

## **Modelagem Matemática e Simulação computacional do comportamento evolutivo de manchas superficiais de poluentes: o caso da parte urbana do rio Balsas, em Balsas, MA**

**Lourimara Farias Barros Alves**

Universidade Estadual do Maranhão – Centro de Estudos Superiores de Balsas - CESBA  
Campus V, Praça Gonçalves Dias, s/n  
Balsas-Maranhão  
E-mail: lfbalves@hotmail.com

**João Frederico da Costa Azevedo Meyer**

Universidade Estadual de Campinas – IMECC/Departamento de Matemática Aplicada  
13083-970, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Campinas, SP  
E-mail: joni@ime.unicamp.br

### **RESUMO**

A cidade de Balsas, ao sul do Maranhão, nasceu e vive às margens do rio de mesmo nome, corpo aquático intimamente ligado não apenas à história, mas também à vida da comunidade. Muitas atividades, porém, têm afetado a vida do rio e tem se tornado importante produzir instrumentos de avaliação de níveis de impacto no rio provenientes de atividades antrópicas, e sua evolução.

Além das atividades comerciais, e do despejo de alguns dejetos domésticos, atividades de lazer nas margens próximas ao centro e do deságüe de córregos que cruzam a parte urbana da cidade, há, também, a presença de material impactante vinda da parte do rio a montante, onde se localizam importantes atividades agroindustriais, sendo Balsas um dos mais importantes centros produtores de soja do Norte-nordeste brasileiro. Neste trabalho apresentamos uma modelagem matemática discreta do comportamento evolutivo de plumas superficiais de poluentes no trecho urbano do rio, recorrendo a equações compartimentais que, além de uma subdivisão longitudinal do rio, inclui subdivisões laterais de modo a descrever o desejado comportamento. Em seu aspecto linear, o modelo inclui o vetor cujas componentes a cada passo no tempo, descrevem a presença de material impactante em cada compartimento, incluindo também um vetor das fontes de poluição que pode variar temporalmente, além de uma matriz de transição que descreve, com cada elemento, o comportamento evolutivo do poluente no compartimento, incluindo a degradação, a fonte, o que, pelo fluxo, é tirado do compartimento e o que, ainda pelo fluxo, é trazido ao compartimento.

Assim, na abordagem linear, o que se tem é, para  $C_{-}^{(n+1)} = M \cdot C_{-}^{(n)} + d^{(n)}$  (1).

A saída do programa é visualmente trabalhada para se poder identificar pontos críticos de impacto, bem como os efeitos de ações corretivas por parte de autoridades locais, evidenciando que o esquema numérico se constitui em relevante ferramenta para uma abordagem inicial de estratégias de contenção, correção, proteção ou de uma preservação ambiental essencialmente relevante para a conservação de aspectos de qualidade de vida que têm caracterizado a cidade e a vida comunitária no entorno do rio.

Na abordagem não-linear, ou seja, tratando dos mesmos fenômenos não apenas com descrições lineares (é o caso de abordagens das degradações diversas), aí incluída uma variação periódica temporal das fontes (em função da época do ano, e de atividades nas margens), o que se tem, evidentemente é uma expressão discreta na forma  $C_{-}^{(n+1)} = f(C^{(n)})$  (2).

Os parâmetros foram definidos por observações *in loco* ou qualitativamente, respeitando ordens de grandeza relativas (como no caso das fontes em que se constituem os córregos).

Os algoritmos, em ambiente MATLAB, permite visualizar possibilidades futuras de intervenção por parte de autoridades locais.

São descritos processos de avaliação de valores para fluxo e velocidade do rio, identificados estados assintóticos via saídas tanto com superfícies tridimensionais quanto com o uso de curvas de nível.

**Palavras-chave:** *Ecologia Matemática, impacto ambiental, modelos compartimentais, visualização de resultados.*

### **Referências**

- [1] L. Edelstein-Keshet, *Mathematica Models in Biology*, SIAM, Philadelphia, 2005.
- [2] R. L. Burden e J. D. Faires, *Numerical Analysis*, 6a edição, Brooks-Cole Publ. 2004.
- [3] L. F. B. Alves, “Modelagens matemáticas para simulações computacionais de impacto ambiental no rio Balsas”, Tese de Mestrado, IMECC-UNICAMP, 2009.
- [4] J. Murray, “*Mathematical Biology*”, Springer, Heidelberg, 1989.