XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

PREDIÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DA MACELA ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY

Igor Santos Silva[1]; Maria Caroline Silva Mendonça [2]; Carlos Alexandre Borges Garcia [3], Valdelice Leite Barreto[4] & Helenice Leite Garcia[5]

RESUMO – A avaliação da qualidade da água em reservatórios tornou-se primordial e essencial para definição de seu estado trófico. Algumas técnicas computacionais para descrever e prever problemas ambientais em água têm sido desenvolvidas através da determinação de índices de qualidade da água. Entre as técnicas de inteligência artificial, a lógica fuzzy tem se destacado na obtenção desses índices em função de parâmetros ambientais, como concentrações de clorofila-a, nitrogênio, fósforo e oxigênio dissolvido. Neste artigo, esses parâmetros foram utilizados para determinar o Índice de Qualidade da Água para Reservatórios utilizando a logica fuzzyj (IQAfuzzy) e os resultados foram comparados com outros índices da literatura. O ambiente de estudo foi o reservatório da Macela, localizado no município de Itabaiana, no Estado de Sergipe, Brasil. O índice obtido através da lógica fuzzy foi igual a 6,3 estando na mesma faixa numérica verificada na literatura utilizando outros métodos. Esses resultados mostram que o reservatório está extremamente poluído exigindo políticas de gestão ambiental urgentes, a fim de reduzir os efeitos do processo de eutrofização possibilitando um uso mais adequado da água.

ABSTRACT– The assessment of water quality in reservoirs has become paramount and essential to defining your final destination. Some computational techniques used to describe and predict environmental problems in water have been developed through the determination of water quality indices. Among the techniques of artificial intelligence, fuzzy logic has excelled in obtaining these indices according to environmental parameters such as chlorophyll-a concentrations, nitrogen, phosphorus and dissolved oxygen. In this article, these parameters were used to determine the Quality Score for Water Reservoirs using fuzzy logic (WQIfuzzy) and the results were compared with other indices of literature. The study setting was the Macela reservoir, located in the city of Itabaiana, State of Sergipe, Brazil. The index obtained by fuzzy logic was equal to 6.3, which corresponds to the same numeric range checked in the literature using other methods. These results show that the reservoir is extremely polluted requiring urgent environmental management policies in order to reduce the effects of eutrophication process, enabling better use of water.

Palavras-Chave – Qualidade da Água, Eutrofização, Lógica Fuzzy.

1) Graduando em Engenharia Química/UFS, São Cristóvão, Sergipe, ssantos.igor@hotmail.com
2) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS, São Cristóvão, Sergipe, carolinesmendonca@gmail.com
3) Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS, São Cristóvão, Sergipe, cgarcia@ufs.br
4) Bióloga da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, SEMARH, valdelice.leite@semarh.se.gov.br
5) Professora do Departamento de Engenharia Química/CCET/UFS, São Cristóvão, Sergipe, helenice@ufs.br

1. INTRODUÇÃO

Ao se pensar na qualidade da água é necessário avaliar o que tem sido feito para que a mesma continue sendo fonte de vida em meio a poluição por diversos agentes, e analisar se os tipos de tratamentos têm sido eficazes para que o seu reaproveitamento seja sustentável. A taxa de aumento de atividades urbanas, agrícolas e industriais tem levantado preocupações dos cientistas sobre questões ambientais e em particular sobre a poluição da água. Assim, muito esforço tem sido feito no desenvolvimento de um índice global que seja representativo da qualidade da água. O resultado da qualidade de uma amostra de água não é apenas informar se esta é própria ou imprópria para o consumo, pois existe uma infinidade de possibilidades entre esses dois extremos. A amostra pode ser avaliada como boa, moderada ou ruim, por exemplo, a depender dos critérios utilizados para classificação. Além disso, o procedimento como a amostra foi coletada também interfere diretamente nos resultados, e para isso existem diversas formas analíticas que podem ser aplicadas na determinação dos parâmetros de avaliação de água (OCAMPO-DUQUE *et al*, 2012; GHARIBI *et al*, 2012).

Importante também ressaltar que as metas de qualidade ambiental são definidas levando em consideração a capacidade do corpo d'água para manter sua forma natural em processos de autolimpeza, bem como a sua capacidade para suportar a vida selvagem e vegetação, influenciando enormemente tanto quantitativa como qualitativamente sobre o corpo d'água e ecossistemas, conforme comenta Scannapieco *et al* (2012).

