

De que matemática os biólogos precisam?

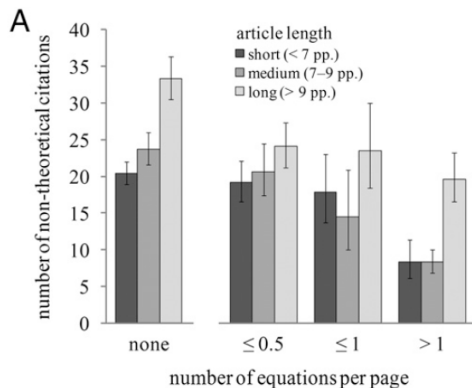
Paulo I. Prado¹
Alexandre A. Oliveira¹ Roberto A. Kraenkel²

¹Ecologia, IB-USP

²Instituto de Física Teórica, UNESP

Seminário *Novas Abordagens em Pesquisa Biológica*
USP, São Paulo
agosto de 2014

Fobia matemática na biologia



Relação negativa entre número de equações e citações em artigos da área de biologia (Fawcett & Higginson *PNAS* 2012)

Matemática é base para construção de teorias em biologia

O efeito Allee pode ser incluído como mais um termo no modelo logístico:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \left(\frac{N - a}{K}\right) \quad (1)$$

Onde a é o tamanho mínimo para que a população seja viável.

Matemática é base para construção de teorias em biologia

O efeito Allee pode ser incluído como mais um termo no modelo logístico:

$$\dot{N} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right) - \frac{a}{N} \quad (1)$$

Onde a é o tamanho mínimo para que a população seja viável.

Sem matemática não há comunicação efetiva



Gary Larson

<http://www.thefarside.com/>

Analfabetismo matemático prejudica ligação com a teoria

(Fawcett & Higginson *PNAS* 2012)

“apresentar a teoria com detalhamento técnico suficiente pode conflitar com a comunicação clara e acessível de um modelo.”

Analfabetismo matemático prejudica ligação com a teoria

(Fawcett & Higginson *PNAS* 2012)

“apresentar a teoria com detalhamento técnico suficiente pode conflitar com a comunicação clara e acessível de um modelo.”

“[na biologia] muitos estudos empíricos partem de outros estudos empíricos, com pouca ou nenhuma referência à teoria relevante. Essa observação sugere uma falta de comunicação que pode impedir o progresso científico.”

Fobia matemática é uma pandemia

ESSAY | April 5, 2013, 10:07 p.m. ET

Great Scientist \neq Good at Math

E.O. Wilson *shares a secret: Discoveries emerge from ideas, not number-crunching*

Fobia matemática é uma pandemia

Princípios de Wilson

- 1 Para qualquer cientista, há uma disciplina para a qual sua competência matemática é suficiente para alcançar excelência.
- 2 É muito mais fácil para os cientistas estabelecer colaborações com matemáticos e estatísticos do que é para os matemáticos e estatísticos encontrar cientistas capazes de aplicar suas equações.

Uma fobia reforçada ao longo do ensino formal

Fobia matemática nos livros-texto

“Apesar de seu grande volume, os novos textos de ecologia falham em ajudar os estudantes no aspecto mais difícil: entender modelos matemáticos.”

Nicholas Gotelli, prefácio de *Ecologia*

O primeiro passo é a alfabetização matemática

Definition

“an individual’s capacity to identify and understand the role that mathematics plays in the world, to make well-founded judgments and **to use and engage with mathematics in ways that meet the needs of that individual’s life** as a constructive, concerned and reflective citizen.”

OECD Programme for International Student Assessment

Alfabetização é um conceito instrumental

- Pressupõe conhecimento matemático mas enfatiza seu uso de uma maneira reflexiva e indagativa;

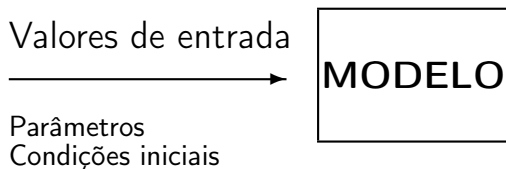
Alfabetização é um conceito instrumental

- Pressupõe conhecimento matemático mas enfatiza seu uso de uma maneira reflexiva e indagativa;
- seu objetivo é a combinação criativa de conteúdos e habilidades em resposta a demandas específicas.

