

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Adilson Ben da Costa¹
Ederson Luis Posselt²
Caren Machado Menezes²
Eduardo A. Lobo¹

RESUMO

Este estudo descreve sobre o desenvolvimento e aplicação de um software para determinação do índice de qualidade da água (IQA), denominado IQAData. Este software foi desenvolvido com base nos modelos de qualidade propostos pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, e permite utilizar até treze variáveis para a determinação do índice de qualidade da água: temperatura, oxigênio dissolvido (saturação de oxigênio), coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Cada variável apresenta uma curva de qualidade que correlaciona valores de concentração versus notas de qualidade (de zero a 100) o que permite uma discussão individual sobre a contribuição de cada variável para a qualidade do recurso hídrico. Este software foi registrado no INPI 10670-2, porém é um software livre e disponível desde outubro de 2010 no site <http://www.unisc.br/ppgspi>.

Palavras-chave: software, qualidade de água, recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

O uso de indicadores de qualidade ambiental é uma importante estratégia em programas de monitoramento e gestão ambiental por permitir que um número elevado de informações técnicas seja convertido em um conceito de qualidade de fácil compreensão. Tipicamente, um número, um símbolo, uma cor ou uma descrição verbal são utilizados para descrever um nível de qualidade.

Com este propósito, os índices de qualidade da água tem sido frequentemente utilizados em Relatórios de Impacto Ambiental (RIMAs), traduzindo, em linguagem acessível, as informações técnicas de Estudo de Impacto Ambiental (EIAs), de modo que

¹ Laboratório de Limnologia, Departamento de Biologia e Farmácia, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS. E-mail: adilson@unisc.br

² Acadêmico do Mestrado em Sistemas e Processos Industriais da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS.

as consequências ambientais de implantação de um empreendimento possam ser compreendidas pela população localizada na sua área de influência (ECOPLAN, 2005; SIMOES et al., 2007; IGAM, 2007; CETESB, 2010; FEPAM, 2010).

De fato, entre as principais vantagens da adoção de um índice de qualidade destaca-se a facilidade de comunicação com o público leigo e o seu maior status quando comparado as variáveis isoladas, por representar uma média de diversas variáveis em um único número ou conceito. (CETESB, 2010; SPERLING, 2007). Contudo, é importante salientar que um índice de qualidade não deve ser adotado como única forma de avaliação ambiental, e sim utilizado para complementar as informações produzidas na avaliação individual de cada parâmetro, incluindo a observância dos padrões de qualidade determinados nas legislações específicas (CETESB, 2010; PARADA & ORTEGA, 2005).

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O índice de qualidade da água (IQA) mais conhecido pela comunidade científica foi o desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, com base numa pesquisa de opinião desenvolvida por Brown et al. (1970), junto a 142 especialistas.

No desenvolvimento deste estudo, 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 a sua importância. Ao todo, foram propostas inicialmente 35 variáveis, contudo, somente o 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. Para cada parâmetro foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota q, pontuada de zero (a pior nota) a 100 (a melhor nota), como pode ser observado na Figura 1 (NSF, 2007).

Tabela 1. Variáveis e respectivos pesos adotados no modelo de IQA da NSF (NSF, 2007).

Variáveis	Unidade de medida	Pesos (wi)
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	0,16
Demanda bioquímica de oxigênio	mgL ⁻¹ , O ₂	0,11
Fosfato total	mgL ⁻¹ , PO ₄	0,10
Nitratos	mgL ⁻¹ , NO ₃	0,10
Oxigênio dissolvido	% Saturação	0,17

pH	-	0,11
Sólidos totais dissolvidos	mgL ⁻¹	0,07
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	uT ou NTU	0,08

Desta forma, o valor de IQA é determinado como o produtório ponderado da qualidade da água das nove variáveis selecionadas, elevadas ao seu respectivo peso (eq. 1). Por fim, a interpretação do valor de IQA se dá por faixas de qualidade, conforme a Tabela 2 (NSF, 2007).

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

Onde: IQA - índice de qualidade da água (0 a 100); q_i - qualidade da variável i obtido através da curva média específica de qualidade (0 a 100); n - números de variáveis utilizadas; w_i - peso atribuído a cada variável, em função de sua importância na qualidade da água (0 a 1).

Tabela 2. Níveis de qualidade da água para o IQA.

