O movimento de uma pluma de poluente na Baía de Santos: Modelagem, Discretização e Simulações Computacionais

André Luiz dos Santos, Victor Miguel Marinelli Vicente*, João Frederico da Costa Azevedo Meyer.

Resumo

Neste trabalho é modelado o comportamento evolutivo de uma mancha de poluentes de superfície num domínio retangular que aproxima a Baía de Santos em função dos canais que desagüam na própria praia. O modelo matemático é feito com a Equação Diferencial Parcial de Difusão-Advecção-Reação aproximada usando Diferenças Finitas Centradas nas variáveis espaciais e o Método de Crank-Nicolson na variável temporal. A difusão considerada é a difusão dita "turbulenta", a advecção sendo majoritariamente provocada pelo vento é dada usando o perfil de Ekman, e a reação identifica as bocas dos canais da Praia de Santos, no litoral Paulista. O algoritmo foi desenvolvido e implementado em ambiente MATLAB que permite uma saída gráfica qualitativamente compreensível.

Palavras-chave:

Ecologia matemática, Impacto ambiental, Crank-Nicolson.

Introdução

Neste trabalho, dando seguimento a uma Iniciação Científica voluntária em que se estudam Métodos Numéricos em Ecologia Matemática, foi considerada, em sequência a uma série de problemas de crescente complexidade, uma situação a ser modelada, aproximada, discretizada e tratada numericamente com saídas qualitativas. Esta situação é a de uma dinâmica de plumas de poluente num domínio marítimo costeiro submetido a tal impacto.

Resultados e Discussão

Além da Equação diferencial Parcial de Difusão-Advecção-Reação, há que se estudar as possibilidades de construir condições no contorno que sejam viáveis (von Neumann homogênea em toda a fronteira do domínio), simulando, na parte em contato com a costa, a impossibilidade de saída de poluente e, na fronteira em mar, estima-se uma distância suficiente para que se possa supor um comportamento assintótico.

A EDP adotada no modelo, de segunda ordem é essencialmente parabólica já que a componente hiperbólica devida ao transporte pelo vento é de menor influência (e é nulo o divergente tanto da componente resultante do vento bem como aquela resultante da maré). Assim, o domínio é discretizado com pontos em uma malha regular e, na aproximação espacial usam-se Diferenças Finitas Centradas de Segunda Ordem enquanto que, na aproximação temporal, optou-se pelo método, também de Segunda Ordem, de Crank-Nicolson. Esta aproximação nos leva a sucessivas resoluções de um Sistema Linear em cada passo na discretização temporal, resultando numa série de vetores que identificam o valor da concentração do poluente nos pontos da malha retangular, a cada instante no tempo.

Este vetor é, em seguida, modificado com um algoritmo para que se possam observar o movimento e a concentração relativa das plumas poluidoras usando superfícies e, também, curvas de nível que descrevem esse mesmo comportamento evolutivo que se deseja simular.

Conclusões

Em conclusão, e baseado nas evidências numéricas, acreditamos que a equação de difusão-advecção-reação presta-se admiravelmente bem para a simulação de políticas públicas de saneamento ambiental. De fato, ao utilizar-se um modelo numérico-computacional para experimentos, muitos impactos locais podem ser evitados, usando experiências-piloto apenas em situações em que o presente modelo estima resultados mais favoráveis na baía estudada como um todo. Em termos de trabalhos ficam os desafios de considerar o domínio geograficamente semelhante ao estudado com um retângulo, o uso de outros métodos de discretização, e a introdução do movimento periódico da maré.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador João Frederico da Costa Azevedo Meyer, e também aos meus parentes e amigos pelo apoio.

Boyce, E. e DiPrima, R. C. 1969: Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, Wiley.

Cunha, M.C.de C. 2000: Métodos Numéricos, Ed. Da UNICAMP.

Carnahan, B., Luther, H.A. e Wilkes, J.O. 1969: Applied Numerical Methods, John Wiley.