5,84
					10/07/2017	29,6	6,08	11,2	910,2	9,12
					26/10/2017	30,97	6,95	10,7	42,3	7,22
					23/11/2017	30,5	6,782	38,9	41,6	7,93
5	33430000	Itapecuru	Rio Alpercatas	Fernando Falcão	01/04/2014	27,00	5,62	5,14	11,00	8,28
					07/07/2014	25,00	5,48	2,32	10,00	8,36
					30/09/2014	28,20	5,86	2,73	7,60	7,15
					30/09/2014	28,20	5,86	2,73	8,20	7,15
					24/07/2015	25,60	6,04	2,72	1,80	6,63
					18/11/2015	27,70	6,20	2,24	9,20	7,53
					15/04/2016	27,00	5,57	2,15	94,30	7,75
					09/08/2016	25,30	4,84	6,21	8,80	7,70
					20/10/2016	27,80	5,65	6,56	9,40	5,55
					30/03/2017	27,10	4,28	0,00	0,00	6,40
					17/05/2017	28,00	6,56	8,66	9,50	7,23
26/06/2017	26,50	4,93	3,35	7,80	7,53					
6	33460000	Itapecuru	Rio Alpercatas	Mirador	24/03/2014	28,00	5,61	7,78	15,00	8,36
					02/07/2014	26,00	5,37	9,30	12,00	8,71
					02/10/2014	28,30	6,13	6,49	9,20	7,28
					02/10/2014	28,30	6,13	6,49	8,40	7,28
					20/07/2015	25,60	5,93	3,20	2,70	7,05
					04/11/2015	27,50	6,36	5,42	9,00	7,77
					09/04/2016	29,00	6,26	18,50	80,00	7,28
					29/07/2016	25,80	5,06	8,73	9,30	8,07
					13/10/2016	27,70	5,20	10,00	12,40	7,43
					22/02/2017	27,71	4,98	39,50	26,70	8,76
03/05/2017	28,30	5,25	8,57	19,30	7,72					
03/07/2017	27,30	5,56	15,80	11,70	7,55					
7	33480000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Colinas	21/03/2014	28,00	5,60	47,90	29,00	8,40
					26/06/2014	27,00	5,02	15,30	15,00	5,84
					03/10/2014	28,50	6,34	14,10	11,10	7,31
					03/10/2014	28,50	6,34	14,10	10,20	7,31
					02/04/2015	28,00	6,49	40,00	24,00	5,78
					18/07/2015	27,00	5,80	12,10	3,90	6,79
					03/11/2015	29,00	6,42	29,40	10,60	7,49
					11/04/2016	28,00	6,30	25,50	80,20	7,29
					28/07/2016	23,80	5,13	11,80	11,40	8,36
11/10/2016	30,00	5,62	22,30	13,60	7,18					
8	33410000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Colinas	10/07/2014	26,00	6,38	9,60	0,00	7,91
					23/09/2014	27,00	5,80	4,71	6,30	7,72
					08/05/2015	27,00	6,66	7,70	5,20	6,28
					22/07/2015	26,20	6,01	10,50	0,00	6,88
					31/10/2015	28,00	7,15	11,00	7,40	7,57
					12/04/2016	28,00	5,68	16,00	89,80	7,55
					03/08/2016	26,20	5,42	15,60	7,00	8,07
					17/10/2016	27,80	5,02	8,65	8,00	7,54
					29/03/2017	28,00	5,36	8,08	8,60	4,93
27/01/2017	27,60	4,29	6,68	8,10	7,29					

(continuação)

					05/07/2017	25,70	5,00	6,36	7,00	7,79
9	33490000	Itapecuru	Rio Balseiros	Colinas	25/03/2014	27,00	6,30	9,54	229,00	6,32
					30/06/2014	25,00	5,86	33,40	246,00	6,25
					12/05/2015	26,20	7,68	11,60	278,00	6,01
					15/02/2017	26,00	6,62	7,53	91,60	6,57
					15/03/2017	27,40	6,71	10,90	141,30	5,47
10	33550000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Caxias	25/04/2014	28,60	7,18	92,80	113,40	6,83
					25/07/2014	29,00	6,94	24,20	34,10	7,03
					24/10/2014	29,90	6,86	19,50	27,90	7,16
					09/05/2015	28,80	6,79	37,30	62,20	7,00
					28/08/2015	30,50	6,85	21,00	24,10	7,32
					13/11/2015	30,00	6,93	21,20	19,00	6,94
					09/05/2016	29,68	6,28	10,40	4,00	6,37
					25/08/2016	29,00	6,44	58,40	24,50	7,67
					18/11/2016	29,10	6,82	74,60	12,90	6,16
					29/03/2017	28,00	5,36	8,08	8,60	4,93
					08/05/2017	27,60	4,29	6,68	8,10	7,29
11	33630000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Coroatá	05/07/2017	25,70	5,00	6,36	7,00	7,79
					30/04/2014	27,00	5,43	115,00	72,00	7,16
					28/07/2014	30,00	7,45	22,10	59,50	7,90
					27/10/2014	35,00	7,23	21,00	41,80	8,19
					13/02/2015	30,00	10,39	32,00	14,30	5,50
					01/07/2015	30,00	6,78	16,30	53,00	6,77
					02/10/2015	32,50	6,82	42,80	40,90	7,21
					29/02/2016	31,00	6,68	40,10	76,30	6,89
					11/05/2016	30,80	7,03	36,20	56,80	6,45
					12/09/2016	31,60	7,87	15,10	39,40	8,23
12	33520000	Itapecuru	Rio Correntes	Buriti Bravo	12/04/2017	29,90	6,00	24,30	91,30	7,96
					07/05/2017	27,90	6,50	17,89	91,00	7,69
					18/03/2014	27,00	6,70	22,20	226,00	5,21
					01/07/2014	25,00	6,00	34,40	267,00	7,51
					07/10/2014	26,30	7,52	23,30	247,60	5,32
					07/10/2014	26,30	7,52	23,30	216,90	5,32
					14/05/2015	26,60	7,64	29,10	277,00	5,78
					20/04/2016	27,90	7,50	27,50	230,20	4,55
13	33212000	Itapecuru	Rio Ribeirão Papagaio	Fernando Falcão	08/08/2016	23,20	7,77	8,34	3,00	3,81
					17/11/2016	26,90	7,14	14,00	287,70	7,54
					29/03/2014	26,00	5,40	94,20	15,00	8,14
					10/07/2014	26,00	5,45	4,45	10,00	8,30
					23/09/2014	27,10	5,84	2,83	8,40	7,00
					18/05/2015	26,80	6,02	2,25	9,28	7,16
					20/08/2015	26,40	6,80	5,70	8,10	7,11
					27/11/2015	27,70	6,00	4,80	7,90	7,14
					03/05/2016	27,40	5,98	5,56	9,40	6,85
					23/08/2016	27,70	4,10	3,46	9,09	7,14
					23/11/2016	27,02	4,83	4,74	11,30	7,62
					16/02/2017	26,50	6,63	11,00	80,10	6,64
14/03/2017	27,50	6,64	131,00	12,30	41,70					
28/06/2017	24,50	6,95	14,10	14,10	7,50					
18/10/2017	28,00	7,03	12,30	12,30	22,70					

