

IV-286 - UTILIZAÇÃO DE ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) MODIFICADO NA AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS DE ALTERAÇÃO DE ENQUADRAMENTO DE CORPOS RECEPTORES (ESTUDO DE CASO)

Déborah Santos de Sousa ⁽¹⁾⁽²⁾

Estudante de Engenharia Ambiental na Universidade de Brasília. Atualmente é estagiária na gerência de Recursos Hídricos e Segurança de Barragem na Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Mauro Roberto Felizatto ⁽²⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Uberlândia (1985). Mestre (2000) e Doutor (2017) em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (Engenharia Civil e Ambiental/Faculdade de Tecnologia) pela Universidade de Brasília. Atualmente é Engenheiro Sênior (Analista de Sistemas de Saneamento III) na gerência de Recursos Hídricos e Segurança de Barragem na CAESB.

Carlo Renan Cáceres de Brites ⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2004). Mestre (2008) em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Atualmente é engenheiro (Analista de Sistemas de Saneamento) na gerência de Recursos Hídricos e Segurança de Barragem na CAESB.

Ligia Silva Viveiros Gurgel ⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2004). Mestre (2008) em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Atualmente é engenheira (Analista de Sistemas de Saneamento) na gerência de Recursos Hídricos e Segurança de Barragem na CAESB.

Endereço⁽¹⁾: SHVP Rua 3B chácara 38 – Brasília - DF- CEP: 72005-585 - Brasil - Tel: (61) 98403-2473 - e-mail: desousadeborah@hotmail.com

RESUMO

O enquadramento das águas em classes é essencial na adequação de sua qualidade para seus diversos usos. Neste caso, é recomendável a utilização do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), que indica a situação global do enquadramento, sendo de fácil compreensão tanto pelos gestores quanto o público em geral. Uma modificação proposta em seu cálculo, considerando intervalos móveis dos dados, pode torná-lo uma ferramenta de gestão de corpos hídricos, já que torna mais imediato o acompanhamento da situação de enquadramento. Além disso, é possível avaliar de forma rápida e primária propostas de alteração do enquadramento. Assim, este índice modificado foi aplicado em dois pontos do rio Melchior, corpo receptor de classe 4 das ETEs Samambaia e Melchior, no Distrito Federal, considerando alterações para as classes 3 e 2. Considerando a qualidade da água entre 2015 e 2018, os resultados indicaram que haveria maior conformidade do corpo hídrico considerando alteração para Classe 3 do que para Classe 2, não prescindindo, no entanto, de ações de melhoria da qualidade da água do rio Melchior, seja por ações de fiscalização e controle nas áreas adjacentes ou mesmo na operação das duas ETEs que lançam efluentes finais no referido corpo d'água. Além disso, a aplicação do ICE modificado evidenciou a recente tendência de deterioração da qualidade do rio Melchior através dos resultados de menores índices atingidos nos últimos dois anos.

PALAVRAS-CHAVE: ICE, WQI, corpos receptores, gestão de recursos hídricos, enquadramento.

INTRODUÇÃO

O enquadramento dos corpos d'água, estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) caracteriza-se como um relevante instrumento de gestão, visto que são estabelecidas metas de qualidade da água a serem mantidas ou obtidas ao longo do tempo. Tais metas são descritas através de diferentes classes, contidas na Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que varia, para as águas doces, desde Classe especial, de uso mais nobre, até a Classe 4, compatível com usos menos restritivos. Nesta Resolução estão definidos ainda os limites para diversas variáveis orgânicas e inorgânicas para cada classe. A proposta de enquadramento deve ser feita através dos Comitês de Bacia, os quais devem considerar além da condição atual do corpo hídrico e os seus usos desejados, também a viabilidade técnica e econômica de sua despoluição aos objetivos propostos (ANA, 2012).

No Distrito Federal, o enquadramento dos corpos d'água superficiais foi deliberado pelo Conselho de Recursos Hídricos (CRH/DF), e está contido na Resolução nº 002/2014. (DISTRITO FEDERAL, 2014). Nesta localidade, encontra-se a bacia do rio Descoberto, manancial cujo reservatório é responsável pelo abastecimento de água potável da maior parte da população do DF. Um de seus afluentes localizados a jusante do reservatório é o rio Melchior, corpo receptor dos efluentes finais de duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE Melchior e ETE Samambaia), as quais tratam os esgotos sanitários oriundos de cinco Regiões Administrativas (RAs): Ceilândia, Samambaia, Taguatinga, Vicente Pires e Águas Claras.