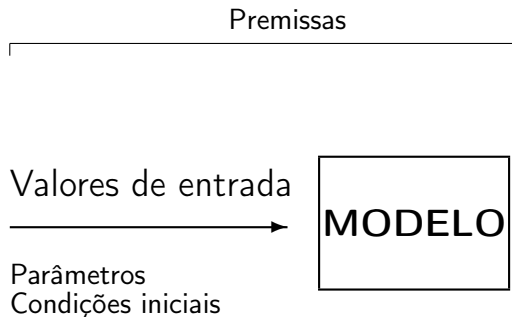
Um exemplo: o que é um modelo matemático?

MODELO

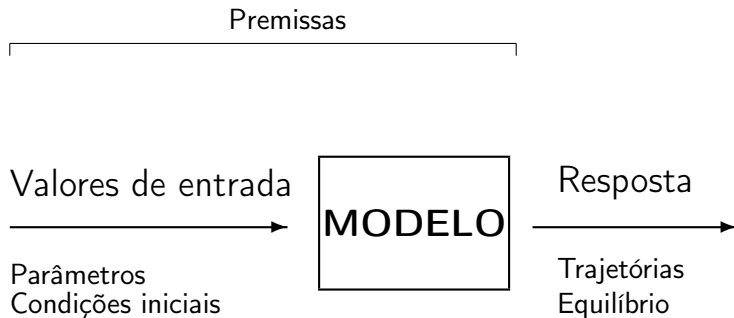
Um exemplo: o que é um modelo matemático?



Um exemplo: o que é um modelo matemático?



Um exemplo: o que é um modelo matemático?



Como alfabetizar-se em matemática?

Passo 1 – entender o modelo

Como as premissas, valores e regras matemáticas de um modelo implicam em uma dada resposta?

Como alfabetizar-se em matemática?

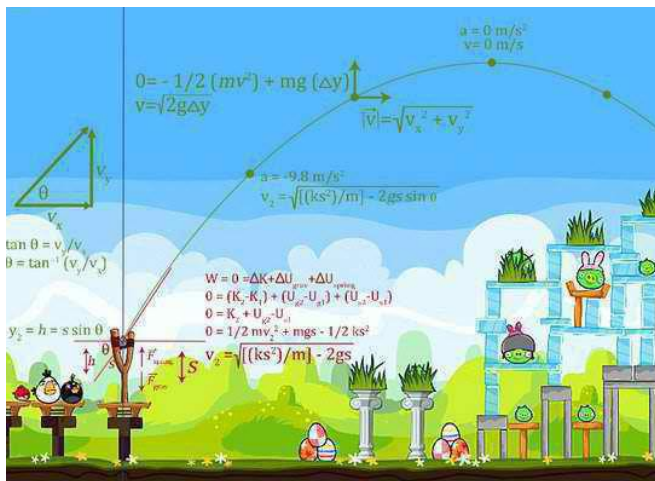
Passo 1 – entender o modelo

Como as premissas, valores e regras matemáticas de um modelo implicam em uma dada resposta?

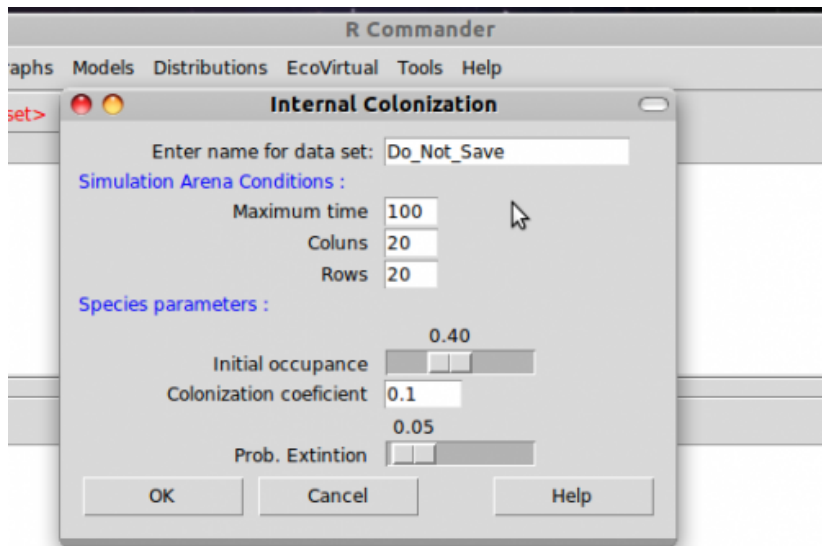
Passo 2 – Interpretação e aplicação

Como meu entendimento do modelo pode ajudar a resolver uma questão ou problema em biologia?

