

O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO APLICADO À DELIMITAÇÃO DE ZONAS DE CAPTURA DE POÇOS DE ABASTECIMENTO

Marcelo Sousa¹; Emil O. Frind¹; David L. Rudolph¹

Resumo – Zonas de captura são importantes para a gestão da qualidade e quantidade da água produzida em poços de abastecimento. Modelos matemáticos são comumente utilizados para essa finalidade. No entanto, as previsões obtidas apresentam elevada incerteza. Um método é proposto lidar com esse problema, por meio da aplicação do princípio da precaução. Esse método propõe a combinação do resultado de diferentes modelos de maneira a induzir decisões a favor da segurança.

Abstract – Capture zones are important for the management of quality and quantity issues on water supply wells. Mathematical models are frequently applied for this purpose. However, there is a significant uncertainty associated with model predictions. A method is proposed to address this issue using the precautionary principle. This method suggests the combination of results from alternative models in a way to err on the side of caution.

Palavras-Chave – Modelagem, incerteza, poço, zona de captura.

1 - INTRODUÇÃO

A delimitação de zonas de captura de poços de abastecimento é importante para a gestão das mananciais subterrâneos, tanto sobre o aspecto de qualidade quanto de quantidade. Modelos matemáticos são comumente utilizados para essa finalidade, sendo muitas vezes até incorporados em instrumentos legais para gestão de recursos hídricos.

As previsões geradas por modelos, no entanto, apresentam uma elevada incerteza. Diversas técnicas são discutidas na literatura científica para lidar com esse problema, em geral baseadas em métodos estatísticos. Infelizmente, essas técnicas não são comumente utilizadas na prática. Alguns motivos são a falta de integração com o processo de decisão, a ausência de um protocolo claro e outros problemas práticos e conceituais.

Com o objetivo de contornar esses obstáculos, um método é apresentado para lidar com a incerteza na delimitação de zonas de captura de poços, fundamentado no princípio da precaução. Esse princípio sugere que, quando existe significativa incerteza, decisões

¹ Dept. of Earth and Environmental Sciences, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1, 1 519 888-4567, m2sousa@uwaterloo.ca

devem ser tomadas de modo a errar a favor da segurança, considerando a proteção do meio ambiente e do público [1].

2 - INCERTEZA NA DELIMITAÇÃO DE ZONAS DE CAPTURA

As incertezas relacionadas com previsões de modelos matemáticos decorrem de diversos fatores, como: elevada complexidade de sistemas naturais, falta de dados, simplificações e incertezas nos modelos numérico e conceitual. Idealmente, essas incertezas devem ser consideradas no processo de tomada de decisão, mas raramente isso é feito na prática.

Segundo Papperberger e Beven [2], a análise de incerteza ainda não foi incorporada à prática comum da modelagem matemática em hidrologia por falta de orientações claras para sua aplicação. De acordo com esses autores, o que existe são um conjunto de técnicas com diferentes abordagens filosóficas, mais ou menos apropriadas dependendo do problema em questão. Além disso, Evers e Lerner [3] argumentam que na maioria dos casos práticos é impossível caracterizar propriamente as distribuições estatísticas de parâmetros utilizados em modelos para delimitação de zonas de captura.

De acordo com um estudo sobre a análise de risco em tomada de decisões [4], profissionais que tentam caracterizar a incerteza enfrentam um dilema: Por um lado, técnicas simplificadas produzem uma representação incorreta da incerteza. Por outro, técnicas mais rigorosas geralmente são complicadas e de pouca utilidade no processo de decisão. Esse estudo aponta que a solução pode estar em uma mudança de perspectiva: ao invés de tentar "quantificar a incerteza", o foco deve ser em como "tomar a decisão, em condições de incerteza". Essa diferença é sutil, porém importante. Nesse sentido, Ravetz [5] afirma que a ciência não deve ser vista como o "oposto da ignorância", mas sim como uma ferramenta para o "gerenciamento da ignorância".

3 - DESCRIÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Nesse sentido, um método é apresentado para lidar com a incerteza na delimitação de zonas de captura. Esse método combina o fato de que existem mais de uma representação válida do fluxo subterrâneo com a simplicidade e o viés conservador do princípio da precaução. Para a implantação desse método, é importante reconhecer que

existem dois tipos de decisões que podem ser feitas utilizando-se zonas de captura: as decisões relacionadas à proteção, e as relacionadas à mitigação.

O primeiro tipo de decisão (proteção) tem o objetivo de restringir a presença de potenciais fontes de contaminantes no interior da zona de captura de um poço de abastecimento. Em condições de incerteza, é razoável preferencialmente superestimar a área da zona de captura para decisões relacionadas à proteção. Essa medida reduz a probabilidade de localização de atividades potencialmente poluidoras (e.g., um novo aterro de resíduos) no interior da zona de captura do poço.