(continuação)

14	33420000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Mirador	19/03/2014	27,00	5,99	99,60	35,00	8,65
					28/06/2014	27,00	5,12	22,30	11,00	8,45
					01/10/2014	29,70	6,59	19,70	9,30	6,88
					01/10/2014	29,70	6,59	19,70	10,00	6,88
					07/04/2015	28,00	6,59	18,50	14,60	5,77
					22/07/2015	25,30	6,13	12,30	1,80	6,90
					05/11/2015	28,00	6,47	32,70	12,70	7,34
					07/04/2016	30,00	6,20	18,00	82,50	7,01
					27/07/2016	23,80	5,67	16,10	8,90	8,29
					14/10/2016	27,70	5,56	56,50	11,50	7,26
					22/02/2017	27,02	5,50	22,50	28,80	8,25
					05/05/2017	27,70	5,72	8,02	13,30	7,11
04/07/2017	26,60	5,31	23,90	8,70	7,59					
15	33590000	Itapecuru	Rio Itapecuru	Codó	28/04/2014	28,00	5,94	99,10	84,00	6,75
					25/07/2014	30,30	7,30	24,30	57,50	7,78
					23/10/2014	34,00	6,56	55,60	31,40	5,76
					12/05/2015	30,10	6,88	24,20	59,00	7,05
					01/09/2015	31,00	6,82	22,80	27,30	6,79
					18/11/2015	30,70	7,15	16,50	22,90	7,33
					29/08/2016	30,40	6,40	17,50	27,50	7,58
					21/11/2016	30,10	6,60	43,10	16,60	6,30
					01/02/2017	29,20	5,90	214,00	42,80	6,23
					28/03/2017	28,32	9,42	146,00	59,70	6,71
					03/05/2017	27,90	7,95	95,20	47,20	7,90
					27/05/2017	29,00	6,59	60,80	72,40	6,18
16	33620000	Itapecuru	Rio Codozinho	Codó	26/04/2014	58,00	5,67	63,50	100,00	6,57
					24/07/2014	28,10	6,85	11,30	142,40	6,76
					24/10/2014	35,00	6,71	2,48	127,30	6,80
					13/05/2015	29,20	6,47	35,00	107,50	6,70
					30/08/2016	28,80	6,44	9,74	157,60	6,01
					25/03/2017	29,70	6,09	68,20	87,80	6,40
					12/04/2018	29,80	6,02	24,30	91,30	7,96
					05/07/2017	27,90	6,50	17,80	91,04	7,70
					29/09/2017	32,20	7,36	11,70	37,40	6,01
17	33638000	Itapecuru	Rio Pirapemas	Pirapemas	25/04/2014	30,00	5,82	26,90	77,00	5,46
					26/07/2014	27,80	6,68	38,80	238,30	5,36
					25/10/2014	28,00	6,70	35,90	479,00	3,01
					12/05/2016	30,60	6,42	6,10	56,70	6,12
					27/03/2017	29,60	5,40	10,00	55,60	3,30
18	33661000	Itapecuru	Rio Peritoró	Pirapemas	01/05/2014	28,00	5,42	21,10	54,00	4,44
					07/05/2014	28,00	5,43	37,20	55,00	6,91
					31/07/2014	31,50	7,41	40,10	21,90	6,91
					23/06/2015	31,00	7,06	47,30	140,80	6,65
					25/02/2016	29,00	6,35	71,50	66,50	6,00
					16/05/2016	30,90	6,69	39,30	193,80	6,21
					27/03/2017	29,60	5,40	10,00	55,60	3,30
19	32740000	Maracaçumé	Rio Maracaçumé	Cândico Mendes	23/06/2014	27,70	6,35	43,40	57,40	6,82
					21/10/2014	29,20	7,22	37,10	70,90	7,21
					16/03/2015	26,80	6,42	24,80	57,40	64,90
					10/03/2016	27,00	6,40	56,10	43,90	4,00
					03/02/2017	27,00	6,28	106,90	66,09	6,20

(continuação)