Neste contexto, a avaliação individual de um grande número de variáveis de qualidade monitoradas em comparação com seus valores limites pode levar a uma análise laboriosa, dificultando a caracterização da situação do enquadramento. Assim, é vantajosa a aplicação de índices de qualidade da água, e em particular, o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).

Baseado no CCME-WQI, desenvolvido pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente, o ICE agrega estatisticamente a abrangência, a frequência e a amplitude das inconformidades de variáveis observadas em comparação com valores limite pré-estabelecidos. Uma modificação no cálculo é proposta com intuito de possibilitar a avaliação do comportamento do enquadramento no decorrer de certo período de tempo, na medida em que o cálculo é realizado a partir de intervalos móveis de dados de qualidade. A partir do valor numérico obtido, pode-se classificar o enquadramento, com resultados que podem ser facilmente compreendidos por tomadores de decisão e o público em geral (AKBAR, 2013). Além disso, a metodologia simples do índice torna possível verificar a eficácia de ações de despoluição efetuadas e analisar propostas de alteração de enquadramento, uma vez que os valores objetivos podem ser facilmente editados no cálculo.

O enquadramento deliberado pela referida Resolução nº 002/2014 (DISTRITO FEDERAL, 2014) enquadra o rio Melchior como sendo de Classe 4, isto é, águas destinadas à navegação, harmonia paisagística, e usos menos exigentes. No entanto, devido à carência de limites às variáveis de qualidade para Classe 4- em razão dos usos menos nobres atribuídos a esta classe -, e ainda, considerando o potencial de reuso hídrico indireto, já observado no DF no caso do Lago Paranoá, foi calculado o ICE modificado para um cenário de alteração no enquadramento deste corpo hídrico para Classe 3, referente a águas destinadas ao consumo humano após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, bem como à dessedentação de animais. A título comparativo, foi avaliado também o enquadramento para uma classificação ainda mais restritiva, a Classe 2, destinada, dentre outras finalidades, ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à recreação de contato primário e à irrigação e à criação de espécies destinadas à alimentação humana.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a alteração do enquadramento do rio Melchior de Classe 4 para as Classes 2 e 3 através da aplicação do ICE modificado entre janeiro de 2015 e novembro de 2018 em um ponto do rio à jusante dos lançamentos dos efluentes finais das ETEs Samambaia e Melchior. Ambas as ETEs possuem tratamento baseado em Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB, na sigla em inglês), sendo seguido de reator aeróbio, para a ETE Melchior; e para a ETE Samambaia, seguido de Lagoa Facultativa, Lagoa de alta taxa, Lagoa de polimento e polimento final.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ICE modificado proposto é uma adaptação de um modelo de índice de qualidade da água CCME WQI, desenvolvido pelo Conselho de Ministros do Meio Ambiente Canadense – *Canadian Council of Ministers of the Environment* - (CCME, 2017). Trata-se de um índice resultante da agregação de três fatores (F_1 , F_2 e F_3 , representados pelas Equações 1 a 7), como segue:

- F_1 – Abrangência/Espaço: refere-se ao número de variáveis que não estiveram dentro dos limites estabelecidos ao menos uma vez no período considerado.

$$F_1 = \frac{\text{número de variáveis com ao menos uma falha}}{\text{Número total de variáveis}} * 100 \quad \text{equação (1)}$$

- F_2 – Frequência: representa o número de vezes em que as variáveis estiveram em desconformidade com o limite estabelecido, em relação ao número total de observações.

$$F_2 = \frac{\text{Número de testes inconformes}}{\text{Número total de testes}} * 100$$

equação (2)

- F_3 - Amplitude: diz respeito à distância da inconformidade, isto é, entre o valor limite objetivo e o valor observado.