Há diversos parâmetros de classificação da água que podem ser representativo para um sistema que traduzem matematicamente o que está sendo avaliado, denominado de índice. O Índice de Qualidade de Água bruta para abastecimento Público (IAP), o Índice de qualidade de Água para proteção da Vida aquática (IVA) e o Índice de Qualidade de Água (IQA) são alguns dos índices mais utilizados ao se avaliar amostras de água. Em reservatórios, o Índice de Estado Trófico (IET) é o parâmetro utilizado para caracterizar a água nesses sistemas nos quais a eutrofização é comum. A eutrofização é um processo que pode ser natural ocorrendo em todos lagos e reservatórios, ou devida a intervenção humana, aumentando o fluxo de nutrientes para o corpo hídrico, acelerando, assim, este processo.

Sendo assim, torna-se imperativo que se desenvolva um índice numérico para descrever o comportamento desses corpos d'água. Neste contexto, a utilização de métodos convencionas de avaliação resulta, algumas vezes, em dados imprecisos, ambíguos e difíceis de interpretação, não lineares e difíceis de formular. Esses índices são muito complexos e para serem quantificados necessita-se do conhecimento das quantidades presentes no reservatório, através da análise de muitas variáveis, como Oxigênio Dissolvido (OD), Clorofila-a, pH, nutrientes (nitrogênio e fósforo), que os

compõe. Sendo assim, um índice mais simples de ser calculado é o desenvolvido pelo Instituto Ambiental do Paraná (IQAR) que permite estimar com razoável precisão esses valores baseado em um número representativo de variáveis (LERMONTOV *et al*, 2009).

Os valores do IQAR foram classificados conforme apresentado na Tabela 1 e os reservatórios são classificados, através das médias aritméticas dos parâmetros ambientais analisados.

Tabela 1: Classificação da Qualidade de Água (IAP, 2014)

Valor do IQAR	**Qualificação**
$0 \leq$ IQAR $\leq 1{,}50$	não impactado a muito pouco degradado
$1{,}51 \leq$ IQAR $\leq 2{,}50$	pouco degradado
$2{,}51 \leq$ IQAR $\leq 3{,}50$	moderadamente degradado
$3{,}51 \leq$ IQAR $\leq 4{,}50$	criticamente degradado a poluído
$4{,}51 \leq$ IQAR $\leq 5{,}50$	muito poluído
IQA $> 5{,}51$	extremamente poluído

Segundo Abbasi e Abbasi (2012), o IQAR necessita de um número limitado de variáveis para o seu cálculo, pois, um número muito elevado de parâmetros torna o cálculo muito difícil e com resultados complicados de serem interpretados. Sendo assim, neste trabalho os parâmetros utilizados foram o Nitrogênio Total, Fósforo Total, Clorofila-a e o OD, que, para os especialistas, são os parâmetros mais representativos da avaliação de um corpo d'água.

Inserida nessa análise e interpretação, a inteligência artificial (redes neurais, lógica fuzzy, algoritmos genéticos) é um recurso que vem sendo utilizado para solucionar problemas complexos. Para que os computadores tenham a capacidade de desenvolver padrões e aprender com estes foram desenvolvidas as redes neurais para descrever muitos fenômenos. Ainda no contexto da inteligência artificial, a lógica fuzzy, desenvolvida por Dr. Zadeh em 1965, vem tendo também, destaque em diferentes áreas do conhecimento. A lógica fuzzy representa uma mudança significativa tanto na abordagem como no resultado das avaliações ambientais. A principal vantagem dos métodos da lógica fuzzy frente à booleana é a gama de respostas boas ou ruins que esta pode oferecer, saindo do campo restrito do verdadeiro ou falso, ampliando para uma gama maior de possibilidades que podem ser dadas como resposta, em situações que verdadeiro ou falso não seriam respostas precisas ou adequadas (ZADEH, 1965; MCKONE E DESHPANDE, 2005; CABANILLAS et al, 2012).