20	33070000	Mearim	Rio Pindaré	Bom Jesus Das Selvas	28/04/2014	27,60	6,05	21,20	237,50	5,14
					31/07/2014	27,00	6,33	33,10	246,30	7,98
					29/10/2014	29,00	6,40	43,90	248,70	7,65
					18/03/2015	28,00	5,42	18,60	189,40	6,58
					29/06/2015	28,30	6,30	50,80	225,10	7,12
					17/10/2015	29,40	5,77	41,50	260,10	7,13
					02/03/2016	29,00	6,15	39,40	235,80	5,58
					07/06/2016	28,90	6,02	126,00	233,70	6,87
					16/09/2016	28,68	5,39	28,40	260,90	0,43
					23/02/2017	29,00	6,30	68,80	15,00	3,70
					19/04/2017	29,10	6,65	18,80	16,00	4,69
					12/07/2017	28,00	5,67	37,00	24,60	7,25
					15/09/2017	28,70	5,16	81,00	32,00	7,43
21	33290000	Mearim	Rio Mearim	Bacabal	09/05/2014	27,00	6,88	99,60	49,90	4,50
					12/08/2014	28,00	7,39	37,60	55,30	7,60
					24/10/2014	32,00	7,76	25,40	36,40	6,92
					05/03/2015	30,00	6,52	37,30	58,30	7,54
					12/06/2015	30,00	6,73	28,20	86,90	7,63
					05/10/2015	31,50	6,80	27,40	55,70	7,39
					23/05/2016	31,10	7,07	34,50	73,80	6,91
					19/09/2016	32,50	8,05	40,50	57,50	7,89
					31/01/2017	30,80	6,25	84,40	55,20	6,24
					27/03/2017	29,98	9,32	79,20	76,70	7,69
					02/05/2017	29,30	7,93	73,00	101,40	5,32
26/05/2017	31,00	6,72	58,20	98,80	6,71					
22	33214000	Mearim	Rio Ribeirão Pau grosso	Barra Do Corda	31/03/2014	27,00	5,20	2,37	11,00	7,36
					05/07/2014	26,00	5,39	1,39	9,00	7,45
					24/09/2014	27,10	5,59	1,58	9,42	6,49
					24/09/2014	27,10	5,59	1,58	8,20	6,49
					20/05/2015	26,80	5,73	0,37	9,13	6,57
					25/08/2015	27,10	5,82	1,17	7,90	6,41
					01/12/2015	27,80	5,80	0,72	7,80	6,57
					03/05/2016	27,50	5,47	5,50	9,30	6,28
					24/08/2016	29,00	3,97	3,18	7,30	6,58
28/11/2016	27,50	4,82	1,17	6,90	7,98					
23	33075000	Mearim	20	Santa Luzia	26/04/2014	27,60	6,04	7,13	219,07	3,01
					29/07/2014	25,00	5,91	12,90	182,80	8,16
					01/11/2014	27,00	6,04	48,50	258,70	7,92
					19/03/2015	27,00	5,36	5,14	174,20	6,19
					01/07/2015	26,20	5,90	11,60	169,50	3,20
					16/10/2015	29,10	5,54	45,70	255,60	1,50
					01/03/2016	27,00	5,70	38,30	281,90	2,32
					06/06/2016	27,80	5,70	45,10	210,80	3,19
24	33321000	Mearim	Rio Grajaú	Grajaú	05/07/2014	27,00	7,98	5,35	193,20	7,95
					02/10/2014	30,00	7,58	2,64	138,90	7,46
					15/04/2015	29,00	7,86	35,70	159,83	6,36
					30/07/2015	28,80	6,90	7,10	140,30	7,11
					10/11/2015	28,00	7,96	8,02	160,50	6,48
					02/04/2016	28,80	8,21	10,20	165,80	7,75
					26/07/2016	27,60	7,85	14,00	159,50	8,16
					13/10/2016	30,30	9,15	4,39	160,60	8,30

(continuação)

					25/03/2017	27,90	7,37	0,00	105,60	6,01
					09/05/2017	29,10	7,73	8,08	9,10	7,60
					04/08/2018	28,10	7,67	6,43	183,10	7,72
25	33365000	Mearim	Rio Grajaú	Vitorino Freire	07/05/2014	29,40	7,02	114,00	183,70	5,86
					04/08/2014	30,00	7,75	25,80	225,20	8,17
					03/11/2014	31,00	8,04	20,90	22,30	7,84
					06/05/2015	32,00	7,55	62,90	271,00	7,27
					05/09/2015	32,40	7,98	38,70	331,50	8,65
					16/08/2016	32,10	8,80	24,30	262,80	9,38
					27/02/2017	29,26	6,26	51,2	159	8,33
					29/03/2017	28,9	6,58	24,8	154,1	3,88
					12/07/2017	29,6	6,93	48,2	240,7	7,78
					18/10/2017	34	7,56	13,4	197,4	9,53
26	33380000	Mearim	Rio Grajaú	Bela Vista Do Maranhão	30/04/2014	29,10	6,86	70,20	100,20	4,73
					06/08/2014	29,00	7,46	28,60	259,50	7,54
					05/11/2014	30,00	8,36	26,20	303,40	7,61
					09/03/2015	28,00	6,17	79,50	129,50	6,77
					18/06/2015	30,40	6,46	25,60	207,20	7,23
					08/10/2015	32,40	7,41	25,20	344,20	9,22
					01/06/2016	31,40	6,93	39,50	213,39	7,23
					21/09/2016	32,50	8,14	16,50	365,10	10,15
					16/02/2017	27,80	6,02	108,00	129,70	5,62
					27/04/2017	32,00	6,58	52,30	132,70	4,63
					05/07/2017	28,00	6,72	40,80	212,50	7,96
					25/09/2017	31,90	7,56	22,70	300,60	9,88
27	33080000	Mearim	Rio Pindaré	Alto Alegre Do Pindaré	01/05/2014	27,16	6,35	62,50	64,80	4,20
					01/08/2014	28,00	6,69	41,00	223,60	7,73
					06/11/2014	31,00	6,94	57,10	263,20	7,42
					13/03/2015	28,00	5,85	62,70	139,00	6,82
					25/06/2015	29,30	6,26	49,00	184,00	7,28
					13/10/2015	30,40	6,11	48,30	276,20	7,31
					25/02/2016	30,50	6,43	64,50	232,30	5,68
					23/09/2016	30,41	6,27	32,80	273,70	0,49
					20/02/2017	27,50	6,12	68,80	87,90	5,48
					28/04/2017	30,00	6,66	53,70	144,40	5,70
					10/07/2017	29,00	6,60	38,00	223,20	7,45
13/09/2017	30,90	5,86	35,90	922,80	7,82					
28	33170000	Mearim	Rio Zutuia	Santa Luzia	03/05/2014	27,85	6,53	59,60	126,60	4,50
					02/08/2014	27,00	6,78	49,70	360,40	8,00
					08/11/2014	28,00	6,80	57,30	468,00	7,81
					16/03/2015	29,00	5,90	27,20	187,80	7,01
					24/06/2015	26,80	6,73	32,20	304,00	6,60
					15/10/2015	30,10	6,18	72,70	401,60	6,80
					24/02/2016	28,00	6,13	222,00	228,30	4,56
					31/05/2016	28,60	6,61	14,60	312,70	6,47
					21/09/2016	29,82	6,24	110,00	418,50	0,47
					21/02/2017	27,50	6,07	131,00	75,20	4,00
					25/04/2017	28,20	6,89	44,00	222,10	5,55
					07/07/2017	26,00	6,17	43,30	351,20	6,96
18/09/2017	28,50	6,35	92,70	91,20	7,02					