Este fator é calculado em três etapas. Inicialmente, calcula-se a variação de cada teste:

se o valor objetivo é um limite máximo,

$$\text{variação} = \left(\frac{\text{Valor do teste que falhou}}{\text{Objetivo}_i} \right) - 1$$

equação (3)

se o valor objetivo é um limite mínimo,

$$\text{variação} = \left(\frac{\text{Objetivo}_i}{\text{Valor do teste que falhou}} \right) - 1$$

equação (4)

Posteriormente, é computada uma soma normalizada das variações (snv)

$$\text{snv} = \left(\frac{\sum_1^N \text{Variações}_i}{\text{Número total de testes}} \right) * 100$$

equação (5)

Em seguida, o fator F_3 é calculado normalizando-se snv para valores entre 1 e 100.

$$F_3 = \frac{\text{snv}}{0,01 * \text{snv} + 0,01}$$

equação (6)

Posteriormente, faz-se a composição destes 3 fatores, normalizando-se a soma para uma escala de 0 a 100. E por fim, calcula-se o distanciamento entre tal resultado e o número 100, que por sua vez representa uma condição de plena conformidade.

$$\text{ICE} = \text{CCME} - \text{WQI} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732}$$

equação (7)

Deste modo, quanto mais próximo de 100 é o valor de ICE, mais próxima da conformidade plena é o corpo d'água quanto ao seu enquadramento. As faixas de classificação do ICE apresentam-se na Tabela 1, baseada em AMARO e PORTO (2009).

Tabela 1: Categorias do Índice de Conformidade de Enquadramento (ICE) e seus significados quanto a aspectos de qualidade da água.

ICE	Categorias	Significado
$80 \leq \text{ICE} \leq 100$	Conforme	A maioria ou todas as medições estão dentro dos padrões de qualidade da água naquele intervalo de monitoramento
$45 \leq \text{ICE} < 80$	Mediano	As medições estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água
$\text{ICE} < 45$	Não conforme	Os padrões de qualidade da água quase sempre não são atendidos; a maioria ou a totalidade das medições está violando os limites da classe de enquadramento correspondente ao trecho do rio naquele intervalo de monitoramento.

Fonte: adaptado de Amaro e Porto (2009).

Recomenda-se pelo método original do ICE (CCME, 2017) o mínimo de quatro variáveis, e pelo menos quatro dados de monitoramento no período analisado. As variáveis utilizadas neste trabalho foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), *Escherichia coli* (*E. Coli*), Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido (OD), pH e turbidez. Os dados primários foram obtidos junto à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

A modificação principal do método consiste na frequência de aplicação do índice, em que foi estabelecido o passo de uma amostra para o cálculo do índice subsequente, a partir de um número fixo de dados amostrais (cinco) para cada aplicação. Isto é, trata-se de um intervalo móvel de análise, baseado no critério de definição da balneabilidade, em que o resultado se origina de um conjunto de cinco amostras consecutivas, como é descrito na Resolução Conama nº 274/2000 (BRASIL, 2000).

Os afluentes do rio Melchior possuem intensa ocupação urbana pelas RAs de Samambaia, Taguatinga e Ceilândia em sua área de drenagem, em especial nas cabeceiras, e ao longo de seu trecho o rio possui ocupação de atividades tipicamente rurais e presença de pequenas agroindústrias (CAESB, 2016).

A Figura 1 apresenta um mapa de localização da rede de monitoramento da qualidade de água pela CAESB, assim como os pontos de lançamento das Estações de Tratamento de Esgoto na Unidade Hidrográfica do Melchior.