Os métodos desenvolvidos nesse sistema são sintetizados criando-se um programa computacional baseado em regras criadas a partir desta lógica, que se denomina controlador fuzzy. Uma aplicação muito recorrente da lógica fuzzy é na compreensão dos índices de qualidade da água em reservatórios, por exemplo, retirando a instabilidade muitas vezes vistas nos métodos anteriormente desenvolvidos, devido a ampla faixa que essa lógica difusa ou nebulosa pode tratar, diferentemente da lógica booleana (GABRIEL, 2008). Neste sentido, a inteligência artificial tem se

tornado uma estratégia de análise muito mais precisa e eficaz com um poder de análise muito mais rico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a aplicação da lógica fuzzy para descrever o comportamento ambiental e avaliar os índices e parâmetros do reservatório da Macela, no interior do Estado de Sergipe. Para tal, foi realizada uma análise comparativa entre os resultados obtidos para um IQAR calculado pela lógica fuzzy e os outros métodos apresentados na literatura. O modelo desenvolvido através do método fuzzy aplicado ao reservatório objetiva avaliar os níveis de qualidade do mesmo em relação aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para que seja definido um melhor aproveitamento da água.

3. LÓGICA FUZZY

Os conjuntos fuzzy são definidos em sua forma através de sua função de pertinência que mostra à intensidade com que o objeto pertence ao conjunto fuzzy. Existem várias formas de representar uma função fuzzy de pertinência, sendo que, as mais usuais são a triangular, gaussiana, trapezoidal, sigmóide bipolar, S e quadrática, sendo todas definidas no intervalo de pertinência de 0 a 1 (ZADEH, 1965).

Neste trabalho, utilizou-se da função triangular que é caracterizada por uma terna (a, b, c) sendo que a e c determinam o intervalo para o qual a função identifica valores diferentes de zero, e b representa o ponto no qual a função de pertinência é máxima. Portanto, os números fuzzy começam a subir a partir de zero quando x = a, encontram o valor máximo em 1, x = b, e retornam a zero em x = c. A função μF (x) é representada na Equação 1.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} \ if \ x \in [a,b] \\ \frac{c-x}{c-b} \ if \ x \in [b,c] \\ 0, \ \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Os métodos de inferência mais utilizados são o Método de Mamdani e o Método de Sugeno. Analogamente, existem diversos métodos para etapa de defuzzificação. Geralmente, utiliza-se o Método Mamdani que foi o primeiro sistema construído usando a Teoria Fuzzy e foi proposto para controlar um sistema de vapor industrial baseado na experiência humana, e assim, construir as regras do programa. Esse método é utilizado na etapa de inferência, e o método do centro de gravidade (centroid), na etapa de defuzzificação. O método Sugeno foi proposto por Takagi e Sugeno (1985) com objetivo de melhorar o sistema de geração de regras fuzzy nas entradas e saídas, representando,

também, modelos não lineares de forma mais exata e aproximada (MAMDANI, 1973; SUGENO, 1985; TAKAGI E SUGENO, 1985; CHIN, 2014).

Na literatura consta que comparando esses dois métodos é observado que o Método Sugeno é eficiente computacionalmente, funciona bem em problemas de otimização, controladores PID e é bastante adequado as análises matemáticas, já o método Mamdani é mais intuitivo, tem uma aceitação muito grande e é bastante adequada a problemas de análise humana, além disso, muito mais fácil de ser manipulado que o método Sugeno.

Define-se, então, inferência como a passagem, através de regras válidas, do antecedente (SE) ao consequente (ENTÃO) de um objeto de estudo em um universo de análise. Na lógica fuzzy, essa passagem é realizada mediante a interação, determinada pelas regras de inferência, entre as variáveis linguísticas de entrada (SE), gerando um conjunto de dados de saída (ENTÃO). Essas regras são aplicadas aos conjuntos fuzzy através das variáveis linguísticas e são construídas mediante a operação entre os conjuntos. O input, ou condição, e output, ou consequência, de um sistema fuzzy são associados por regras com funções de pertinência ou intervalos numéricos [0,1] (ZADEH, 1965; LOBATO *et al*, 2015).

O sistema criado neste trabalho foi baseado em aproximadamente 30 regras correlacionadas com os valores do WQIR, criando o WQIRfuzzy considerando os graus de pertinência dos elementos diferentemente da lógica utilizada pelos demais índices. Os pesos atribuídos as regras foram iguais a 1 para que se analise a influência dos parâmetros de forma equivalente quantitativamente.

Do conjunto de dados ambientais, comumente representados na literatura, a clorofila-a, fósforo e nitrogênio são indicativos do processo de eutrofização, pois níveis altos de nitrogênio e fósforo demonstram que há presença de bastante nutriente no meio aquático.

