



e-Buoy: MONITORIZAÇÃO PREDITIVA DE CIANOTOXINAS EM ÁGUAS BRUTAS PARA CONSUMO

Joaquim de JESUS¹, Mário SANTOS², Rui CORTES²

1. FRESHWATER, Núcleo de Inovação e desenvolvimento – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Quinta dos Prados, 5000-801 Vila Real. Portugal. info@freswater.pt

2. CITAB, Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta dos Prados, 5000-911 Vila-Real, Portugal. citab@utad.pt

RESUMO

Boa parte da água potável que nos chega à torneira tem origem em sistemas de armazenamento artificiais de água bruta, nomeadamente barragens/reservatórios. Os principais impactes decorrentes da reserva de água nas barragens corresponde a dois fenómenos: a estratificação térmica e a eutrofização. Com o fenómeno de eutrofização é frequente a presença de cianobactérias, um dos constituintes do fitoplâncton e produtoras de cianotoxinas, contribuindo para condições de elevada adversidade, quer para os ecossistemas aquáticos, quer também para a saúde pública quando a água é utilizada para abastecimento público. O sistema e-Buoy insere-se na área das soluções de engenharia ambiental, conducentes à disponibilização de informação útil no âmbito da monitorização da qualidade da “água bruta” utilizada para consumo humano. Antecipa de forma preditiva cenários de blooms de cianobactérias que podem comprometer severamente a qualidade da água (cianotoxinas). Este sistema de monitorização *in-situ*, além da informação que produz em tempo real (sensores físico-químicos, meteorológicos e biológicos) alimenta uma base de dados que fornece ao modelo dinâmico (StDM) a capacidade de antecipar o desenvolvimento destes fenómenos críticos em barragens/reservatórios de abastecimento de água às populações. Corresponde a uma poderosa ferramenta de apoio à decisão, na salvaguarda dos ecossistemas aquáticos e da saúde pública.

Palavras-Chave: Cianobactérias; cianotoxinas; eutrofização; águas de consumo

1. INTRODUÇÃO

As fluorescências ou blooms de cianobactérias, que correspondem a crescimentos descontrolados destes microrganismos em lagos, barragem ou reservatórios, responsáveis pela produção de cianotoxinas (neurotoxinas e Hepatotoxinas), classificadas como potencialmente cancerígenas para o Homem (International Agency for Reserch on Cancer - 2006) mesmo em baixas concentrações, apresentam um elevado risco para a saúde pública, pois os sistemas de tratamento de água (ETAs) são por vezes permeáveis a estas toxinas, permitindo a sua entrada nos sistemas de abastecimento, promovendo uma intoxicação silenciosa e cumulativa. Assim, o desenvolvimento de sistemas de informação que permitam antecipar a ocorrência destes blooms de cianobactérias e consequentemente a inibição da chegada de biotoxinas, potencialmente cancerígenas, aos sistemas de abastecimento público de água potável, constitui um enorme desafio, principalmente se atendermos ao facto da sua formação estar dependente de complexas relações com o meio e de difícil previsão.

O presente projeto desenvolveu um sistema inteligente de monitorização preditivo *in-situ* e em contínuo através da análise de sensores físico-químicos, biológicos e climatológicos. Esta informação, recolhida 365 dias por ano, em tempo real, alimenta uma robusta base de dados, que tratada estatisticamente fornece ao modelo dinâmico (StDM) coeficientes parciais das equações matemáticas, para antecipar cenários de progressão dos indicadores de interesse (ex. ficocianina – pigmento específico das cianobactérias)

2. METODOLOGIA

O sistema compreende duas componentes principais:

- Smartbuoy: e-Buoy, instalada na barragem/reservatório de forma autónoma, realiza a monitorização *in-situ* da qualidade da água e envia essa informação via GPRS/GSM ou via satélite.
- Plataforma web recetora dos dados enviados pela Smartbuoy, que depois de validados em backoffice, são disponibilizados num portal web de acesso qualificado.

Todo o sistema foi concebido e orientado para auxiliar a gestão de massas de água fortemente modificadas (barragens/reservatórios), constituindo-se como uma ferramenta de elevada utilidade. A e-Buoy compreende, na sua versão base, uma estação meteorológica (radiação, temperatura do ar, pluviosidade), um conjunto de sensores de análise físico-química: Oxigénio dissolvido, pH, Condutividade, Temperatura, Potencial redox, sólidos dissolvidos totais e turbidez e parâmetros biológicos: clorofila *a* - permite estabelecer uma relação com a biomassa fitoplanctónica presente; ficocianina - estabelece relação com a biomassa de cianobactérias presentes. Os dados são recolhidos em contínuo (365 dias/ano) e armazenados pelo *data-logger* (desenvolvido e projetado no âmbito deste projeto) sendo transmitidos via GPRS/GSM para a “Cloud” e armazenados e processados num servidor Web, garantindo um acesso seguro aos dados em tempo real, assim como aos dados históricos.

O tratamento estatístico e o modelo dinâmico (StDM) é exclusivo de cada barragem/reservatório, o que aumenta significativamente o conhecimento das especificidades de cada sistema (pressões antropogénicas ou naturais, clima, geologia, etc..) permitindo uma elevada robustez na antecipação de cenários críticos. Os cenários preditivos, produzidos e continuamente validados no modelo, permitem uma gestão equilibrada do sistema, antecipando estratégias de gestão da água em função dos cenários previstos. A possibilidade de antecipar picos críticos de biotoxinas na água, permite uma gestão nas linhas de tratamento (ETA) de forma a acionar sistemas complementares de tratamento eficaz para a degradação das biotoxinas, salvaguardando a qualidade do abastecimento e a saúde pública.

