

Desenvolvimento de um Índice de Qualidade de Água utilizando sistema de inferência fuzzy: estudo de caso para o Rio Sorocaba

Ana Paula Maia Bondança*

José Arnaldo F Roveda

João Guilherme Soares Silva*

Sandra R M M Roveda

Engenharia Ambiental, Campus Experimental de Sorocaba, UNESP,
18087180, Sorocaba. SP

E-mail: paulabondanca@yahoo.com.br, joaosoares@gmail.com

sandra@sorocaba.unesp.br, roveda@sorocaba.unesp.br.

RESUMO

Há vários índices diferentes para avaliar e monitorar a qualidade da água de um corpo hídrico. Um índice muito conhecido, o Índice de Qualidade das Águas - IQA, desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF), foi incorporado e adaptado pela CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - agregando nove parâmetros, entre eles parâmetros microbiológico, físicos e químicos a fim de se obter uma relação próxima da realidade das características reais da água e de encontrar um resultado que fosse compreendido por qualquer público em geral. Uma dificuldade na elaboração de um índice de qualidade das águas é sintetizar em um único número uma realidade complexa, onde inúmeras variáveis ambientais têm influência [6].

Atualmente, a Lógica Fuzzy tem demonstrado ser um formalismo apropriado para tratar problemas ambientais de natureza subjetiva e/ou que apresentem incertezas nos dados [7].

O objetivo deste trabalho foi desenvolver, a partir dos sistemas de inferência fuzzy, um novo índice de qualidade da água. O índice proposto é ilustrado com um estudo de caso para o Rio Sorocaba

Para o desenvolvimento do índice adotou-se a metodologia proposta em [4]. O desenvolvimento pode ser resumido em duas etapas principais, cada uma com sistemas de inferência fuzzy distintos. A primeira etapa envolve a normalização dos parâmetros. Os nove parâmetros utilizados no cálculo, os quais: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, coliformes fecais, resíduos sólidos, nitrogênio total e fósforo total, foram arranjados dois a dois de modo que os componentes agrupados tivessem características compatíveis entre si, totalizando cinco conjuntos. A seguir, construiu-se as funções de pertinência para cada conjunto e a base de regras a ele associada. Utilizou-se o sistema de inferência fuzzy baseado em Mamdani [1], de modo que a variável de saída apresentasse a normalização dos parâmetros em seus respectivos conjuntos com valores variando de 0 a 100. Na segunda etapa, processa-se um novo sistema de inferência onde os conjuntos normalizados na etapa anterior passam a ser os valores de entrada e o IFQA (Índice Fuzzy de Qualidade da Água) o dado de saída. Para a variável de saída foram associados os seguintes estados para a qualidade da água: péssima, ruim, regular, boa e ótima, similarmente ao que é feito pelo IQA, afim de que os dois índices possam ser comparados. A base de regras elaborada para esta etapa totalizou 3125 regras que seguiram uma lógica baseada no IQA calculado pela CETESB, ou seja, como os parâmetros OD, Coliformes Fecais e pH têm os maiores pesos e os parâmetros Turbidez e Resíduo Total, os menores, formou-se regras em que a classificação dos conjuntos dos parâmetros de maior peso fosse mais relevante em relação à classificação dos conjuntos contendo parâmetros de menores

*alunos de iniciação Científica

pesos.

O potencial do índice foi avaliado com o conjunto de dados de um ponto do Rio Sorocaba, situado na cidade de Sorocaba, interior do Estado de São Paulo [3]. Os dados dos parâmetros foram fornecidos pela CETESB, dados estes correspondentes a uma série histórica de 18 anos, desde 1989 a 2007, exceto o ano de 1996. Cada ano apresenta dados bimestrais para cada um dos parâmetros. O ponto escolhido foi o ponto SORO02100, ponto de monitoramento da CETESB, no rio Sorocaba, próximo a uma grande via de acesso da cidade e a bairros residenciais.

A comparação entre os resultados do IFQA e do IQA da CETESB mostrou que há uma tendência do primeiro apresentar valores inferiores, ou seja, o IFQA se tornou mais rígido na classificação da qualidade do ponto de amostragem estudado. Os resultados mostraram que 73% se mantiveram na mesma categoria, enquanto que 27% se encontraram em categorias diferentes. Dos valores que migraram de categoria, 69% foram classificados em categorias inferiores ao IQA. Os que ficaram em categorias superiores apresentaram valores próximos ao limite inferior. O índice mostrou-se eficiente para evitar a perda e/ou a não revelação de informações cruciais para a classificação da qualidade do corpo d'água. Um exemplo é o parâmetro "coliformes fecais", que apresentou valores muito acima dos limites durante todos os anos, no período estudado. Para a validação do modelo proposto fez-se a correlação dos dois índices obtendo-se um bom resultado de $R=0,71$.

O IFQA apresentou coerência nos valores quando comparado com o índice utilizado pela CETESB. Tornou-se um índice mais rigoroso em relação ao IQA e pode ser utilizado para o monitoramento de qualquer outro corpo d'água. O sistema de inferência fuzzy mostrou-se eficiente para o problema proposto sendo validado a uma correlação boa. Além disso, esse sistema pode ser ainda implementado e otimizado para avaliação de outros parâmetros.

Palavras-chave: *sistemas de inferência fuzzy, índice ambiental, qualidade de água.*

Referências

- [1] L.C. Barros e R.C. Bassanezi, "Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática". Comissão de Publicações IMECC, Campinas. 2006.
- [2] Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB. Água: Índices. São Paulo. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/informacoes.asp>> Acesso em 17 mar. 2009.
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cidades: Sorocaba. Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 17 mar. 2009.
- [4] A. Lermontov, et al, Aplicação da lógica nebulosa na parametrização de um novo índice de qualidade das águas, *Engvista*,10(2008) 106-125.
- [5] Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Superficiais Interiores. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/arqs/relatorio/crh/cbh-alpa/1121/qualidade-das-aguas-superficiais-interiores.html>> Acesso em 17 mar. 2009.
- [6] G. S. Silva e W. F Jardim, um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, Região de campinas/Paulínia- SP, *it Quim. Nova*.29 (2006) 689-694.
- [7] W. Silvert, Fuzzy indices of environmental conditions, *Ecological Modelling* 1300 (2000) 111-119.