



ABORDAGEM INTEGRADA DE ESCORRÊNCIAS RODOVIÁRIAS EM CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Ana Estela BARBOSA ¹ e João Nuno FERNANDES ²

1. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101 – 1700-066 LISBOA aestela@lnec.pt

2. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101 – 1700-066 LISBOA jnfernandes@lnec.pt

RESUMO

A gestão da água em cenários de alterações climáticas (CAC) é uma oportunidade para rever metodologias, criando soluções inovadoras e promotoras de resiliência e sustentabilidade. A concentração de poluentes em massas de água encontra-se associada à integração de variáveis hidrológicas e das origens e características da poluição pontual e difusa. Através de um exemplo concreto aplicado às estradas - uma fonte de poluição difusa - a presente comunicação pretende alertar para a necessidade de rever abordagens da gestão de recursos hídricos. Foram aplicadas quatro ferramentas de previsão das concentrações de poluentes de águas de escorrência de estradas a 22 casos de estudo, localizados em 7 países europeus. Contrariamente à expectativa, verificou-se que nenhuma ferramenta foi capaz de prever consistentemente as concentrações de poluentes no escoamento de estradas localizadas fora da região onde a ferramenta foi calibrada. Mesmo para casos de estudo em regiões/países com ferramenta de predição é recomendável a realização de monitorizações periódicas para validação das concentrações. Este exemplo, a experiência dos autores e a revisão da literatura realçam a necessidade de rever expectativas e abordagens de controlo de fontes de poluição, incluindo também a incerteza gerada pelos cenários de alterações climáticas. A importância de uma boa comunicação e dinâmica colaborativa entre investigadores, *stakeholders* e decisores é também fundamental para promover melhorias na gestão de recursos hídricos.

Palavras-Chave: Poluição difusa; escorrências rodoviárias; gestão da qualidade da água; alterações climáticas

1. INTRODUÇÃO

Cenários de alterações climáticas consistem em aumentos de temperaturas e de eventos extremos de precipitação embora os valores médios anuais possam não ter grandes mudanças. A adaptação a esses cenários envolve a compreensão de fenómenos complexos que têm lugar em distintas escalas temporais e espaciais (Beier *et al.*, 2016). No caso da gestão da água, identificam-se cumulativamente pressões adicionais tais como a crescente urbanização e uma maior exigência de água para usos como a irrigação, produção de energia eléctrica e indústria. Neste contexto, é importante definir estratégias de gestão inovadoras por forma a encontrar soluções sustentáveis.

A gestão da água em cenários de alterações climáticas (CAC) é uma oportunidade para resolver questões pendentes e inovar no sentido de um futuro mais resiliente e sustentável. A importância de uma boa comunicação entre investigadores, *stakeholders* e decisores é fundamental. Em diferentes países, estudos multidisciplinares envolvendo ciências sociais, indicam que uma maior flexibilidade e experimentalismo na investigação e na tomada de decisão são cruciais para lidar com as questões das alterações climáticas (Barbosa e Matos, 2017).

Em regiões mediterrânicas como Portugal a gestão da água e dos ecossistemas em CAC requerem abordagens atentas e um olhar mais abrangente das metodologias a aplicar. A análise da concentração de poluentes em massas de água encontra-se, quase sempre, associada à integração de variáveis hidrológicas e das origens de poluição pontuais e difusas. Sendo um facto que, em climas mediterrânicos, a variação dos parâmetros

hidrológicos é já por si elevada, a consideração adicional de CAC leva ao aumento das possibilidades e incertezas.

Um estudo nacional avaliou os potenciais impactes das escorrências do IP6 na qualidade da água da albufeira de S. Domingos (na zona de Peniche) tendo-se evidenciado que as descargas não apresentam impactos significativos devido ao efeito de diluição proporcionado pelo volume da albufeira (Vieira *et al.*, 2013). Todavia, foi demonstrado que as estradas podem, de forma subtil, afetar o estado de massas de água confinada. Com base na investigação efetuada, nomeadamente na aplicação de metodologias tradicionais na gestão das fontes de poluição difusa, considera-se que as formas de avaliação a proteção das massas de água superficiais e subterrâneas deverão ser revistas de forma a integrar novos conhecimentos científicos em CAC e proporcionar aos decisores ferramentas objetivas e consistentes. Esta comunicação aborda especificamente o tema das escorrências rodoviárias através da análise da aplicação de diferentes modelos a casos de estudo na Europa. Desta forma, discute-se a validade e pertinência de utilizar ferramentas para previsão de concentrações de poluentes nas mesmas.