A metodologia estocástico-dinâmica (Stochastic-Dynamic Methodology - StDM) é um processo de modelação sequencial que tenta captar tendências holísticas reveladoras do estado ecológico de ecossistemas alterados por atividades humanas. Esta metodologia, porque não depende do cálculo detalhado de parâmetros, tem-se revelado expedita e aplicável em vários tipos de ecossistemas, como rios e ribeiras (Cabecinha et al., 2004, 2007), agroecossistemas (Santos e Cabral, 2004; Cabral et al., 2007) e estuários (Silva-Santos et al., 2006, 2008) ou na simulação do impacto de tendências socioeconómicas sobre espécies ou comunidades ameaçadas (Santos et al., 2007, 2009). Os modelos StDM têm sido desenvolvidos com recurso ao *software* de modelação STELLA®.

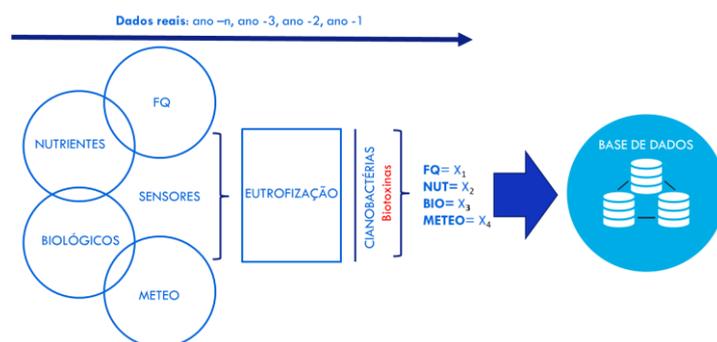


Fig. 1. Representação esquemática das variáveis a considerar no modelo estocástico-dinâmico STELLA®

3. CONCLUSÕES

A metodologia tradicional utilizada na avaliação qualitativa das massas de água lênticas compreende um conjunto de condicionantes relacionados com a disponibilização dos resultados em tempo útil, não só devido à complexidade da recolha, conservação e transporte das amostras para laboratório, mas também devido às determinações analíticas, relatórios e difusão de resultados. Assim, o recurso a tecnologia de produção e disponibilização de informação em tempo real assegura e eleva a qualidade da tomada de decisão. O sistema inteligente e-Buoy (*água 4.0*) vai mais longe e permite antecipar cenários críticos de evolução, em que o modelo utiliza os dados em tempo real para se autocalibrar a cada resultado, robustecendo/validando os cenários apresentados. Este robusto sistema de avaliação dirigido a uma comunidade biológica específica: cianobactérias (produtoras de cianotoxinas), permite assegurar um nível de conhecimento de cada uma das infraestruturas que avalia (barragens/reservatórios de água bruta), possibilitando uma gestão nas linhas de tratamento de água, de forma a acionar sistemas complementares de degradação eficaz das biotoxinas, salvaguardando a qualidade do abastecimento e a saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabral JA, Rocha A, Santos M, Crespi AL (2007). A stochastic dynamic methodology (SDM) to facilitate handling simple passerine indicators in the scope of the agri-environmental measures problematics. *Ecological Indicators* 7: 34-47.
- Graham, J.L., Loftin, K.A., Ziegler, A.C., Meyer, M.T., (2008) Guidelines for Design and Sampling for Cyanobacterial Toxin and Taste-and-Odor Studies in Lakes and Reservoirs. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5038.
- Santos M, Cabral JA (2004). Development of a stochastic dynamic model for ecological indicators' prediction in changed Mediterranean agroecosystems of north-eastern Portugal. *Ecological Indicators* 3: 285-303.
- Santos M, Travassos P, Repas M, Cabral JA (2009). Modelling the performance of bird surveys in non-standard weather conditions: general applications with special reference to mountain ecosystems. *Ecological Indicators* 9: 41-51.
- Santos M, Vaz C, Travassos P, Cabral JA (2007). Simulating the impact of socio-economic trends on threatened Iberian wolf populations (*Canis lupus signatus*) in North-eastern Portugal. *Ecological Indicators* 7: 649-664.
- Silva-Santos P, Pardal MA, Lopes RJ, Múrias T, Cabral JA (2006). A Stochastic Dynamic Methodology (SDM) to the modelling of trophic interactions, with a focus on estuarine eutrophication scenarios. *Ecological Indicators* 6: 394-408.
- Silva-Santos P, Pardal MA, Lopes RJ, Múrias T, Cabral JA (2008). Testing the Stochastic Dynamic Methodology (StDM) as a management tool in a shallow temperate estuary of south Europe (Mondego, Portugal). *Ecological Modelling* 210: 377-402.
- Zamyadi, A., McQuaid, N., Prevost, M., Dorner, S., (2012) Monitoring of potentially toxic cyanobacteria using an online multi-probe in drinking water sources. *Journal of environmental monitoring* : JEM 14, 579-588.
- International Agency for Reserch on Cancer. Cyanobacterial peptide toxins. Lyon: IARC, 2006. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol194/mono94-7.pdf>