Níveis do IQA	Classificação
0 – 25	Muito Ruim
26 – 50	Ruim
51 – 70	Regular
71 – 90	Bom
91 – 100	Excelente

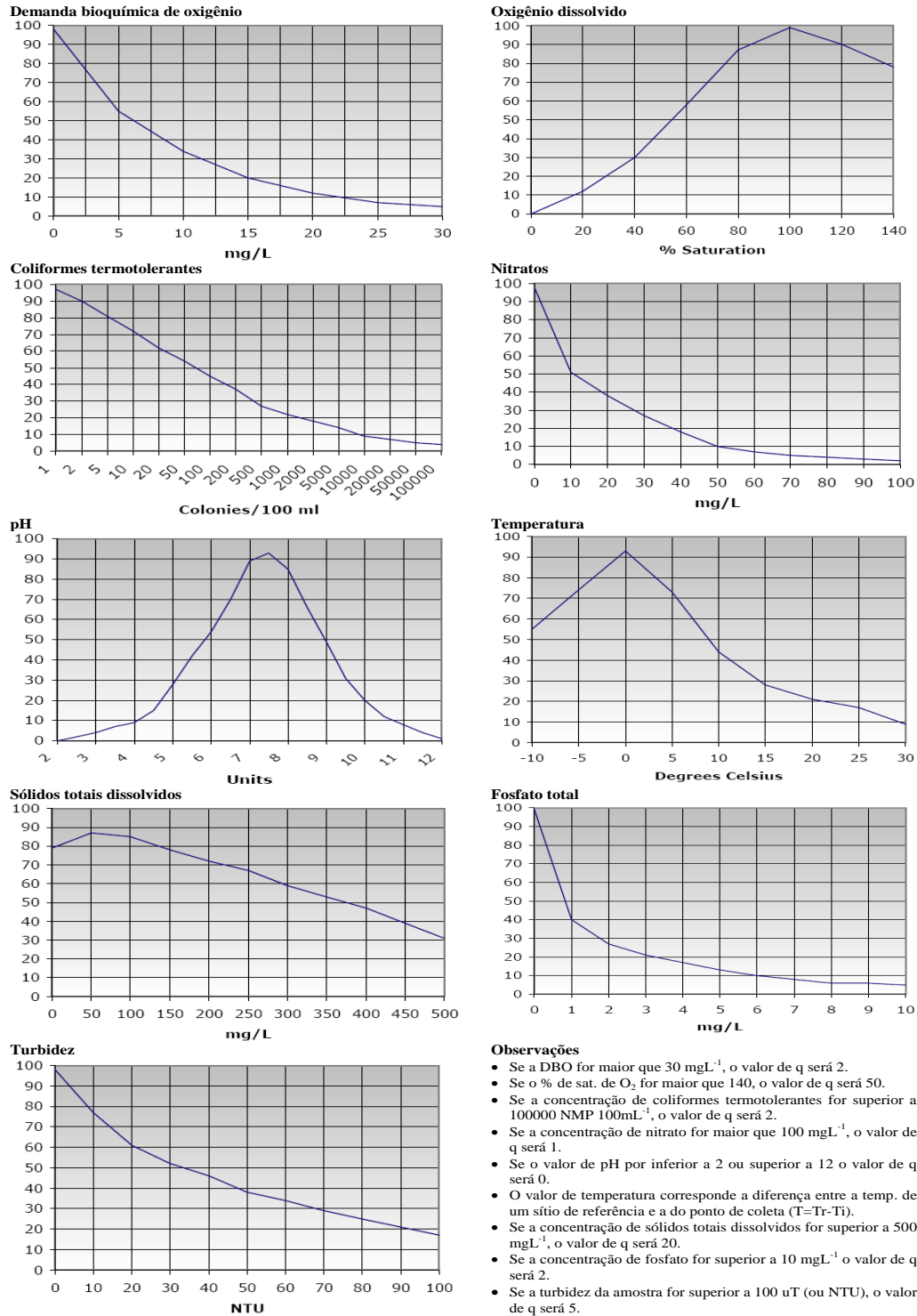


Figura 1. Curvas médias de qualidade da água.

PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO IQA PELO MÉTODO DA NSF

Para a aplicação do método da NSF na determinação do IQA de uma amostra, adota-se o seguinte procedimento:

- Determinar os resultados analíticos para cada variável utilizada no modelo;
- Utiliza a curva de qualidade (Figura 1) para obter os respectivos valores de q;
- Calcular o valor de q^{wi} (q elevado ao respectivo peso w_i), Tabela 1;
- Calcular o produtório dos valores de q^{wi} de todas as variáveis;
- Classificar a amostra segundo as faixas de qualidade de água (Tabela 2).