(continuação)

29	33260000	Mearim	Rio Mearim	Barra Do Corda	30/04/2014	28,20	6,80	64,30	80,60	6,66
					29/07/2014	28,50	7,19	14,60	35,30	7,71
					29/10/2014	29,30	7,13	12,00	34,90	7,34
					19/05/2015	28,80	7,37	26,40	55,80	7,14
					26/08/2015	29,90	7,13	13,00	33,50	7,48
					28/04/2016	30,50	6,79	13,90	42,40	7,27
					26/08/2016	30,30	3,66	4,38	31,30	7,58
					29/11/2016	31,70	7,00	12,90	30,60	11,06
					20/02/2017	27,70	6,03	19,80	9,50	7,38
					16/03/2017	27,90	6,85	103,00	54,00	6,58
					05/07/2017	26,90	6,55	18,20	45,40	7,71
					24/10/2017	32,00	6,99	16,30	3,40	7,51
30	33205000	Mearim	Rio Mearim	Grajau	28/06/2014	25,00	7,08	4,80	52,30	8,03
					27/09/2014	28,00	7,22	9,50	38,80	7,63
					29/07/2015	26,00	6,49	2,65	40,00	6,70
					07/11/2015	29,00	7,17	4,50	39,30	7,25
					24/03/2016	29,00	7,11	6,98	91,70	7,32
					29/07/2016	25,00	6,53	14,40	40,60	7,87
					14/10/2016	28,73	7,83	3,29	38,10	7,33
					25/03/2017	26,50	7,05	0,00	22,00	5,32
15/05/2017	28,40	7,04	8,66	9,10	7,37					
08/08/2017	26,80	6,64	6,53	45,60	7,65					
31	33330000	Mearim	Rio Santana	Grajau	01/07/2014	26,00	7,19	24,80	82,20	8,05
					30/09/2014	28,00	6,78	25,20	64,60	7,79
					14/04/2015	27,00	7,07	33,50	72,50	5,64
					31/07/2015	26,80	6,47	15,90	88,50	6,55
					12/11/2015	29,00	7,30	16,00	129,70	5,37
					01/04/2016	29,20	7,39	10,00	110,60	6,12
					28/07/2016	23,70	7,09	13,30	127,80	8,34
					12/10/2016	28,56	7,52	21,90	96,80	7,23
					07/08/2017	26,4	6,84	38,9	79,5	6,92
					10/05/2017	28	6,67	8,57	9,1	6,23
27/03/2017	27	6,59	0	41,9	6,55					
32	33222000	Mearim	Rio Ouveires	Barra Do Corda	26/03/2014	27,00	5,56	6,91	19,00	9,24
					03/07/2014	25,00	5,51	3,38	15,00	8,92
					27/09/2014	26,50	5,98	4,11	11,60	7,27
					27/09/2014	26,50	5,98	4,11	10,20	7,27
					15/05/2015	25,70	6,12	0,68	17,50	7,45
					24/08/2015	25,90	6,20	7,19	6,50	12,72
					28/11/2015	26,80	6,01	0,56	11,30	7,34
					05/05/2016	27,60	5,74	5,12	15,70	7,21
					30/09/2016	26,70	3,64	2,08	10,80	7,44
					22/11/2016	27,90	5,52	2,53	13,20	7,44
					07/07/2017	29,2	5,45	0,28	20,4	7,59
					22/02/2017	26,6	4,8	12,3	23,7	6,65
27/03/2017	26,4	6,56	4,09	18,8	7,53					
24/10/2017	27,5	4,12	8,33	12	7,5					
33	33273000	Mearim	Rio Flores	Joselândia	05/05/2014	26,80	6,45	137,00	102,10	4,37
					30/07/2014	28,00	7,26	32,80	163,90	6,61
					30/10/2014	29,10	7,65	24,80	211,90	6,51
					11/05/2015	28,70	7,33	53,20	266,00	5,93

(continuação)

