



DINÂMICAS POPULACIONAIS ESPACIALMENTE DEPENDENTES DE POPULAÇÕES QUE INTERAGEM

Palavras-Chave: ECOLOGIA MATEMÁTICA, MÉTODOS NUMÉRICOS, IMPACTO AMBIENTAL

Autores(as):

MARIA LUIZA BUSATO, IMECC – UNICAMP

Prof. Dr. JOÃO FREDERICO DA COSTA AZEVEDO MEYER (orientador), IMECC – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Este projeto de iniciação científica consiste no uso de sistemas não-lineares de equações diferenciais ordinárias e parciais para modelar matematicamente e estudar as dinâmicas populacionais de populações que interagem, analisando os convívios interespecífico e intra específico, em conjunto com fenômenos de dispersão e migração populacionais. Seu objetivo é o estudo deste fenômeno em diferentes cenários, através de simulações computacionais com a aplicação de métodos numéricos e de discretizações no espaço e no tempo. Além disso, pretende-se utilizar estes modelos para construir conhecimento relativo ao convívio espacialmente variado de espécies que possam sofrer desequilíbrios em seu convívio natural na biota, para que os cenários produzidos possam apresentar riscos e fornecer possíveis rumos para ações preventivas e corretivas.

Para o estudo destes fenômenos, optou-se pela modelagem das dinâmicas populacionais de populações de peixes, e o domínio escolhido foi um lago. Além disso, para a análise de possíveis cenários de desequilíbrio, decidiu-se implementar na modelagem a ação de um poluente tóxico, tornando-a capaz de fornecer simulações incluindo a contaminação do lago e, assim, possibilitando o estudo de estratégias de prevenção, correção, contenção e remediação de situações que envolvam risco ambiental, sobretudo no caso de consequências evitáveis de ações antrópicas.

METODOLOGIA:

Devido à possível analogia entre o movimento aleatório de moléculas e de seres vivos, utilizamos, tanto para a modelagem dos movimentos de dispersão e migração populacionais, quanto para a simulação do comportamento do poluente, equações do tipo Advecção-Difusão-Reação.

Na modelagem da dinâmica populacional, para incluir a capacidade de suporte do meio e as relações interespecíficas entre as populações, fez-se necessário utilizar uma equação do tipo Advecção-Difusão-Reação em conjunto com uma do tipo Lotka-Volterra. Agora, para descrever a

evolução das populações, consideramos quatro pontos essenciais: dispersão populacional, processos migratórios, mortalidade induzida e capacidade de suporte. Estes pontos foram representados por diferentes termos na equação, sendo que a inclusão da capacidade de suporte foi descrita por Verhulst, que explica que o crescimento da população tem uma predisposição natural para sofrer inibição, tendendo sempre a um valor limite, e na sua análise foram consideradas as interações interespecíficas e intraespecíficas, como competição e predação entre as espécies, além de interações externas. Além disso, foram consideradas condições iniciais e condições de contorno de von Neumann para as populações.

Agora, para encontrar a solução do sistema de equações através de métodos numéricos, fez-se necessário, primeiramente, discretizar o domínio. Para isso, foi determinada uma malha retangular sobre a imagem de satélite do domínio escolhido – o lago do Parque Ecológico Prof. Hermógenes de Freitas Leitão, próximo à Unicamp. Nela, cada nó foi identificado com 1, se pertencente ao lago, ou 0, se pertencente à terra. Agora, a partir desta matriz de zeros e uns, numeramos os pontos pertencentes ao lago, com ordem crescente de baixo para cima e da esquerda para a direita.



Figura 1 - Imagem de satélite do domínio escolhido, obtida através do Google Maps.

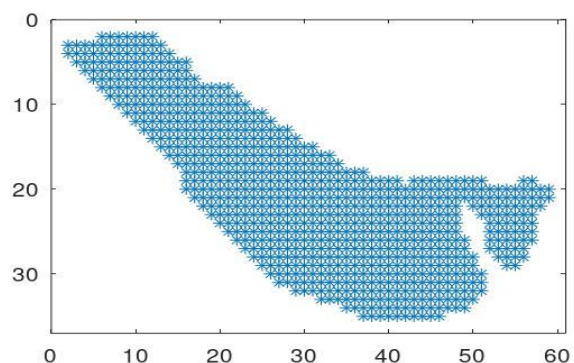


Figura 2 - Imagem de lago discretizado através do software Octave, onde os asteriscos representam os pontos não nulos da malha.