2. ENQUADRAMENTO

O conhecimento das características da poluição de escorrências rodoviárias é crucial para a avaliação de seus possíveis impactos nas massas de água e nos ecossistemas associados, bem como para informar decisões sobre a necessidade de construção de sistemas de tratamento para mitigação de impactos. O método mais preciso para avaliar a qualidade da água das escorrências é a monitorização de escoamentos nas estradas, incluindo amostragem automática de chuvas e escoamentos, análises caracterizadoras da qualidade das amostras e cálculo das Concentrações Médias de Eventos (CME), Concentração Média do Local (CML) e cargas de poluentes.

Geralmente, considera-se aceitável que a monitorização de pelo menos 10 eventos de precipitação independentes é suficiente para se calcular uma CML robusta para um determinado local. O trabalho de monitorização requer recursos humanos e materiais consideráveis e está sujeito a variáveis não controladas, como problemas com equipamento, ausência de eventos de chuva apropriados etc. Neste sentido, as ferramentas de previsão de concentração / carga de poluentes podem ser um método importante para a proteção do meio ambiente e dos recursos hídricos. A robustez das ferramentas de previsão é validada por bases de dados de monitorização que servem tanto para o seu desenvolvimento como para a sua calibração.

Com o objetivo de encontrar uma ou mais ferramentas expeditas e consistentes para previsão da qualidade de escorrências de estradas que pudessem ser utilizadas em toda a Europa, no âmbito do projecto PROPER (*Road Runoff Pollution Management and Mitigation of Environmental Risks*), foi feito um trabalho de pesquisa e identificadas 4 ferramentas com tal potencial. Elas foram, nomeadamente:

- HAWRAT (desenvolvido para o Reino Unido, Crabtree *et al.*, 2008)
- SELDM (desenvolvido para os EUA, Granato, 2013)
- PREQUALE (desenvolvida para Portugal, Barbosa *et al.*, 2011)
- Equação de Kayhanian *et al.* (2007, desenvolvida para a Califórnia, EUA).

2.1. Metodologia

Para testar as referidas quatro ferramentas, foram angariados dados de monitorização de 22 estradas localizadas em 7 países diferentes da Europa, nomeadamente Portugal, França, Holanda, Suíça, Inglaterra, Irlanda e Noruega. A localização destes casos de estudo encontra-se na Fig. 1.

As 22 estradas estão localizadas em diferentes regiões do território europeu, com precipitação média anual que varia entre 500 e 2000 mm. Os dados da França representam a mesma estrada e local, com dois pavimentos diferentes (asfalto poroso e convencional) pelo que foram considerados como 2 de casos de estudo diferentes. Estes 22 locais cobrem uma ampla gama de condições, como por exemplo (i) áreas de drenagem entre 290 m² e 58680 m² e (ii) Tráfego Diário Médio Anual de 2918 a 78.000 veículos. A menor fração impermeável de uma bacia hidrográfica rodoviária monitorada diz respeito a uma estrada portuguesa (A1), com cerca de 41% da área impermeável. Os dois países que forneceram mais casos de estudo foram Portugal e Inglaterra.

2.1. Apresentação e discussão de resultados

A comparação entre a CML real (monitorizada) e a calculada pela previsão dos 4 modelos encontra-se na Fig. 2, para as 22 estradas e os 5 poluentes seleccionados como parâmetros chave neste estudo. Os resultados demonstraram que nenhuma das quatro ferramentas testadas é capaz de prever as concentrações de poluentes no escoamento da estrada (Fernandes e Barbosa, 2019).