					01/09/2015	25,10	7,69	25,10	219,70	6,50
					26/04/2016	29,90	7,39	54,20	262,00	5,97
					12/08/2016	29,20	8,00	27,70	230,80	6,24
					10/11/2016	29,20	7,53	17,80	251,80	9,17
					25/02/2017	29,1	5,71	111	191,7	8,9
					30/06/2017	27,6	6,65	34,3	183,1	7,85
					28/03/2017	31,3	6,45	68,9	210,9	6,27
					20/10/2017	30	7,13	29,3	197,8	6,46
34	33215000	Mearim	Rio Corda ou Capim	Barra Do Corda	27/03/2014	27,00	5,70	5,18	10,00	9,10
					08/07/2014	24,00	5,53	4,41	9,00	9,75
					25/09/2014	26,50	6,13	4,17	9,00	8,15
					25/09/2014	26,50	6,13	4,17	8,20	8,15
					21/05/2015	26,20	6,38	0,22	8,99	8,22
					27/08/2015	26,20	6,58	0,85	34,10	8,19
					29/04/2016	29,40	6,77	7,99	35,00	7,29
					25/08/2016	27,00	3,16	6,51	8,10	8,05
					28/11/2016	27,90	5,22	2,62	7,70	8,23
					23/02/2017	27,16	4,68	9,53	14,80	6,99
					20/10/2017	28,00	4,18	8,83	4,60	8,10
					22/03/2017	27,20	5,52	6,70	11,50	8,09
35	33250000	Mearim	Rio Mearim	Barra Do Corda	04/07/2017	25,70	5,42	1,30	6,50	7,43
					28/03/2014	28,00	5,76	26,40	51,00	8,92
					04/07/2014	26,00	5,52	8,89	38,00	8,50
					26/09/2014	31,00	7,21	6,87	24,60	7,45
					26/09/2014	31,00	7,21	6,87	25,90	7,45
					22/05/2015	27,60	7,35	13,30	48,20	7,39
					31/08/2015	27,30	7,28	2,31	7,50	7,36
					02/05/2016	27,50	6,67	10,96	9,60	7,96
					29/08/2016	29,10	3,60	2,97	25,40	7,71
					24/11/2016	29,20	6,81	7,02	24,40	9,14
					25/10/2017	29,00	6,73	10,50	27,00	7,23
					10/07/2017	25,50	6,49	6,30	37,20	7,82
21/03/2017	27,40	6,36	131,00	58,50	7,18					
21/02/2017	27,80	6,43	10,10	15,50	7,42					
36	33333000	Mearim	Rio das Balsas	Arame	02/07/2014	29,00	7,80	18,70	201,20	7,64
					01/10/2014	32,00	8,08	16,90	151,20	7,26
					20/04/2015	29,00	7,10	45,00	126,30	6,33
					03/08/2015	29,60	7,54	7,85	160,90	7,43
					09/11/2015	29,00	8,40	15,10	181,00	7,81
					31/03/2016	31,50	6,98	10,80	139,00	6,92
					27/07/2016	26,70	7,80	8,33	179,30	8,54
					28/03/2017	28,1	6,51	0	83,1	7,01
					11/05/2017	29,3	6,99	6,53	9,1	5,62
09/08/2017	29,7	7,68	26,7	175,8	8,25					
37	33281000	Mearim	Rio Mearim	Pedreiras	09/05/2014	27,60	6,75	79,90	141,70	5,72
					01/08/2014	29,00	7,27	34,20	60,00	7,54
					31/10/2014	30,20	7,48	34,40	57,50	7,57
					02/03/2015	30,00	7,21	61,70	52,20	7,65
					10/06/2015	29,37	7,38	30,80	85,40	7,35
					02/10/2015	32,10	7,12	26,10	51,50	7,19
20/05/2016	31,20	7,07	39,50	68,90	7,43					

(continuação)

					14/09/2016	32,00	7,87	6,02	55,50	7,69
					03/03/2017	27,26	6,11	89,00	77,10	4,68
					02/05/2017	30,00	6,91	270,00	90,40	5,46
					28/06/2017	31,00	6,55	19,20	71,50	7,87
					12/09/2017	30,50	7,04	32,20	60,60	7,59
38	33190000	Mearim	Rio Pindaré	Pindaré - Mirim	09/05/2014	27,60	6,75	79,90	141,70	5,72
					01/08/2014	29,00	7,27	34,20	60,00	7,54
					31/10/2014	30,20	7,48	34,40	57,50	7,57
					02/03/2015	30,00	7,21	61,70	52,20	7,65
					10/06/2015	29,37	7,38	30,80	85,40	7,35
					02/10/2015	32,10	7,12	26,10	51,50	7,19
					20/05/2016	31,20	7,07	39,50	68,90	7,43
					14/09/2016	32,00	7,87	6,02	55,50	7,69
					22/09/2017	31,00	6,51	34,50	271,00	7,07
					06/07/2017	30,00	6,45	70,10	219,40	7,12
					26/04/2017	31,00	6,74	38,70	113,90	3,67
					03/03/2017	27,30	6,10	34,80	82,70	3,84
					39	33286000	Mearim	Rio Mearim	São Luís Gonzaga Do Maranhão	08/05/2014
05/08/2014	30,00	7,34	38,50	57,10						7,68
04/11/2014	31,30	7,82	35,40	51,50						8,02
04/03/2015	30,00	6,87	35,70	54,60						7,53
16/06/2015	31,10	7,39	26,90	74,20						8,11
06/10/2015	31,90	7,03	22,80	52,70						7,50
24/05/2016	31,80	7,22	32,40	68,30						7,44
20/09/2016	32,00	7,88	13,60	56,70						8,22
03/07/2017	30	6,7	40,7	74,2						7,28
24/02/2017	28,6	6,06	74	57,8						3
40	33631000	Mearim	Rio Tapuio	São Mateus Do Maranhão	03/05/2017	29	6,97	276	94,6	5,37
					14/09/2017	30,9	7,22	32,3	59,8	8,13
					29/07/2014	28,90	6,92	76,50	164,80	3,18
					11/02/2015	27,70	10,00	40,00	320,50	4,47
					25/06/2015	29,00	6,48	24,40	133,20	1,95
					26/02/2016	29,00	6,31	41,60	103,70	3,44
					13/05/2016	30,10	6,43	44,70	112,60	2,40
41	33780000	Munim	Rio Munim	Nina Rodrigues	07/07/2017	27,7	6,33	12,1	908,5	2,59
					21/03/2017	29,4	5,3	10	88,5	1,6
					09/05/2014	27,60	6,75	79,90	141,70	5,72
					01/08/2014	29,00	7,27	34,20	60,00	7,54
					31/10/2014	30,20	7,48	34,40	57,50	7,57
					02/03/2015	30,00	7,21	61,70	52,20	7,65
					10/06/2015	29,37	7,38	30,80	85,40	7,35
					02/10/2015	32,10	7,12	26,10	51,50	7,19
					20/05/2016	31,20	7,07	39,50	68,90	7,43
					14/09/2016	32,00	7,87	6,02	55,50	7,69
					03/07/2017	28,1	5,71	90,6	909,7	7,19
					20/10/2017	30,36	5,1	14	37	7,51
42	33730000	Munim	Rio Munim	Vargem Grande	28/11/2017	29,9	5,37	43	908	7,84
					28/03/2017	28,6	5,6	24,8	42,8	4,1
					02/05/2014	28,84	6,23	42,60	54,60	5,00
					07/08/2014	28,00	6,75	39,70	244,00	7,71
					07/11/2014	30,00	6,86	69,50	280,00	7,46