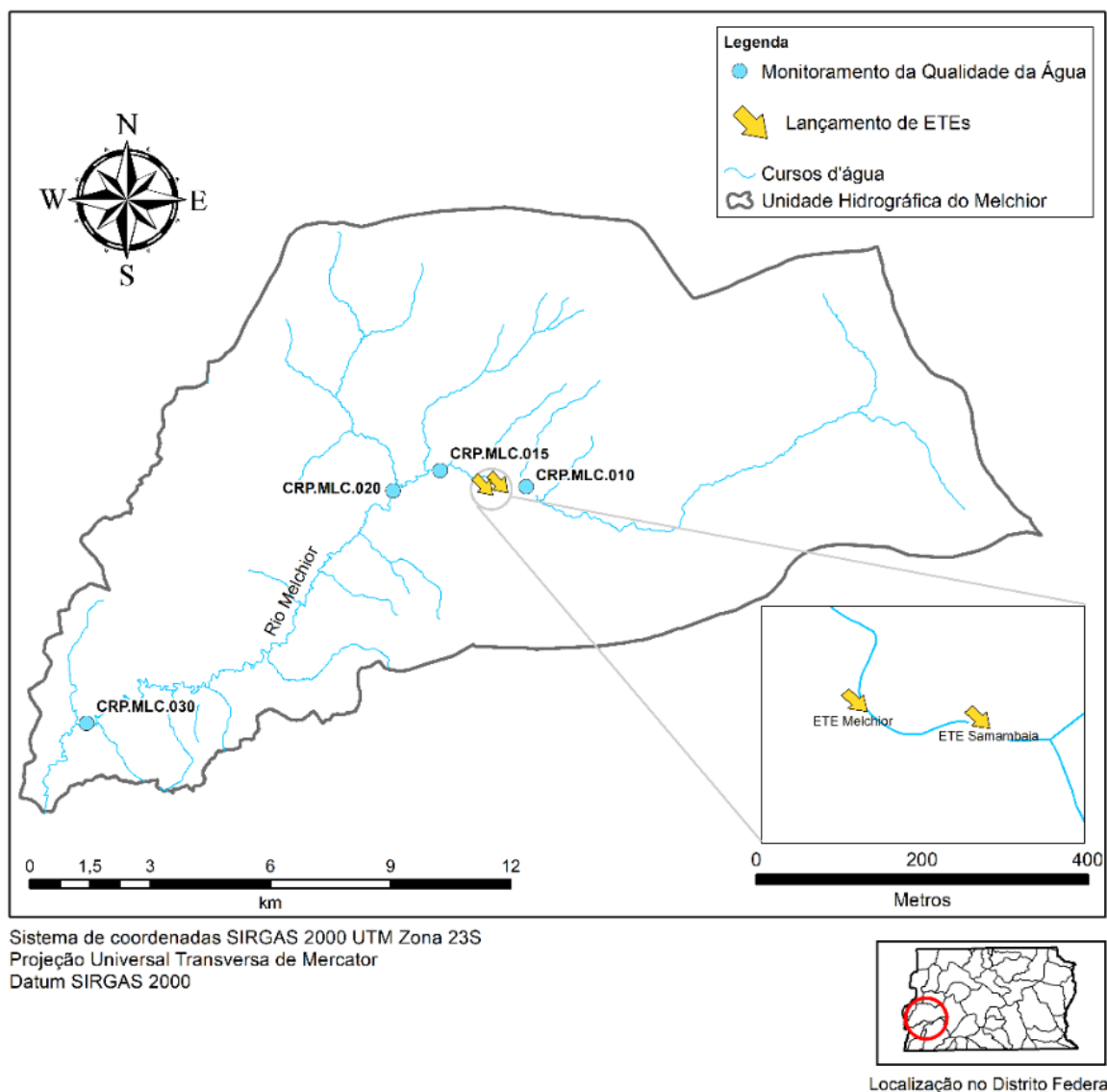


Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento e dos pontos de lançamento das Estações de Tratamento de Esgoto na Unidade Hidrográfica do Melchior. Fonte: Os autores.

Considerando a rede de monitoramento apresentada na Figura 1, foi estabelecido que, idealmente, o cálculo do ICE deveria ser feito preferencialmente no ponto mais à jusante do lançamento (ponto CRP.MLC.030), de modo a incorporar-se o tanto quanto possível o efeito de autodepuração natural do corpo d'água, considerando-se assim que neste local a qualidade seria melhor, e por consequência, o ICE resultaria mais conforme (Sousa *et al.*, 2018). Informações adicionais sobre esta estação de monitoramento apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2: Principais informações sobre os pontos de monitoramento do estudo.

Nome da estação	Descrição	Coordenadas UTM SICAD (metros)		Classe de enquadramento CRH 002/2014	Período de análise
		X	Y		
CRP.MLC.030*	Após confluência do Rio Melchior com o Córrego Salta Fogo junto à rodovia DF-190.	152 051	8 238 445	Classe 4	Jan/2015 a Nov/2018

*A codificação "CRP.MLC" indica que a estação faz parte de uma campanha de monitoramento de Corpos Receptores (CRP), pertencente à Unidade Hidrográfica Melchior (MLC), seguindo a numeração (xxx) a partir da sua nascente.