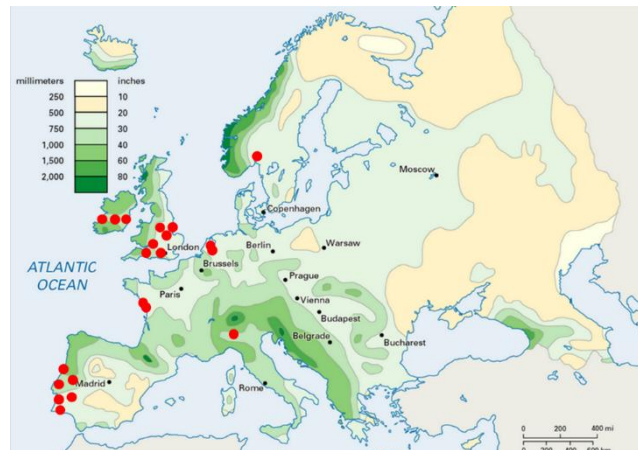


Fig. 1. Mapa de precipitação da Europa cm a localização das estradas usadas no estudo (assinaladas a vermelho)

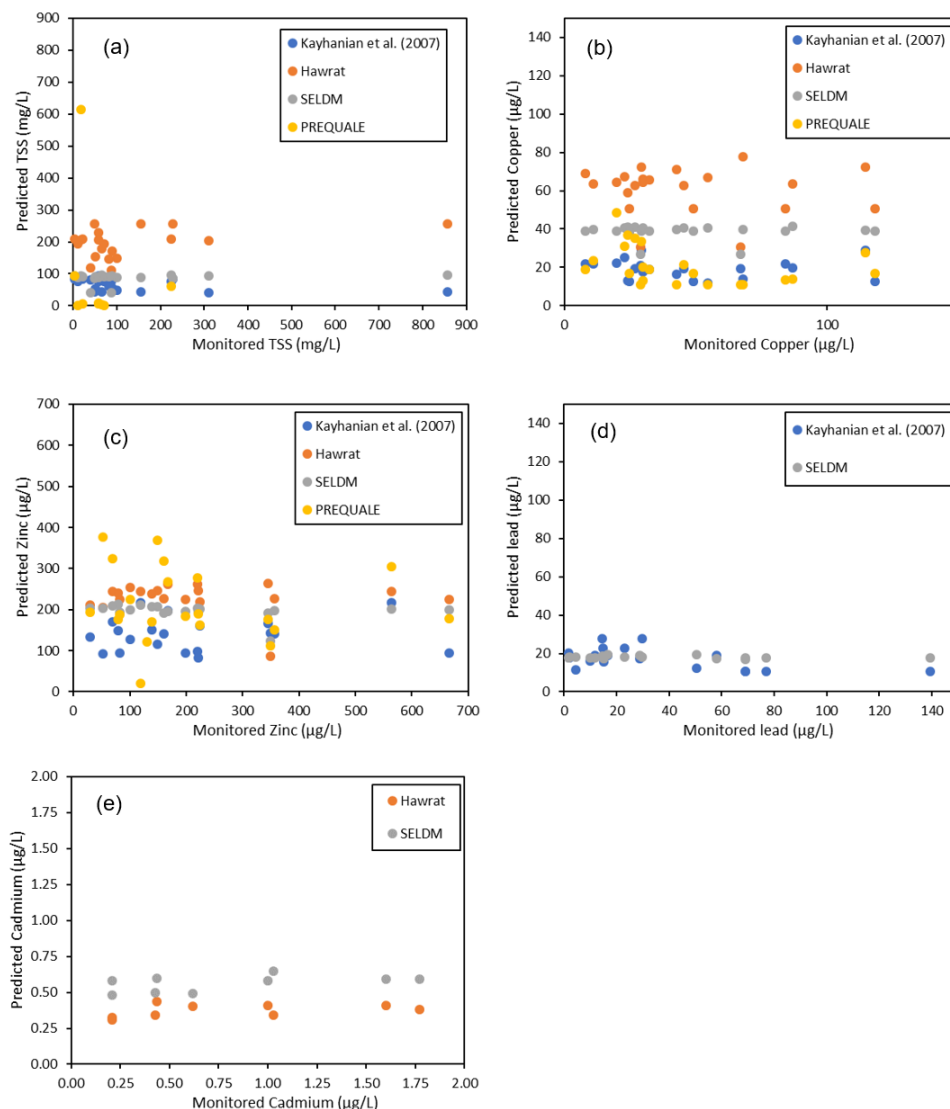


Fig. 2. Comparação da CML monitorizada e estimada para (a) SST; (b) cobre; (c) zinco; (d) chumbo e (e) cádmio

3. CONCLUSÕES

Através de um exemplo concreto, a presente comunicação pretende alertar para a necessidade de rever as diferentes abordagens da gestão de recursos hídricos e mitigação de impactos em CAC. Entende-se que o trabalho realizado é valioso em termos de conclusões e diretrizes para a prática futura e abordagens na previsão de concentrações de poluentes em escorrências rodoviárias.