O segundo tipo de decisão (mitigação) tem o objetivo de priorizar locais para implementar medidas para melhorar a qualidade da água sendo captada pelo poço. Nessas situações é preferível subestimar a zona de captura em condições de incerteza. Isso aumentaria a probabilidade de observar um efeito positivo no poço de abastecimento em função de atividades para melhoria da qualidade da água (e.g., redução da aplicação de fertilizantes, fechamento de poços desativados/ilegais).

Para a implementação do método proposto, o primeiro passo consiste na elaboração de diferentes modelos numéricos para delimitação de zonas de captura. Esses modelos podem considerar diferentes distribuições de parâmetros (e.g., condutividade hidráulica), condições de contorno (e.g., recarga), geometrias de aquíferos/aquitardes, soluções numéricas e até mesmo diferentes modelos conceituais. O único critério a ser obedecido é que esses modelos devem ser calibrados e considerados representações válidas do fluxo de águas subterrâneas.

O segundo passo consiste em determinar diferentes zonas de captura para cada um dos modelos considerados válidos. As zonas de captura podem ser estimadas utilizando técnicas como o rastreamento de partículas (*particle tracking*) ou transporte reverso (*backward transport*). Finalmente, os resultados obtidos são combinados de modo a superestimar a zona de captura para decisões de proteção e subestimar para decisões de mitigação. Para decisões de proteção e mitigação, a zona de captura é definida como a envoltória e intersecção, respectivamente, das zonas de captura estimadas pelos diferentes modelos considerados válidos (Figura 1).

4 - CONCLUSÃO

O método apresentado é uma maneira simples, intuitiva e com um viés claro a favor da segurança para lidar com a incerteza na delimitação de zonas de captura. Essas

características são favoráveis para a comunicação com não-especialistas e, conseqüentemente, para a aplicação no processo de tomada de decisão.

Deve-se ter em mente que esse método pode levar a decisões excessivamente conservadoras, principalmente se modelos que não são razoáveis e representativos das condições de fluxo forem incluídos na análise. Mesmo com essas limitações, esse método pode ser útil como uma análise preliminar e para estimar os limites máximos e mínimos da zona de captura.

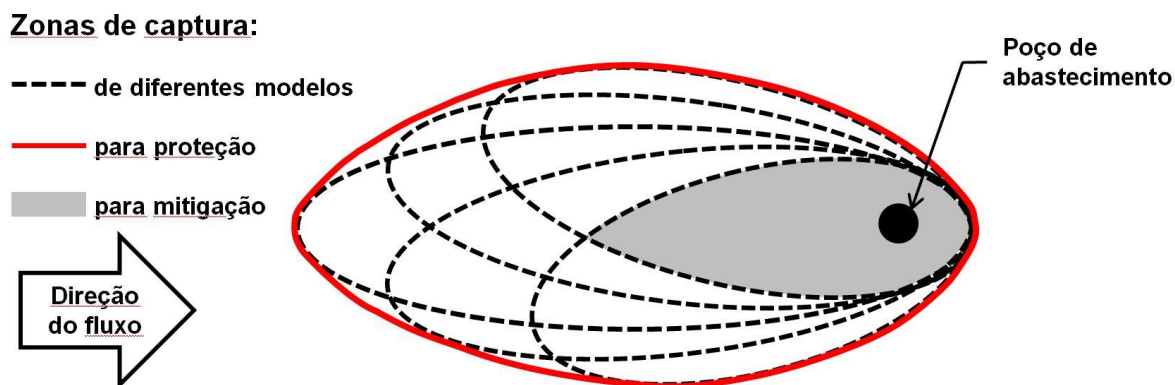


Figura 1 – Diagrama indicanto a combinação de diferentes zonas de captura em duas zonas distintas: de proteção e de mitigação. Adaptado a partir de Evers e Lerner [3].

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KRIEBEL D., Tickner J., Epstein P., Lemons J., Levins R., Loechler E. L., Quinn M., Rudel R., Schettler T., and Stoto M., 2001. The precautionary principle in environmental science. *Environ Health Perspect.* 2001 September; 109(9): 871–876.
- [2] PAPPENBERGER F., Beven K.J., 2006. Ignorance is bliss: 7 reasons not to use uncertainty analysis. *Water Resources Research* 42(5): W05302. DOI: 10.1029/2005WR004820.
- [3] EVERS S., Lerner D.N., 1998. How uncertain is our estimate of a wellhead protection zone? *Ground Water* 36:49–57
- [4] NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996. Judgement in the risk decision process. In: Stern PC, Fineberg HV, eds. *Understanding Risk - Informing Decisions in a Democratic Society*. Washington, D.C.: National Academy Press; 1996:37-72.
- [5] RAVETZ, J.R., 1987. Uncertainty, Ignorance and Policy. In: H. Brooks and C.L. Cooper, eds. *Science for Public Policy*. New York: Pergamon Press, 1987, pp. 77-93.