

# Uma proposta de sistema neuro-fuzzy para avaliação da qualidade da água

Pietro Luis Verdile<sup>1</sup>, José Arnaldo F Roveda<sup>1</sup>,  
Sandra R M Masalskiene Roveda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Avenida Três de Março, 511  
Alto da Boa Vista, 18087-180, Sorocaba, SP  
Email: pietroverdile@gmail.com, roveda@sorocaba.unesp.br,  
sandra@sorocaba.unesp.br.

## Resumo

Monitorar a poluição é uma tarefa estratégica para o estabelecimento de programas de controle e recuperação ambiental. No entanto, o conhecimento e o diagnóstico das muitas variáveis que ocorrem em cada ambiente tornam-se um desafio à análise e tomada de decisão. Neste sentido, um dos instrumentos de apoio mais simples e eficientes tem sido a utilização de índices de qualidade, que reúnem certo número de variáveis correlatas e definem parcialmente um determinado ambiente. Para o monitoramento da qualidade de águas superficiais um dos principais indicadores utilizados no Brasil tem sido o índice de qualidade de águas (IQA) [1].

A proposta deste estudo foi desenvolver um índice de qualidade de água utilizando os sistemas híbridos neuro-*fuzzy* que combinam lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais por meio do algoritmo ANFIS [2]. O modelo considerou as mesmas nove variáveis de entrada do IQA utilizado pela CETESB: Variação da Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez. Primeiramente, o ANFIS gera uma estrutura de funções de pertinência inicial com um algoritmo de agrupamento ou *clusterização*. Neste trabalho optou-se pelo método de *clusterização* subtrativo por sua maior agilidade de processamento de séries históricas com mais de quatro dados de entrada. Após a partição do espaço de entrada são geradas as funções de pertinência, neste caso funções com o formato gaussiano devido à escolha do método subtrativo. A seguir, os parâmetros das funções de pertinência de entrada e saída são otimizados com um algoritmo híbrido para se alcançar o mapeamento de entrada-saída desejado. O sistema neuro-*fuzzy* deste estudo foi implementado utilizando-se o software desenvolvido pela Mathworks denominado MATLAB versão 7.12.0 (R2011a).

Para avaliar a metodologia desenvolvida foram considerados dados coletados de 144 pontos de amostragem da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Alto Tietê, desde 01/01/1974 quando se iniciaram as medições até o dia 31/12/2013 [3]. Os dados foram tratados para remover variáveis vazias e/ou em branco permitindo que os dados utilizados sempre apresentassem nove variáveis de entrada e uma variável de saída totalizando 6351 sequências de dados válidos.

Os resultados obtidos a partir do modelo implementado pelo algoritmo ANFIS indicam que os valores obtidos são muito próximos aos valores observados, já que coeficiente de correlação de Pearson foi de 0,95 mostrando uma forte correlação positiva. Além disso, a raiz do erro médio quadrático (RMSE) de 7,86 mostra uma variação do erro baixa se comparado ao intervalo de variação IQA, de 0 a 100. Ambos os resultados referem-se à totalidade de dados utilizados, treinamento e teste, e demonstram o desempenho do modelo.

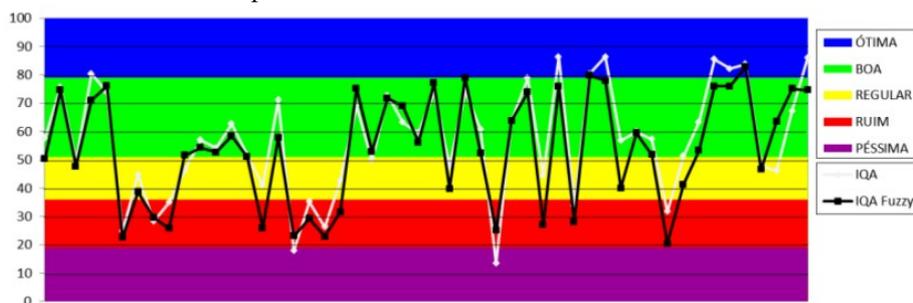


Figura 1 – Gráfico de comparação entre o IQA e o IQA Fuzzy.

Uma das principais vantagens do modelo desenvolvido é que as correlações entre as variáveis, representadas pela base de regras, foram determinadas pelo algoritmo, característica fundamental sobretudo para modelos que avaliam a qualidade de águas e que em geral apresentam um número elevado de variáveis de entrada. Além disso, o modelo pode ser adaptado para estudos sobre IQA em outras regiões indicando a sua capacidade como uma ferramenta promissora para a modelagem de indicadores.

**Palavras-chave:** Índice de Qualidade de Água. Sistemas Híbridos. ANFIS.

## Referências

1. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. IQA – Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2015.
2. INFOAGUAS. Disponível em: <<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>>. Acesso em: 11 de Fevereiro de 2015
3. JANG, J.S.R. Anfis: Adaptative-network-based fuzzy inference system. In: IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 23, (3): 665-685, 1993.