Com efeito, nenhuma das quatro ferramentas foi capaz de prever consistentemente as concentrações de poluentes nas escorrências de diversas estradas. Mesmo para um local específico com uma CML estimada com base em dados reais, é importante realizar uma monitorização periódica para que esta CML possa ser validada ou corrigida. Assim, não é recomendável tomar decisões de gestão da poluição de escorrências rodoviárias utilizando ferramentas de previsão que não foram estabelecidas para o local / região / país em causa ou que estão desatualizadas.

Por outro lado, é importante avaliar adequadamente a vulnerabilidade das massas de águas superficiais e subterrâneas que recebam descargas de estradas (p.ex., Revitt *et al.*, 2018). No que respeita à avaliação de



impactos é ainda da maior relevância a existência de registos históricos de qualidade da água, como foi o caso do estudo de Vieira *et al.* (2013) que recorreu a 12 de registos históricos de qualidade da água (SNIRH) para a albufeira de S. Domingos tendo ainda usado o método de médias móveis para a interpretação de resultados. Tendo em conta não só a elevada variabilidade hidrológica típica dos climas Mediterrânicos, como os CAC, a concentração de poluentes em massas de água deve ser sempre avaliada ao longo de um período de tempo significativo.

Com base no trabalho realizado e na experiência dos autores, entende-se que ferramentas determinísticas desenvolvidas para condições muito abrangentes não são recomendáveis ou válidas. As características específicas do local / região climáticas e das massas hídricas, bem como as práticas administrativas e de governança dos países deverão ser especificamente tidas em conta para estabelecer um método objetivo e simples para controlar os impactos da poluição de escorrências de estradas no meio hídrico e ecossistemas. A importância de uma boa comunicação e dinâmica colaborativa entre investigadores, *stakeholders* e decisores é também fundamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa AE, Matos R (2017) Water Management in a changing climate: Research at the service of society. 14th IWA/IAHR International Conference on Urban Drainage 11-15 September, Prague, Czech Republic.
- Barbosa AE, Telhado A, Caliço J, Fernandes J, Vieira J, Almeida L, Whitehead M, Ramísio P, Antunes P, Baguinho R (2011) Guidelines for integrated road runoff pollution management in Portugal, G-Terra Project, Portugal.
- Beier P, Hansen LJ, Helbrecht L, Behar D (2016) A How-to Guide for Coproduction of Actionable Science. Conservation Letters, 9 pp. doi/10.1111/conl.12300
- Crabtree B, Dempsey P, Johnson I, Whitehead M (2008) The development of a risk assessment approach to manage pollution from highway runoff. Proc. 11th Int. Conf. Urban Drainage. Edinburgh, Scotland UK, IWA Publishing.
- Fernandes JN, Barbosa AE (2019) Assessment of tools to predict road runoff water quality. Report D1.4 of the Project Road Runoff Pollution Management and Mitigation of Environmental Risks (PROPER). CEDR project. 29 pp.
- Granato GE (2013) Stochastic empirical loading and dilution model (SELDM) version 1.0.0, U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 4, chap. C3, 112 pp.
- Kayhanian M, Suverkropp C, Ruby A, Tsay K (2007) Characterisation and prediction of highway runoff constituent event mean concentration, Journal of Environmental Management, vol. 85(2), 279-295.
- Revitt M, Ellis B, Lundy L, Fernandes JN, Barbosa AE (2018) D2.2 Construction, operation and maintenance of roads: parameters to assess surface and ground water vulnerabilities and associated risks. <http://proper-cedr.eu/onewebmedia/D2.2%20final%20revised.pdf>
- Vieira R, Fernandes J N, Barbosa AE (2013) Evaluation of the impacts of road runoff in a Mediterranean reservoir in Portugal, Environ Monit Assess 185: 7659-7673. DOI 10.1007/s10661-013-3126-2.