



Modelagem de sistemas naturais

Tradicionalmente voltada para a meteorologia, a área de modelagem de sistemas naturais, hoje sob forte influência das abordagens interdisciplinares e com o auxílio de poderosas ferramentas matemáticas e computacionais, já engloba temas vitais para a ecologia do planeta, como massas de água e manejo de florestas.

A construção de modelos teóricos tem sido há muito usada em vários campos do conhecimento, da sociologia, biologia e medicina à física, química e mesmo matemática. No passado, porém, essa abordagem costumava ser praticamente 'estanque'; isto é, mantinha-se dentro dos limites de cada uma dessas áreas.

Hoje, no entanto, a modelagem de sistemas, sejam eles naturais ou artificiais, é marcada por um alto grau de interdisciplinaridade, o que confere aos modelos maior poder de previsão teórica e proximidade com os dados experimentais. E isso ocorre, em parte, graças ao fato de a modelagem de sistemas reunir profissionais que, até pouco tempo atrás, trabalhavam praticamente isolados.

LAGOS, RIOS E BACIAS. Vejamos, por exemplo, o caso da limnologia, um tema extremamente ativo tanto em sua abordagem experimental quanto teórica. Trata-se da descrição do comportamento de lagos, rios e bacias hidrográficas, o que, sem dúvida, faz desse tema um assunto de amplo interesse para o Brasil, dada a diversidade de climas e regiões geográficas no país, bem como para a área de modelagem de sistemas naturais.

Na abordagem física mais clássica, pode-se obter uma boa descrição da dinâmica do comportamento da massa de água de um lago caso sejam conhecidos seu contorno geométrico, bem como a direção e a velocidade do vento em cada ponto de sua borda.

Se também for conhecido o perfil de seu fundo, podemos ir além: obter a dispersão de produtos dissolvidos em determinada região do lago – para isso, os pesquisadores usam um ferramental matemático de amplo alcance, as equações de Navier-Stokes. Os produtos dissolvidos na água não precisam ser necessariamente poluentes. Podem ser também compostos nitrogenados produzidos pela ação biológica de microrganismos existentes nesses ambientes aquáticos.

Esses temas envolvem apenas o estudo do movimento dos fluidos em escala mesoscópica (escala de 10 quilômetros). Por outro lado, a presença de fitoplâncton

e zooplâncton requer o uso de modelos mais específicos. A descrição dessa comunidade, respectivamente, de pequenos animais e vegetais aquáticos exige, por exemplo, o estudo dos efeitos da absorção de luz na descrição das atividades fotossintéticas do fitoplâncton.

PRESAS E PREDADORES. O modelo mais adequado para sistemas de interesse limnológico que tenham diversos subsistemas em interação é o chamado modelo do reservatório generalizado, que pode ser definido como uma coleção de compartimentos entre os quais há troca de substâncias (produtos dissolvidos na água etc.) e/ou produtos (plantas, animais etc.).

Em sua versão original, esse modelo continha apenas o número de ocupação dos compartimentos (animais e plantas), considerando assim a total uniformidade espacial entre cada um dos compartimentos. Porém, sabemos que essa uniformidade é uma hipótese que deve ser testada para cada sistema natural que se quer modelar.

Em certos casos, efeitos de transporte entre os compartimentos devem ser levados em conta, porém isso obviamente aumenta a complexidade do modelo do ponto de vista matemático. Um exemplo no qual esses efeitos devem ser incluídos é o caso da modelagem de animais migrando ao longo de uma costa, como no caso de crustáceos, pois o número de ocupação de cada compartimento varia com o passar do tempo.

Uma aplicação possível do modelo do reservatório generalizado é dado pela descrição de redes tróficas (ou redes de alimentação) constituídas por diversos peixes, entre presas e predadores, que vivem em grandes massas de água nas quais há nutrientes suficientes para os peixes não predadores.

Alguns peixes usam como defesa regiões protegidas dessa massa

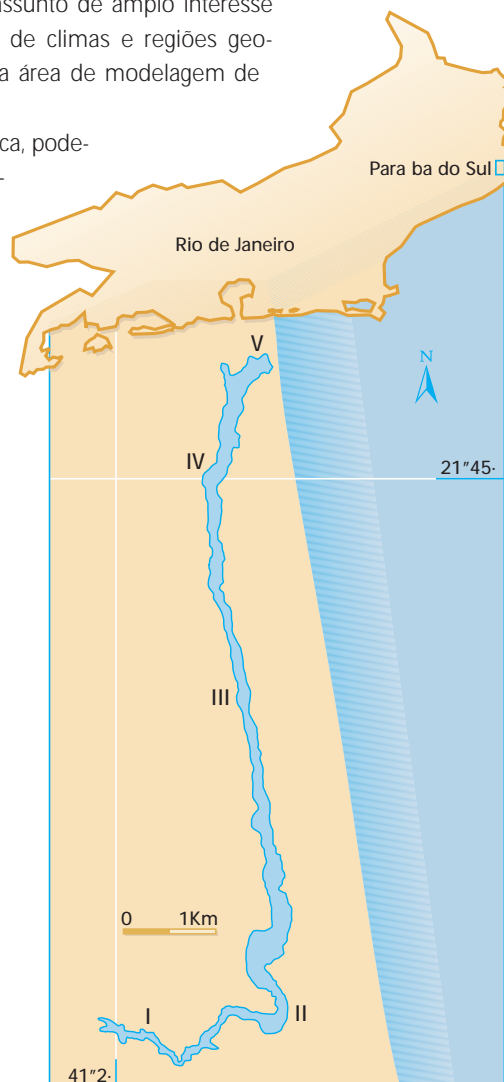


Figura 1. Localização das cinco estações de coleta da lagoa Iquipari, no norte fluminense, em mapa baseado em foto de satélite fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

de água – um lago ou represa –, onde podem ficar e se alimentar ao abrigo de predadores. Nesse caso, portanto, a ocupação dos compartimentos passa a ter uma dependência espacial explícita, porque os compartimentos não são ocupados de forma uniforme.