(continuação)

					10/03/2015	27,00	5,68	89,40	100,60	6,24
					19/06/2015	31,60	6,37	78,70	139,90	6,95
					09/10/2015	30,20	6,60	56,20	289,60	7,03
					03/06/2016	30,70	6,89	64,20	224,10	6,65
					22/09/2016	30,50	7,21	14,00	306,10	7,32
					30/01/2017	29,1	5,61	102	72,3	5,85
					21/06/2017	29	6,41	114	69,9	6,39
					28/04/2017	28	7,09	30,6	32,6	4,03
					24/03/2017	27,84	8,67	43,6	57,6	4,23
43	33750000	Munim	Rio Preto	Chapadinha	01/04/2014	27,00	5,62	5,14	11,00	8,28
					07/07/2014	25,00	5,48	2,32	10,00	8,36
					30/09/2014	28,20	5,86	2,73	7,60	7,15
					30/09/2014	28,20	5,86	2,73	8,20	7,15
					24/07/2015	25,60	6,04	2,72	1,80	6,63
					18/11/2015	27,70	6,20	2,24	9,20	7,53
					15/04/2016	27,00	5,57	2,15	94,30	7,75
					09/08/2016	25,30	4,84	6,21	8,80	7,70
					20/10/2016	27,80	5,65	6,56	9,40	5,55
					17/10/2017	31,5	4,84	22,1	34,7	7,32
					30/11/2017	29,3	4,83	30,5	911,7	8,26
					27/06/2017	28,9	5,48	14,8	41,3	7,51
					18/03/2017	30,3	4,7	49,9	39	6,93
44	33760000	Munim	Rio Preto	São Benedito do Rio Preto	29/07/2014	28,90	6,92	76,50	164,80	3,18
					11/02/2015	27,70	10,00	40,00	320,50	4,47
					25/06/2015	29,00	6,48	24,40	133,20	1,95
					26/02/2016	29,00	6,31	41,60	103,70	3,44
					13/05/2016	30,10	6,43	44,70	112,60	2,40
					29/06/2017	30,1	5,08	8,63	47,1	7,31
					19/10/2017	31,98	4,65	12,8	40,8	6,33
					29/11/2017	29,1	4,974	13	912,3	8,06
					15/03/2017	28,4	5,1	71,7	52,3	7,05
45	33770000	Munim	Rio Iguará	Vargem Grande	08/05/2014	27,00	5,43	72,00	40,00	5,12
					05/08/2014	31,50	6,34	24,30	55,00	7,27
					04/11/2014	31,00	6,14	11,10	39,80	7,39
					29/01/2015	31,00	9,35	13,90	8,00	5,00
					30/06/2015	31,00	6,15	38,50	48,30	6,30
					13/10/2015	33,10	6,57	10,20	38,70	7,57
					01/03/2016	31,50	6,60	89,30	47,30	6,43
					19/05/2016	30,80	6,14	37,10	43,00	5,86
					30/08/2016	30,70	5,95	12,10	38,70	7,40
					30/06/2017	29,5	6,46	71,7	913,5	6,08
					17/03/2017	27,7	5,26	31,8	26,6	2,7
46	33790000	Munim	Rio Mocambo	Urbano Santos	10/05/2014	27,00	5,50	74,20	47,00	4,80
					07/08/2014	31,70	6,74	81,40	75,20	7,02
					06/11/2014	30,00	6,70	125,00	86,70	6,60
					04/02/2015	32,00	9,82	105,00	21,50	6,35
					17/06/2015	31,00	6,21	47,40	63,30	5,98
					02/03/2016	31,10	6,80	98,30	64,00	6,10
					31/05/2016	31,10	6,28	53,00	87,00	5,91
					29/11/2017	30,2	4,75	6,57	912,4	7,7
					28/06/2017	28,5	5,02	9,09	39	7,09

(continuação)

					18/10/2017	29,8	4,55	4,93	34,1	5,64
					16/03/2017	27,2	4,9	9,57	49,3	7,27
47	34010000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Alto Parnaíba	31/03/2014	26,80	6,32	78,70	35,80	7,75
					08/07/2014	24,50	6,13	8,70	8,31	8,17
					24/09/2014	27,00	6,65	11,00	7,50	7,62
					30/06/2015	25,20	6,69	7,90	6,90	7,82
					03/12/2015	31,00	6,38	32,20	7,50	7,07
					14/03/2016	29,00	7,14	1101,00	14,40	7,00
					18/07/2016	25,40	6,27	4,87	7,20	0,28
					29/09/2016	28,20	6,70	131,00	8,40	6,53
					22/11/2017	28,2	5,48	13,8	8,2	7,5
					10/08/2017	25,2	5,94	7,47	4,9	7,3
					25/03/2017	28,2	5,59	249	16,3	6,46
					02/02/2017	30	6,52	95,2	10,1	7,63
48	34142000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Sambaíba	25/03/2014	25,80	6,63	23,40	38,50	7,46
					02/07/2014	24,70	6,62	15,60	32,90	7,97
					03/10/2014	26,30	7,00	73,10	31,70	6,88
					24/07/2015	24,60	6,12	5,65	26,70	7,82
					05/11/2015	26,90	6,81	10,10	26,10	7,46
					06/04/2016	27,20	6,40	2,40	27,00	7,18
					15/07/2016	23,60	6,25	6,30	28,70	7,47
					14/10/2016	26,00	7,11	57,00	33,40	6,95
					17/11/2017	26,13	6,29	14,2	38,1	7,85
					23/03/2017	26	6,18	25,1	29,3	7
										02/08/2017
					03/02/2017	26	6,65	43,9	42,7	6,86
49	34988000	Parnaíba	Rio Parnaíba	São Bernardo	02/06/2014	29,00	5,35	16,10	50,30	7,71
					02/09/2014	29,00	5,58	23,40	93,40	7,67
					20/05/2015	30,50	5,90	26,60	46,00	6,20
					26/08/2015	30,00	5,33	14,50	54,10	6,62
					17/05/2016	30,40	5,36	47,30	88,10	6,58
					09/09/2016	29,40	5,37	19,30	51,10	6,06
					01/06/2017	32	4,55	26,1	86,9	6,07
					20/10/2017	31,6	4,49	30,5	57,3	7,35
					02/05/2017	30	5,79	18,6	82	0,47
					17/02/2017	27,9	5,88	52,6	911,3	6,34
50	34311000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Barão de Grajaú	24/01/2014	28,60	7,89	64,90	31,00	6,52
					30/05/2014	29,40	7,31	23,90	38,80	7,25
					25/08/2014	27,80	7,64	15,90	28,00	7,58
					01/04/2015	29,20	7,21	32,60	25,90	7,35
					22/07/2015	28,40	7,61	9,88	25,50	7,68
					03/11/2015	31,00	7,53	28,50	20,90	7,61
					29/03/2016	29,90	7,04	42,50	34,80	7,95
					02/08/2016	27,07	6,68	4,61	28,80	0,33
					28/10/2016	30,40	5,96	12,60	21,50	6,90
					15/06/2017	29	7,1	26,2	29,5	8,19
					25/01/2017	28,8	6	73,3	23,8	6,65
										14/03/2017
					19/04/2017	29,2	7,22	41,7	31,1	7,51
51	34140000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Balsas	21/03/2014	26,40	6,90	28,40	41,30	7,30
					30/06/2014	25,50	6,44	19,00	22,90	7,41