Fonte: CAESB

O enquadramento deliberado pela Resolução nº 002/2014 (DISTRITO FEDERAL, 2014) enquadra o rio Melchior como sendo de Classe 4, isto é, águas destinadas à navegação, harmonia paisagística, e usos menos exigentes. Neste sentido, em razão da carência de limites às variáveis de qualidade para Classe 4, e ainda, considerando o potencial de reuso hídrico indireto, calculou-se o ICE modificado para um cenário de alteração no enquadramento para Classe 3, e a título comparativo, foi avaliado também o enquadramento para uma classificação ainda mais restritiva, a Classe 2.

RESULTADOS

Os resultados do ICE modificado aplicado às Classes 2 e 3 no rio Melchior em um ponto à jusante do lançamento das ETEs Samambaia e Melchior (CRP.MLC.030) com dados entre Jan/2015 e Nov/2018 estão apresentados na Figura 2.

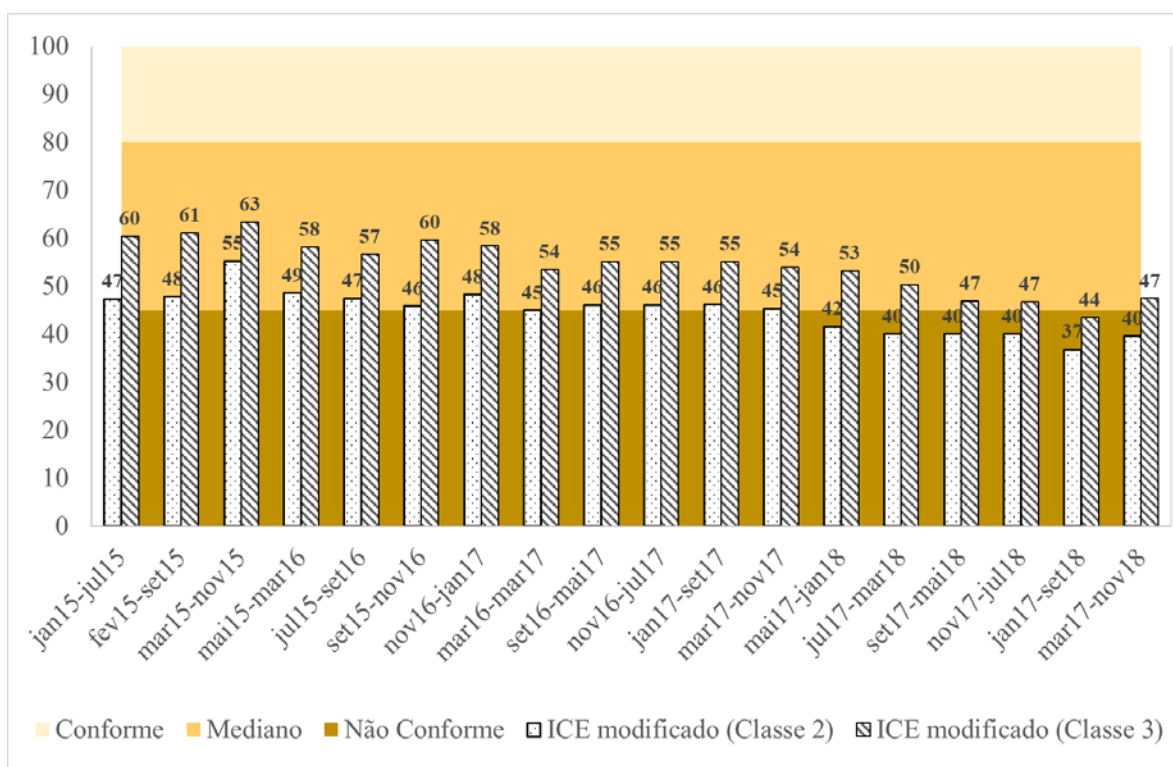


Figura 2: ICE modificado do rio Melchior em um ponto à jusante do lançamento (CRP.MLC.030) das ETES Samambaia e Melchior entre Jan/2015 e Nov/2018. Barras com listras na diagonal representam os resultados considerando Classe 3.