O nitrogênio pode ser encontrado na forma amoniacal, nitrato ou nitrito. Na forma de amônia livre, o nitrogênio é tóxico a peixes e outros animais que estejam presentes no corpo hídrico. Além disso, este serve como nutriente para algas e influência de forma direta na demanda de oxigênio dissolvido. Em relação as concentrações de fósforo, sabe-se que este influencia no aumento da produção de plâncton que é fonte de alimento de peixes, o que aumenta a população deste causando desequilíbrio no ecossistema (CHIN, 2014; MENDONÇA, 2014).

O oxigênio dissolvido (DO) é outro parâmetro importante no IQA. Quanto mais substâncias oxidáveis há em um corpo d'água resultam no consumo de oxigênio e na consequente diminuição de DO. Neste contexto, níveis baixos de DO podem causar diminuição de reprodução dos peixes e sua consequente morte. Já a clorofila-a é utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica em

ambientes aquáticos por se tratar de um pigmento encontrado em todos os grupos de vegetais e outros organismos autótrofos. A sua concentração ajuda na interpretação de resultados de análises físico-químicas, além de ser indicadora do estado fisiológico do fitoplâncton e do grau de eutrofização de um ambiente aquático (MENDONÇA, 2014).

As faixas limitantes desses índices foram seguidas segundo resolução CONAMA nº 357/05 para águas de reservatórios. O índice de OD deve estar em uma concentração de pelo menos 5 mg/L, a clorofila-a possui valores limites de 30 µg L^{-1}, fósforo deve ser tolerado até uma concentração de até 0,05 mg L^{-1} e o nitrogênio total entre 0,16 e 0,25 mg L^{-1}. Os valores médios dessas variáveis no reservatório da Macela estão muito acima do permitido, conforme ilustrado na Tabela 2, na qual são apresentados os parâmetros médios analisados na coleta dos dados do açude.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O reservatório da Macela, localizado na cidade de Itabaiana-SE, foi construído no período de 1953 a 1957 pelo barramento do riacho Fuzil. Esse reservatório tem uma capacidade de aproximadamente de $2{,}7 \times 10^6$ m^3, ocupando uma área de 14 km^2 e foi projetado para fornecer água para irrigação de 156 hectares.

Figura 1 – Localização do reservatório da Macela, Itabaiana-SE

Fonte: Google Earth (2016)

3.2. Procedimentos Metodológicos

Os dados ambientais utilizados neste trabalho foram determinados segundo metodologia descrita pelo APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e fornecidos pelo LQA/DQI/UFS. A Tabela 2 mostra os valores médios dos parâmetros ambientais utilizados na análise fuzzy da qualidade da água.

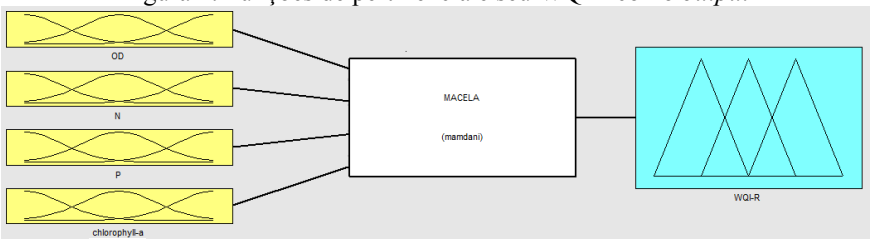
Tabela 2: Parâmetros avaliados no Açude da Macela (MENDONÇA, 2014)

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Condutividade (mS cm^{-1})	1,67	0,63
Cor (Pt-Co)	21,48	13,28
pH	8,56	0,39
Sólidos Totais (mg L^{-1})	1.058,02	339,64
Sólidos Suspensos (mg L^{-1})	23,06	24,79
Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})	5,32	2,85
$N\text{-}NH_4$ (µg L^{-1})	48,19	39,66
$N\text{-}NO_2$ (µg L^{-1})	146,92	146,31
$N\text{-}NO_3$ (µg L^{-1})	1.255,96	615,88
$P\text{-}PO_4$ (mg L^{-1})	415,14	200,3
Clorofila-a (µg L^{-1})	59,28	63,2
Temperatura Água (^oC)	28,23	1,82

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação do IQARfuzzy foram utilizados os 4 parâmetros já citados, Nitrogênio Total, Fósforo Total, OD e clorofila-a. Além disso, o índice obtido foi comparado com os índices IAP e IQARm obtidos por Mendonça (2014). Os índices obtidos no trabalho de Mendonca (2014) serviram para estabelecer a validade do IQARfuzzy obtido. Para obtenção do IQARfuzzy foram usadas as funções de pertinência mostradas na Figura 1. As variáveis de entrada utilizadas foram OD, clorofila-a, Nitrogênio Total e Fósforo.