Através da matriz de nós numerados, tornou-se possível descrever cada ponto por meio de 5 informações: o índice dos nós à esquerda, abaixo, à direita e acima dele e a sua condição de fronteira. Foram consideradas 9 possíveis condições de fronteira, numeradas de 0 a 8, abrangendo os casos de nós interiores, em bordas e em cantos do domínio. Com isso, foi construída uma matriz de nn linhas, sendo nn o número de nós numerados, e 5 colunas, para armazenar na i -ésima linha as informações à respeito do nó de índice i .

Após a discretização do domínio, utilizou-se o método de Crank-Nicolson para aproximar as equações do modelo, pois é uma técnica numérica com um erro relativamente pequeno. Tal método baseia-se na combinação do método de Euler explícito em n e de Euler implícito em $n+1$.

Com isso, foi possível encontrar a solução do sistema de equações através da aplicação computacional deste método, que forneceu a evolução temporal das dinâmicas populacionais e da dispersão do poluente, possibilitando a sua análise. É importante ressaltar que, no momento de aplicação do algoritmo, foram tomados cuidados com relação ao núcleo de Péclet, para que os resultados gerados fossem minimamente confiáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Por meio da implementação computacional do modelo matemático descrito, foram realizadas diversas simulações para a análise da dispersão dos poluentes e da evolução das populações, considerando diferentes condições iniciais. Com isso, foi possível analisar a influência de variações nos parâmetros do modelo nas dinâmicas populacionais das espécies estudadas, viabilizando a projeção de diferentes cenários. Ou seja, pudemos estudar o impacto de diferentes formas de contaminação – alterando, por exemplo, o local de vazamento do poluente, suas taxas de dispersão e decaimento e seu impacto sobre as espécies de peixes – em populações com diferentes características – representadas por suas taxas de interação intra e interespecífica, de crescimento e dispersão populacional, entre outros. Além disso, realizamos simulações em cenários mais realistas para o domínio escolhido, ou seja, considerando a contaminação do lago em pontos mais vulneráveis, como os locais suscetíveis a escoamento de dejetos vindos das ruas mais próximas.

CONCLUSÕES:

Neste trabalho de iniciação científica, foi construído um modelo capaz de simular fenômenos de dinâmica populacional na presença de um poluente tóxico, no domínio escolhido e com parâmetros variáveis, viabilizando a análise de diferentes cenários. Seu desenvolvimento possibilitou o estudo do convívio espacialmente variado de espécies que possam sofrer desequilíbrios, podendo inclusive levar a extinções locais. Portanto, ele proporcionou a oportunidade de analisarmos, em um domínio realista e suscetível a danos resultantes de ações antrópicas, diferentes respostas do ambiente a possíveis contaminações, e, com isso, selecionarmos as estratégias mais eficientes para a contenção ou redução de prejuízos aos seres vivos ali presentes, levando em conta as características de suas dinâmicas populacionais.

BIBLIOGRAFIA

EDELSTEIN-KESHET, L.. **Mathematical Models in Biology**. SIAM, 2006.

CANTRELL, R.S e COSNER, C.. **Spatial Ecology via Reaction-Diffusion Equations**, Wiley, 2003.

BERNARDES, M.. **Poluição de Corpos Aquáticos de Baixa Circulação**. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) - Universidade Estadual de Campinas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1998.

CARNAHAN, B., LUTHER, J. O. e WILKES, R. E.. **Applied Numerical Methods**. Wiley, 2003.

CUNHA, M. C. C.. **Métodos Numéricos**. Unicamp, 2a ed., 2000.

LOPES, V. L. e RUGGIERO, M. A. G.. **Cálculo Numérico: Aspectos Teóricos e Computacionais**. Pearson, 2a ed., 2014.

POSSOBON, R. e MEYER, J. F. C. A.. **Dinâmica Populacional de Espécies em Ambiente Aquático na Presença de Contaminantes**, 2021.