BARREIRA DE AREIA. Exemplos de ecossistemas de grande interesse tanto para a pesquisa quanto a modelagem são as lagoas de Iquipari e Grussaí, localizadas na região do norte fluminense (figura 1). Elas têm uma conexão com o mar que, na maior parte do ano, permanece fechada por uma barreira de areia.

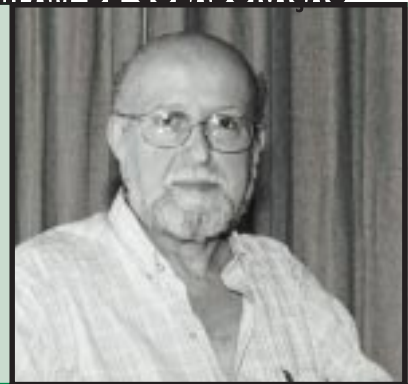
A comunidade de pescadores locais, no entanto, abre a barreira em certos meses, para evitar os inconvenientes resultantes das inundações das casas próximas às lagoas. Outra razão para a abertura é permitir a renovação do pescado, consumido pela população local.

Após a abertura da barra, a dinâmica do ecossistema se altera muito até a próxima abertura, havendo, portanto, necessidade de se efetuarem medidas e modelagens sistemáticas em função do tempo.

A descrição desses ecossistemas exige pelo menos uma modelagem com duas escalas: a solução das equações de

QUATRO INSTITUIÇÕES PARTICIPAM DE COLABORAÇÃO

O Grupo de Modelagem de Sistemas Naturais do CBPF mantém ampla e profícua colaboração com o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Federal de Santa Maria (RS) e a Universidade Estadual do Norte Fluminense.



Affonso Augusto Guidão Gomes

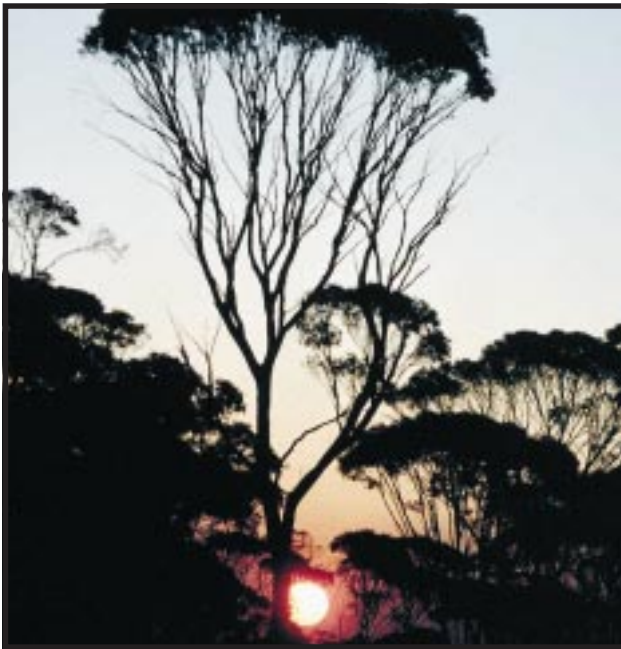
Navier-Stokes para o lago, e o uso do modelo do reservatório para descrever a dinâmica do fitoplâncton, zooplâncton e macrófitas (plantas aquáticas), juntamente com a dinâmica da rede trófica dos peixes.

Esses modelos devem ser estudados em função do tempo entre aberturas consecutivas da barreira de areia. Note-se que, apesar das escalas do lago serem mesoscópicas, os processos fotossintéticos que ocorrem com o fitoplâncton exigem uma descrição envolvendo as escalas microscópicas das reações fotossintéticas.

O exemplo de Iquipari ou Grussaí ilustra bem a idéia central do processo de modelagem de sistemas naturais: dado um ecossistema, estão sempre presentes parâmetros que variam em função do espaço e do tempo. A modelagem das duas lagoas teve que ser adaptada ao modelo geral do reservatório devido a essa série de peculiaridades.

ÁGUAS E FLORESTAS. Vale ressaltar que, por muito tempo, os problemas envolvendo a modelagem de sistemas naturais foram abordados apenas através de métodos puramente descritivos. Só mais recentemente foram introduzidas as chamadas abordagens explicativas, incluindo o método do reservatório generalizado. Assim, sistemas naturais descritos pelos métodos explicativos deixaram de ser modelados como simples ‘caixas-pretas’, passando a incluir descrições dos processos envolvidos em sua dinâmica. E mais importante: essa abordagem passou a determinar as escalas relativas ao espaço e ao tempo dos ecossistemas nas quais esses processos ocorrem.

Hoje, o impacto das abordagens interdisciplinares na descrição de sistemas naturais é internacionalmente reconhecido. Com as novas perspectivas sobre a modelagem de sistemas, bem como o aprimoramento do ferramental matemático e computacional, os temas de interesse da área deixaram de ser apenas a meteorologia, para encampar questões vitais para a ecologia do planeta, como massas de água, manejo de florestas, dinâmica da água em solos e precipitação atmosférica. ■



Atualmente, a área de modelagem de sistemas passou a encampar questões vitais para a ecologia do planeta, como o manejo de florestas.