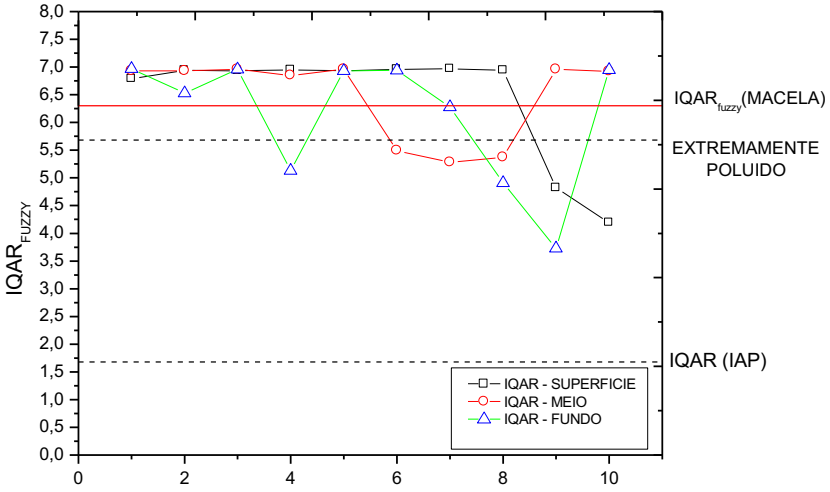
Figura 1: Funções de pertinência e seu WQIR como *output*



A Figura 2 mostra a análise comparativa estabelecida para caracterizar o ambiente em estudo. Foi colocado, nesta figura, os valores de IQARfuzzy das amostras coletadas na superfície, no meio e no fundo do reservatório, bem como IQARfuzzy calculado utilizando parâmetros limites do CONAMA. Ao reproduzir esses valores médios dos parâmetros do reservatório de Macela observa-se que o programa desenvolvido resultou um IQARfuzzy igual a 6,3, o que significa que este reservatório está em condições de extremamente poluído.

Outro valor em destaque é o do valor determinado pelo IAP, apresentado na Tabela 1, a partir do qual o corpo d'água é considerado extremamente poluído. Observa-se que amostras coletadas na superfície e no meio do reservatório tendem a ter valores locais de IQARfuzzy com alta poluição, e no fundo com valores menores. Isso acontece, pois, na superfície a concentração desses parâmetros é maior e tende a diminuir conforme mais profunda for feita a coleta. Um exemplo disso é a concentração de clorofila-a que é bastante reduzida conforme o ponto da coleta da amostra.

Figura 2 – Análise do WQIRfuzzy para o reservatório da Macela



Os valores médios dos parâmetros, observados para este trabalho, apresentados na Tabela 2 permite o estabelecimento de uma comparação com os cálculos de IQAR e IQAR-m obtidos para esse mesmo açude conforme calculado por Mendonça et al (2014). A comparação dos índices é apresentada na Tabela 3. Desta maneira, observou-se que os três métodos apresentam a mesma conclusão sobre o reservatório da Macela que possui um nível de eutrofização elevado e está extremamente poluído. Faz-se notar que embora o método fuzzy aplicado levou em consideração apenas quatro das variáveis quantificadas, ele é bastante representativo apresentado respostas semelhantes aos demais com uso de todas variáveis, pois, os parâmetros escolhidos são considerados cruciais para a avaliação de um reservatório.

Tabela 3: Índices de Qualidade de Água referentes ao Açude da Macela.

Índice	Açude da Macela	Classe Equivalente
WQIR (IAP)	6,00	Extremamente poluído
WQIR-m	4,61	Muito poluído
$WQIR_{fuzzy}$	6,3	Extremamente poluído

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi avaliada a qualidade da água do reservatório da Macela, situado em Itabaiana, Sergipe. A proposta foi obter um índice utilizando a lógica fuzzy para que fosse comparado como dois outros índices da literatura. Neste contexto, os valores apresentados pelo IQARfuzzy e os índices IQAR (IAP) e IQAR-m apresentados na literatura convergiram para valores que demonstraram o elevado nível de poluição do corpo avaliado. Esses resultados sintetizam que o açude da Macela se encontra em um nível elevado de poluição. Além disso, é importante ressaltar que o índice de qualidade de água pode ser determinado utilizando diferentes estratégias numéricas.