Observa-se uma evidente tendência de diminuição do índice nos últimos dois anos, evidenciada pela maior quantidade de avaliações proporcionada pela aplicação do ICE em intervalos móveis de tempo. Esta tendência pode sugerir recente deterioração da qualidade deste corpo receptor em relação aos limites estabelecidos pelas Classe 2 e 3. É importante destacar que isto apenas se torna explícito quando consideradas tais classes de enquadramento, dada a insuficiência de variáveis com limites estabelecidos para Classe 4 em quantidade que atenda ao critério mínimo de aplicação do ICE.

Os resultados considerando Classe 3 variaram entre 44 e 63. Com exceção de um índice em categoria não conforme (44 no período Jan/2017-Set/2018), a grande maioria dos resultados está incluída na categoria “Mediano”. Isto indica que em um cenário de alteração de Classe 4 para Classe 3 do rio Melchior a porção à extrema jusante do lançamento das duas ETES poderia ter seu enquadramento caracterizando um frequente desacordo das medições com os padrões de qualidade da água. Todavia, por ser uma categoria que sugere aspecto intermediário ao enquadramento referido, então seria possível considerar a viabilidade desta alteração de classes, destacando-se a necessidade, neste caso, da efetuação de ações e medidas que visem melhorar a qualidade da água do rio Melchior, o que pode incluir operações de fiscalização, controle e operação das ETES e das imediações do corpo hídrico.

Por outro lado, o cenário de alteração para Classe 2, de limites mais restritos, apresentaria menor conformidade ao enquadramento, com resultados de ICE modificado entre 37 e 55, sendo que 33% deles está contido na categoria “não conforme”, com destaque ao período de Mai/2017 a Nov/2018. Assim, do ponto de vista da conformidade aferida pela magnitude do índice e da frequência de resultados de ICE nas faixas mediano e conforme, a alteração do enquadramento para a Classe 2 não seria tão viável quanto para a Classe 3, considerando as condições do corpo d’água no triênio 2015-2018.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que a proposta de alteração do enquadramento do rio Melchior de Classe 4 para as Classes 2 e 3 tornou possível avaliar a conformidade deste corpo hídrico em relação aos limites de qualidade descritos na legislação através da metodologia do ICE, sendo que uma modificação considerando intervalos móveis possibilitou o acompanhamento mais imediato da evolução temporal da qualidade do rio. Além disso, a aplicação do ICE modificado evidenciou a recente tendência de deterioração da qualidade do rio Melchior através dos resultados de menores índices atingidos nos últimos dois anos.

A viabilidade de alteração do enquadramento para Classe 3, considerando os resultados do índice e sua categorização, seria mais favorável do que para a Classe 2, não prescindindo, no entanto, de ações de melhoria da qualidade da água do rio Melchior, seja por ações de fiscalização e controle nas áreas adjacentes ou mesmo na operação das duas ETEs que lançam efluentes finais no referido corpo d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKBAR, T.A. (2013) Development and Application of Water Quality Classification Models. University of Calgary. Department of Civil Engineering, Schulich School of Engineering. Calgary, Alberta.
2. AMARO, C. A; PORTO, M. F. A. (2009). Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande/MS.
3. ANA – Agência Nacional de Águas (2012). Enquadramento. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx> Acesso em 10 de maio de 2018.
4. BRASIL (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional 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: Diário Oficial da União.
5. _____ (2000). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 274 de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, DF: Diário Oficial da União.
6. _____ (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União.
7. CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (2016). Estudo de Autodepuração do Rio Melchior e Rio Descoberto/DF. Brasília-DF.
8. CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment (2017). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index User's Manual 2017 update. In: Canadian environmental quality guidelines, 2017, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
9. DISTRITO FEDERAL - DF. (2014). Resolução nº 02 de 17 de dezembro de 2014. Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos. Brasília, DF: Diário Oficial da União.
10. SOUSA, D. S; FELIZATTO, M. R; BRITES, C. R. C.; VIVEIROS, L. S. Análise de tendência de ICE (WQI) modificado em corpos receptores - Estudo de caso no DF (Brasil). In: 18º ENaSB /18º SILUBESA (Encontro Nacional de Saneamento Básico e Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental). Porto/Portugal. 2018. Anais eletrônicos, p. 152.