Na Tabela 3 é exemplificado o procedimento de determinação do valor de IQA de uma amostra qualquer, classificada como de qualidade REGULAR (conforme classificação apresentada na Tabela 2).

Tabela 3. Exemplo de calculo do IQA.

Variáveis	Resultado	Unidade de medida	q	Pesos (w_i)	Total (q^{w_i})
Coliformes termotolerantes	100	NMP 100 mL ⁻¹	44	0,16	1,832
Demanda bioquímica de oxigênio	5,0	mgL ⁻¹	55	0,11	1,554
Fosfato total	1,0	mgL ⁻¹ , PO ₄	40	0,10	1,446
Nitratos	10,0	mgL ⁻¹ , NO ₃	50	0,10	1,479
Oxigênio dissolvido	84,4	% Saturação	90	0,17	2,149
pH	7,0	-	89	0,11	1,638
Sólidos totais dissolvidos	225	mgL ⁻¹	70	0,07	1,346
Temperatura ^a	2,0	°C	85	0,10	1,559
Turbidez	10	uT	78	0,08	1,417

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \mathbf{63,72}$$

^a O valor de temperatura corresponde a diferença entre a temperatura de um sítio de referência e a do ponto de coleta.

OUTROS MODELOS DE IQA

Na prática, um índice de qualidade das águas pode ser projetado para as situações específicas de cada bacia hidrográfica ou corpo hídrico, ou mesmo, adaptado a outras aplicações, como na determinação de qualidade da água de abastecimento (LOPES & LIBANIO, 2005) e piscicultura (SIMÕES et al., 2007; SIMÕES et al., 2008), por exemplo. Desta forma, a partir dos estudos da NSF diferentes índices de qualidade da

água foram propostos na literatura. Uma descrição detalhada de diferentes modelos de índices de qualidade da água esta disponível em PARADA & ORTEGA (2005).

No Brasil, destacamos os índices utilizados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM).

O índice utilizado pela CETESB foi adaptado do IQA da NFS pela alteração nos pesos (w_i) das variáveis coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio e pH, e pela substituição da variável nitrato por nitrogênio total (somatório da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio total Kjeldahl) e de sólidos totais dissolvidos por sólidos totais (Tabela 4). A CETESB utiliza desde 1975 o IQA como informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental recursos hídricos do estado de São Paulo (CETESB, 2010).

O IQA adotado pela FEPAM foi adaptado por técnicos da FEPAM, CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) e DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre) quando da criação da Rede Integrada do Rio dos Sinos, em 1990. Neste, houve a exclusão da variável temperatura, a substituição da variável nitrato por nitrogênio amoniacal e a alteração nos pesos (w_i) de todas as variáveis, como pode ser observado na Tabela 4 (FEPAM, 2010a).

Tabela 4. Variáveis e respectivos pesos adotados nos modelos de IQA da NSF, CETESB e FEPAM.

Variáveis	Unidade de medida	NSF Pesos (w_i)	CETESB Pesos (w_i)	FEPAM Pesos (w_i)
Coliformes termotolerantes	NMP 100 mL ⁻¹	0,16	0,15	0,17
DBO	mgL ⁻¹ , O ₂	0,11	0,10	0,11
Fosfato total	mgL ⁻¹ , PO ₄	0,10	0,10	0,11
Nitratos	mgL ⁻¹ , NO ₃	0,10	Não aplica	Não aplica
Nitrogênio amoniacal	mgL ⁻¹ , NH ₃ -N	Não aplica	Não aplica	0,11
Nitrogênio total ^a	mgL ⁻¹ , N	Não aplica	0,10	Não aplica
Oxigênio dissolvido	% Saturação	0,17	0,17	0,19
pH	-	0,11	0,12	0,13
Sólidos totais dissolvidos	mgL ⁻¹	0,07	Não aplica	0,09
Sólidos totais	mgL ⁻¹	Não aplica	0,08	Não aplica
Temperatura ^b	°C	0,10	0,10	Não aplica
Turbidez	uT	0,08	0,08	0,09

^a Soma das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio total Kjeldahl;

^b O valor de temperatura corresponde a diferença entre a temperatura de um sítio de referência e a do ponto de coleta.