(continuação)

					02/10/2014	26,90	6,93	11,10	20,90	6,76
					27/07/2015	25,00	5,87	8,83	18,20	7,05
					04/11/2015	29,50	6,86	9,40	19,30	7,31
					06/04/2016	29,30	6,65	8,28	23,80	7,32
					14/07/2016	25,70	6,14	10,00	18,90	7,28
					18/10/2016	28,50	5,90	56,80	19,70	6,35
					21/11/2017	26,56	6,39	21,2	41,4	4,81
					22/03/2017	27	6,06	32,8	32,3	5,38
					07/08/2017	26,34	6,98	6,87	16,8	5,9
					07/02/2017	27	6,64	30,9	34,9	7,81
52	34160000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Sambaíba	19/03/2014	27,50	6,90	52,90	25,40	7,47
					26/06/2014	26,10	6,80	15,70	22,50	7,91
					08/10/2014	28,10	7,32	11,00	18,00	7,72
					29/07/2015	26,90	6,16	9,45	15,70	7,55
					14/11/2015	29,50	7,19	12,60	13,40	7,80
					30/03/2016	30,70	6,93	16,00	23,60	7,11
					19/07/2016	26,10	6,26	5,05	15,30	7,78
					10/10/2016	29,00	7,12	67,50	18,30	7,49
					21/03/2017	27	6,48	73,4	35,8	7
					08/11/2017	27,18	6,27	130	32,2	8,02
					01/02/2017	29	6,73	34,5	25,3	8,18
					10/08/2017	26,78	7,31	4,65	14	4,96
53	34170000	Parnaíba	Rio Parnaíba	São Félix de Balsas	10/07/2014	26,00	7,26	9,30	10,02	5,03
					24/09/2014	29,00	7,12	6,01	15,60	7,53
					01/04/2015	28,00	7,09	36,00	15,90	7,75
					16/11/2015	30,90	7,34	12,80	14,30	7,88
					29/03/2016	30,80	6,50	11,10	22,60	6,25
					18/07/2016	27,30	6,38	6,75	16,50	7,91
					07/10/2016	30,00	6,92	68,10	16,30	7,45
					13/02/2017	27	6,68	287	36,7	7,49
					28/07/2017	26,26	6,99	8,7	15,9	4,28
					10/11/2017	28,01	6,39	53	26,6	5,78
					18/03/2017	27	6,68	90,2	34	7,74
54	34820000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Coelho Neto	24/05/2014	30,00	7,73	41,00	39,30	7,40
					29/08/2014	31,00	8,24	15,40	19,80	7,44
					28/05/2015	31,58	7,27	29,20	6,00	6,97
					21/08/2015	32,00	7,26	44,20	32,10	7,03
					10/12/2015	31,40	7,24	16,50	28,70	7,72
					20/05/2016	31,70	7,48	31,20	45,00	8,17
					26/08/2016	30,20	7,17	17,20	22,50	7,30
					08/11/2017	31,4	6,78	25,7	31,6	8,11
					11/05/2017	31	7,62	55,9	51,3	0,52
					09/03/2017	30,5	6,41	111	41,5	7
					31/05/2017	32	6,36	43,1	55,5	7,29
55	34145000	Parnaíba	Rio Parnaíba	São Raimundo das Mangabeiras	18/03/2014	26,60	6,80	68,70	38,30	7,44
					25/06/2014	24,20	6,93	18,60	24,60	7,89
					07/10/2014	25,80	7,21	12,90	21,10	7,73
					02/04/2015	26,70	6,49	44,60	23,79	6,94
					30/07/2015	24,20	6,22	13,60	21,00	7,82
					13/11/2015	29,20	7,33	15,70	18,20	7,80
					31/03/2016	27,60	6,91	12,20	28,40	7,56

(continuação)