No entanto, por sua analogia com o conhecimento de especialistas e praticidade, a lógica fuzzy pode ser considerada um meio preciso e eficaz de determinação desses índices de qualidade. É importante, também, comentar que devido ao alto nível de degradação do açude, é esperado que uma política de gestão ambiental por parte do governo seja proposta ou implementa efetivamente no reservatório da Macela, Itabaiana, Sergipe, Brazil. Dentre algumas estratégias de gestão, ressalta-se que um programa de conscientização da população que vive nas proximidades e que depende deste reservatório, afim, de evitar maiores impactos ambientais e, consequentemente, danos a suas vidas, já que este reservatório é fonte de sobrevivência econômica do município.

AGRADECIMENTOS

Ao LQA/UFS pela concessão dos dados utilizados e à FAPITEC pela concessão dos recursos financeiros utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ABBASI, T.; ABBASI, S. A. (2012). *Water Quality Indices***.** 1ª edição. Elsevier, 384p.

CABANILLAS, J., GINEBREDA, A., GUILLEN, D., MARTINEZ, E., BARCELO, D., MORAGAS, L., ROBUSTE, J., DARBRA, R.M., (2012). *Fuzzy logic based risk assessment of effluents from wastewater treatment plants.* Sci. Total Environ**.** 439, 202–210.

CHIN, D. A. (2013). *Water-Quality Engineering in Natural Systems: Fate and Transport Processes in the Water Environment*. New Jersey: WILEY, 471p.

CONAMA, "*Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 357, 2005," (2014)* Disponível em: <http://www,mma,gov,br/port/conama/>, Acesso em 12 jun, 2014.

GABRIEL, C. P. C.; Aplicaçao da Logica Fuzzy para Avaliaçao do Faturamento do Consumo de Energia Eletrica e Demanda de uma Empresa de Avicultura de Postura. *Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu*,p. 108, 2008.

GHARIBI, H; MAHVI, A.H.; NABIZADEH, R.; ARABALIBEIK, H.; YUNESIAN, M.; SOWLAT, M.H. (2012). *A novel approach in water quality assessment based on fuzzy logic*. Journal of Environmental Management, v. 112, p. 87–95.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M.A.S. (2009). *River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil*. Ecological Indicators, v. 9, n. 6, p. 1188–1197.

LOBATO, T. da C.;HAUSER-DAVIS, R.A.; OLIVEIRA, T. F.; MACIEL, M.C.; TAVARES, M.R.M.; SILVEIRA, A.M.; SARAIVA, A.C.F. (2015). *Categorization of the trophic status of a hydroelectric power plant reservoir in the Brazilian Amazon by statistical analyses and fuzzy approaches*. Science of the Total Environment journal**.** v. c, p. 613–620.

MAMDANI, E. H. (1973). Aplications of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proc. IEEE* 121, vol. 12, p. 1585-1588.

MCKONE, T.E., DESHPANDE, A.W., (2005). *Can fuzzy logic bring complex environmental problems into focus*. Environmental Science and Technology. 39, 42A-47A.

MENDONÇA, M. C. S. (2014). *Avaliação do processo de eutrofização dos reservatórios açude da macela e rio Jacarecica através do índice de qualidade da água para reservatórios*. Trabalho de Conclusão de Curso, Química Industrial. DEQ/UFS.

OCAMPO-DUQUE, W.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L. (2007). *A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters*. Environmental Pollution, v. 148, n. 2, p. 634–641.

SCANNAPIECO, D. ; NADDEO, V.; ZARRA, T; BELGIORNO, V. (2012). *River water quality assessment: A comparison of binary- and fuzzy logic-based approaches*. Ecological Engineering, v. 47, p. 132–140.

SUGENO, M. (1985). *An introductory survey of fuzzy control***.** Information Sciences. 36, p. 59-83.

TAKAGI, T.; SUGENO, M. (1985). *Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control*. n. 1, p. 116–132, 1985.

ZADEH, L. A. (1965). Fuzzy sets. *IEEE Infromatics and Control*, v. 8, p. 338–353.