

Determinação do grau toxicidade em ensaios ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia dubia* utilizando a lógica *fuzzy*

Cláudia Hitom Watanabe¹, José Arnaldo Frutuoso Roveda¹, Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda¹, Renata Fracácio¹, André Henrique Rosa¹

¹ Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Av. Tres de Março, 511 – Alto da Boa Vista, 18075-630, Sorocaba Brasil
claudiahwatanabe@gmail.com

Palavras-chave: lógica *fuzzy*; ecotoxicologia; bioensaios.

1 Introdução

Enquanto análises físico-químicas identificam e quantificam as concentrações das substâncias, os testes de toxicidade avaliam o efeito dessas substâncias sobre sistemas biológicos. Assim, as análises químicas e os testes de toxicidade se complementam. Estudos ecotoxicológicos são realizados utilizando-se organismos de diferentes níveis da cadeia trófica para ensaios de toxicidade em ambientes aquáticos utilizando-se norma adequada [1] e [2]. Dentro do contexto ambiental, trabalho com modelos relacionados a condições ambientais e a utilização da lógica *fuzzy* foram realizados [3]. O uso da lógica *fuzzy* no contexto avaliação da classificação da qualidade da água, trabalhando com a imprecisão dos parâmetros utilizados na classificação também foi realizado [4]. No que tange a aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* no âmbito ecotoxicológico, Friederichs *et. al.* propuseram a utilização da lógica *fuzzy* como ferramenta de auxílio na formação de agrupamentos do tipo clusters com o intuito de fornecer informações úteis sobre a distribuição de determinada substância química com base em dados relacionados a toxicidade [5]. A relevância deste trabalho está relacionada ao baixo número de pesquisa que agregam os temas: lógica *fuzzy* e ecotoxicidade. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer o grau de toxicidade com base na mortalidade e reprodução do organismo *Ceriodaphnia dubia* utilizando-se como ferramenta um sistema de inferência *fuzzy*.

2 Metodologia

Para o estabelecimento das variáveis de entrada na determinação do nível de toxicidade, foram utilizados os parâmetros biológicos analisados ao longo dos ensaios com o organismo *C. dubia*. Mortalidade e reprodução foram estabelecidas como variáveis de entrada atribuindo-se valores reportados pela norma vigente [1] para mortalidade e valores de p obtidos por análise estatística não-paramétrica de Kruskal Wallis p (1 a 0,0001) com ajustes matemáticos para a reprodução [6]. Elaborou-se um Sistema de Inferência *Fuzzy* tipo Mamdani, cuja base de regras foi construída a partir do conhecimento de especialistas, com o método do Centróide como processo de *defuzzificação*. Para avaliação do sistema, foram testados três conjuntos de dados para testar o sistema proposto: o primeiro grupo de dados, com variação de toxicidade e mortalidade nos valores com pertinência equivalente a 1. O segundo grupo de dados composto por resultados de ensaios diversos, contendo diferentes valores para mortalidade e reprodução. Por fim, o último grupo de dados de experimento realizado por Watanabe (2015) [7], levando em consideração os valores absolutos de mortalidade e reprodução em comparação com o modelo de base de regras proposto.

3 Resultados e discussões

Aos resultados de toxicidade obtidos para o primeiro grupo (valores extremos), com valores extremos de 0,8 e 9,2 (devido ao método de defuzzificação) para mínima e máxima toxicidade, respectivamente, foi necessário realizar ajuste e normalização dos valores a fim de obter um resultado de toxicidade em um intervalo de 0 a 10. Este reajuste foi também aplicado aos outros grupos testados. Para os valores de toxicidade obtidos do segundo grupo, os dados com mortalidade entre 0 e 20 % e variância de reprodução 0 a 1,3 apresentaram toxicidade nula. Do mesmo modo, valores com mortalidade acima de 90 % e variância da reprodução altamente significativa, apresentaram toxicidade máxima conforme esperado. Resultados interessantes relacionados a toxicidade foram observados com mortalidade dentro do que seria considerado ausência de efeito tóxico, atribuindo-se um valor de toxicidade final diferente de zero. Para o terceiro grupo de dados, foi possível observar valores diferentes de toxicidade para cada uma das amostras analisadas. Individualmente, para uma análise comum em relação a variância, seria possível afirmar apenas a presença de toxicidade nos parâmetros mortalidade e reprodução de forma individual como mostra a Fig 1. Desta forma, a avaliação da toxicidade forneceu um valor único, sem a necessidade da análise individual dos parâmetros.

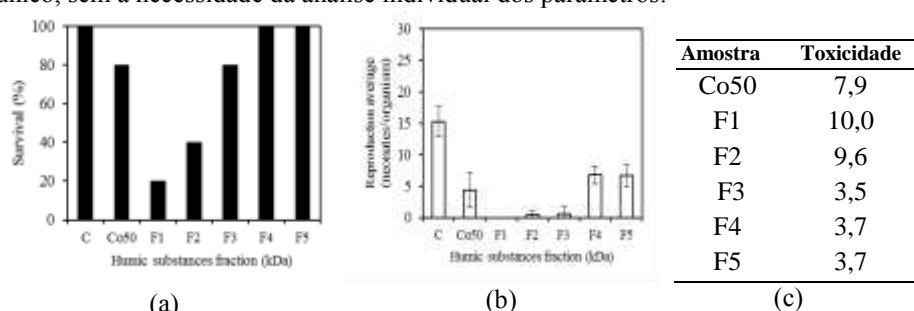


Fig. 1. Valores de sobrevivência (a) e reprodução (b) obtidos em ensaios de toxicidade em uma concentração de Cobalto de $50 \mu\text{g L}^{-1}$ ensaios utilizando-se *C. dubia*. (C) = control; Co (50) = $50 \mu\text{g L}^{-1}$; F1 – F5 = frações de matéria orgânica inserida em cada amostra. (c) valores obtidos pelo modelo *fuzzy* proposto.

Baseado nos valores obtidos pelo sistema proposto, foi possível observar que a relação entre a mortalidade e a reprodução associada à lógica *fuzzy* permitiu uma avaliação da toxicidade generalizada, apresentando valores sem a necessidade de avaliação individual dos parâmetros e reinterpretção dos mesmos. Além, disso, utilizando-se dados hipotéticos e reais para avaliação do desempenho da função, foi possível observar indicativos de eficácia do modelo proposto.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Laboratório de Histologia e Contaminantes Ambientais (LATHIS) e Grupo de Estudos Ambientais (GEA-UNESP), pelo apoio e parceria. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida para realização do trabalho.

Referências

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) Norma Técnica NBR 13373:2010: Ecotoxicologia aquática, toxicidade crônica, método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro (2010).
2. Zagatto, P.A.; Bertolotti, E. Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações. Ed. Rima. São Paulo (2006).
3. Silvert, W. *Fuzzy* indices of environmental conditions. Ecol. Model. 130, p. 111–119 (2000).
4. Içaga, Y. *Fuzzy* evaluation of water quality classification. Ecological Indicators 7 p.710–718 (2007).
5. Friederichs, M.; Fränkle, O.; Salski, A. *Fuzzy* clustering of existing chemicals according to their ecotoxicological properties. Ecological Modelling. 85. p. 27-40 (1996).
6. Ayres, M.; Ayres JR.; Ayres, D.L.; Santos, A. A. BioEstat 2.0.Computacional Program (2000).
7. Watanabe, C.H. Avaliação ecotoxicológica de metais/metaloídes e interferentes endócrinos em frações de substâncias húmicas de diferentes tamanhos moleculares. Dissertação (mestrado), Campus Experimental Sorocaba, Sorocaba (2015).