					15/07/2016	25,10	6,51	9,17	20,20	8,03
					11/10/2016	27,40	7,37	66,20	18,50	7,60
					09/11/2017	26,61	6,23	13,4	17,4	4,71
					20/03/2017	27	6,39	127	39,3	6,89
					31/01/2017	27	6,68	27,2	20,9	7,74
					09/08/2017	26,59	7,39	12,1	26,59	7,24
56	34030000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Alto Parnaíba	01/04/2014	27,60	6,19	87,00	9,03	7,79
					05/07/2014	24,40	6,27	19,30	7,31	8,14
					29/09/2014	27,90	6,65	17,80	6,20	7,58
					26/06/2015	26,60	6,53	13,00	5,80	7,84
					04/12/2015	28,30	6,31	18,20	6,70	7,47
					11/03/2016	27,50	5,63	355,00	5,90	7,40
					13/07/2016	32,00	6,00	9,37	5,40	0,29
					23/09/2016	27,50	6,61	18,30	5,50	6,84
					21/11/2017	27,3	5,6	37,1	8,8	7,57
					15/08/2017	23,4	4,15	9,96	5,4	7,3
					27/03/2017	26,9	6,33	159	9,6	6,5
03/02/2017	27	5,88	226	7,1	7,71					
57	34130000	Parnaíba	Rio das Balsas	Balsas	24/03/2014	27,00	6,09	16,40	7,10	7,80
					01/07/2014	26,10	6,22	9,17	6,32	8,01
					01/10/2014	27,70	6,61	5,21	5,40	6,64
					08/04/2015	28,00	5,96	11,70	5,97	8,26
					21/07/2015	24,90	5,48	2,78	3,90	7,90
					07/04/2016	28,60	6,03	2,57	6,20	7,75
					18/07/2016	25,20	6,02	8,18	6,90	7,94
					06/02/2017	27	5,5	40,3	4,4	7,61
					31/07/2017	25,07	6,33	1,9	10,9	4,3
					24/03/2017	27	5,42	11	5,2	7,58
18/11/2017	26,53	5,46	21,6	4,4	4,99					
58	34020000	Parnaíba	Rio Parnaíba	Alto Parnaíba	29/03/2014	27,30	6,71	243,00	25,10	7,56
					08/07/2014	25,90	6,66	11,50	7,99	7,89
					25/09/2014	27,40	6,97	13,30	10,20	7,61
					19/03/2015	28,00	6,76	60,30	13,80	7,88
					01/07/2015	25,40	6,87	8,54	10,20	7,80
					02/12/2015	28,00	6,61	181,00	14,30	7,32
					10/03/2016	28,40	6,81	75,50	16,40	7,16
					19/07/2016	30,00	6,42	6,44	8,20	0,26
					28/09/2016	28,00	6,71	57,00	8,90	6,44
					01/02/2017	26	6,79	62,1	12,9	7,55
					20/11/2017	28,6	6,03	184	17,1	7,34
					16/08/2017	25,8	6,07	11,1	5,5	7,3
28/03/2017	26,8	6,98	234	20,9	6,42					
59	33700000	Preguiças	Rio Preguiças	Barreirinhas	29/05/2014	27,00	5,00	11,50	17,40	7,97
					25/08/2014	29,00	5,17	4,32	30,70	7,81
					07/05/2015	29,50	4,90	5,92	0,00	7,30
					25/09/2015	28,00	4,91	5,03	38,20	6,36
					07/12/2015	29,40	4,89	4,60	42,40	7,63
					16/05/2016	29,00	4,89	12,50	47,20	7,16
					13/09/2016	29,10	4,93	10,00	31,00	6,68
					16/11/2016	30,30	5,58	13,20	42,80	7,65
18/02/2017	28,2	4,77	9,09	560,4	7,16					

(continuação)

					09/05/2017	28	5,77	7,3	44,6	0,42
					02/06/2017	28	4,93	6,78	48	5,8
					23/10/2017	29,8	6,92	5,56	41,1	7,44
60	23251000	Tocantins	Rio Itapecuru	Carolina	20/04/2014	26,10	6,91	14,30	0,04	6,85
					17/08/2016	25,60	6,14	2,90	8,30	7,47
					21/04/2017	26,2	6,57	30	26	7
					11/07/2017	23,6	7,26	30	8	7,73
					21/04/2017	26,2	6,57	30	26	7
61	23650000	Tocantins	Rio Lajeado	Lajeado Novo	03/07/2014	26,00	7,70	5,97	157,70	8,02
					07/10/2014	27,60	7,44	7,06	125,30	7,74
					21/04/2015	27,00	7,70	14,70	136,20	6,20
					30/07/2015	25,50	6,64	3,86	25,50	6,20
					11/11/2015	27,80	7,54	27,80	117,00	5,66
					30/03/2016	29,00	7,74	9,84	118,10	6,88
					01/08/2016	25,70	7,07	5,18	139,80	7,13
					12/05/2017	27,1	7,45	8,57	9,1	7,22
					11/08/2017	27,1	7,3	9,93	155,8	6,75
					29/03/2017	26,9	7,04	0	91	6,38
62	23610000	Tocantins	Rio Itaueiras	Porto Franco	13/02/2014	26,30	7,48	46,00	100,10	6,45
					13/06/2014	26,90	7,47	9,78	124,50	6,47
					28/09/2015	29,00	8,00	0,29	101,90	5,10
63	32850000	Turiaçu	Rio Paruã	Turiaçu	29/10/2014	29,20	7,00	14,60	48,00	7,28
					17/03/2015	26,80	13,10	17,06	40,80	6,24
					15/03/2016	27,30	6,31	47,81	30,05	5,63
64	32830000	Turiaçu	Rio Turiaçu	Monção	28/10/2014	30,90	6,60	10,80	68,60	7,55
					18/03/2015	26,90	5,53	17,80	41,50	5,44
					14/03/2016	27,00	6,00	38,00	39,90	6,00
					01/02/2017	27	7,57	94,44	44,9	6,2

ANEXO D: Declaração de Submissão



19 de setembro de 2018.

DECLARAÇÃO DE SUBMISSÃO

Prezados Autores
Adriana Marques Silva e Maurício Dziedzic

Seu artigo intitulado "**Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais do Maranhão com Índice de Qualidade da Água Modificado**" referência **RBC 387** foi recebido pela Revista Brasileira de Ciências Ambientais, aprovado na pré análise e será encaminhado para revisão por pares.

Atenciosamente,

Soraia Fernandes

Soraia Fernandes
Editoria Científica - Publicações
soraia.fernandes@abes-dn.org.br



Revista Brasileira de Ciências Ambientais