IQADATA, SOFTWARE PARA INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISES AMBIENTAIS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Quando um índice de qualidade da água é adaptado às condições específicas de um determinado estudo, os autores, tipicamente, excluem e/ou substituem variáveis, bem como alteram seus pesos no modelo. Contudo, na maioria dos casos, as curvas qualidade são mantidos de acordo com o modelo original (tipicamente o da NSF). Assim, frequentemente tem-se observado erros devido a incompatibilidade entre as unidades de medida dos resultados analíticos e das utilizadas nas curvas de correlação.

O IQAData foi criado junto a Programa de Pós-graduação em Sistemas e Processos Industriais da UNISC, para o desenvolvimento e a aplicação de índices de qualidade da água (IQA), tendo como referência o modelo adotado pela National Sanitation Foundation (NSF, 2007).

Este modelo utiliza nove variáveis para determinação do índice de qualidade (nível de qualidade) pontuado entre zero (a pior nota) e 100 (a melhor nota), distribuídos em diferentes níveis de qualidade.

A configuração deste software permite aplicar o modelo original da NSF, ou desenvolver novos modelos de qualidade mais adequados a realidade de cada projeto de ensino ou pesquisa. Ao todo 13 variáveis podem ser selecionadas: temperatura, oxigênio dissolvido (saturação de oxigênio), coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total (somatório de nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e nitrito), pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Cada variável apresenta uma curva de qualidade que correlaciona valores de concentração versus notas de qualidade (de zero a 100) o que permite uma discussão individual sobre a contribuição de cada variável para a qualidade do recurso hídrico.

Este software foi registrado no INPI 10670-2, porém é um software livre e disponível desde outubro de 2010 no site <http://www.unisc.br/ppgspi>. Até junho de 2011 foram contabilizados mais de 100 downloads deste programa por instituições de ensino superior, indústrias, empresas de consultoria e órgãos governamentais, de dez diferentes estados brasileiros.

Em estudos de monitoramento de águas superficiais nos vales do Rio Pardo e Rio Taquari, RS, este software tem se mostrado uma importante ferramenta de educação em química analítica ambiental, auxiliando estudantes e a comunidade geral na compreensão das diferentes variáveis de qualidade de ecossistemas aquáticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro do projeto intitulado “Tecnologias para proteção e recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de preservação permanente (Sistema Aquífero Guarani - SAG) na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil”, Edital MCT/CNPq/CT–Agronegócio/CTHidro - nº 27/2008. Ao FAP (Fundo de Apoio à Pesquisa) da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), pela bolsa de pesquisa concedida ao primeiro e quarto autor deste artigo, no decorrer do ano 2011.

REFERÊNCIAS

BROWN, R. M. et al. A water quality index –do we dare? *Water & Sewage Works*, Chicago, v. 117, n 10, p. 339-343,1970.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, São Paulo: Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 12/04/2010.

ECOPLAN Engenharia. Consolidação do Conhecimento Sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardino e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio Pardino. Porto Alegre, 2005. Disponível em: http://www.comitepardo.com.br/plano_pardo/relatorio_diagnostico/relatorio_sintese.pdf. Acesso em: 12/04/2010.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler –RS, QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravatai/gravatai.asp. Acesso em: 12/04/2010.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler –RS, QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>. Acesso em: 16/04/2010a.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão de Águas. Sistema de Cálculo de Qualidade da Água (SCQA) - Estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA). IGAM, Belo Horizonte, 16pp., 2005.

LOPES, V. C.; LIBANIO, M. Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA). Eng. Sanit. Ambient. [online], vol.10, n.4, pp. 318-328, 2005.

NSF - National Sanitation Foundation. NSF Consumer Information: Water Quality Index (WQI). Disponível em: http://www.nsf.org/consumer/earth_day/wqi.asp. Acesso em: 11/06/2007.

PARADA, N. J.F.; ORTEGA, F.S. Índices de calidad y de contaminación del agua. Universidad de Pamplona: Colômbia, 2005.

SÁNCHEZ, E.; COLMENAREJO, M. F.; VICENTE, J., RUBIO, A.; GARCÍA, M. G.; TRAVIESO, L., BORJA, R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators, v. 7, 315-328p., 2007.

SIMOES, F. S.; YABE, M J. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M.C. Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em Assis e Cândido Mota, São Paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. Quím. Nova [online], vol.30, n.8, 1835-1841p., 2007.

SIMÕES, F. S.; MOREIRA A. B.; BISINOTI, M. C., GIMENEZ, S. M. N., YABE, M. J. S. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies Ecological Indicators, v. 8, 476-484p., 2008.