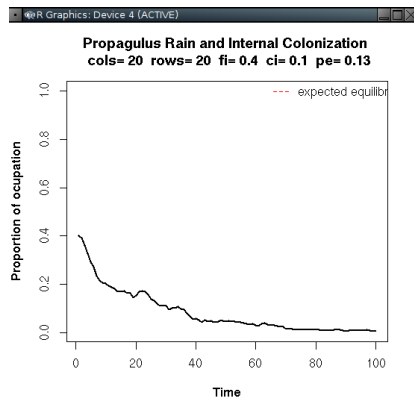
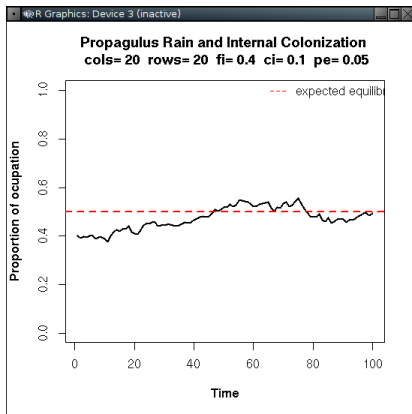
Simulações como brinquedos heurísticos



Simulações como brinquedos heurísticos



Simulações como brinquedos heurísticos

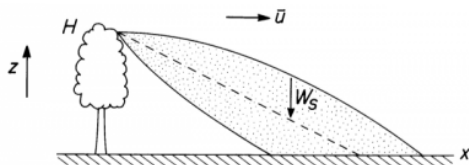


Recursos computacionais para aprendizado de matemática

Exemplos

- Populus
- EcoBeaker
- STELLA
- NetLogo
- Vários pacotes em R
- E mais em <http://web.unbc.ca/ackerman/mod-res.htm>

Alfabetização não é conhecimento enciclopédico



$$Q(x) = \frac{NW_s}{\sqrt{2\pi\bar{u}\sigma_z}} e^{-\frac{(H-W_sx/\bar{u})^2}{2\sigma_z^2}}$$

Encontre o número de sementes no raio de $1m$ da árvore, dados $\sigma_z = W_s = \bar{u} = H = 1$ and $N = 100$.

Alfabetização é saber usar uma enciclopédia

Arquivo Editar Célula Maxima Equações Álgebra Cálculo Simplificar Gráfico Numérico Ajuda



☐ Solução do exercício: integral definida

☐ 1 Função a integrar

Defina a função que será integrada.
A notação $Q(x):=$
significa 'Q é uma função de x que é igual a ...'

```
(%i1) Q(x):=(exp(-(1-x)^2/2))*100/sqrt(2*%pi);
```

$$Q(x) = \frac{100 \exp\left(-\frac{(1-x)^2}{2}\right)}{\sqrt{2\pi}}$$

```
(%o1) Q(x):=
```

☐ 2 Integral analítica

Agora integre a função de -1 a +1.
Para isso use o comando 'integrate', que tem quatro argumentos:
a função a integrar, a variável de integração e os
limites de integração.

```
(%i2) integrate(Q(x),x,-1,1);
```

```
(%o2) 50 erf(sqrt(2))
```

☐ 3 Aproximação numérica

O resultado usa a função de erro de Gauss, que é outra integral.
Você pode ter uma aproximação numérica com o comando 'float':

```
(%i3) float(%);
```

```
(%o3) 47.72498680518208
```

Bem-vindo ao wxMaxima

- Recursos como sistemas de matemática simbólica (CAS) ajudam a concentra-se na parte criativa da solução de problemas.
- Roteiros iterativos permitem seguir e verificar os passos essenciais da solução.

Abordagem baseada em problema

Acordo pragmático (Almeida 1998, *Rev Bras C Soc*)

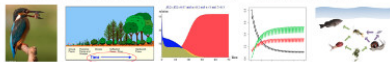
A capacidade de pessoas com formações e culturas diferentes entrar em acordo sobre as consequências de uma decisão, e de usar essa capacidade para escolher uma solução para um problema que seja satisfatória para todos.

Resolução de problemas com estudantes de biológicas e exatas



II Southern-Summer School on Mathematical Biology

January 21 - February 2, 2013
Instituto de Física Teórica - UNESP - São Paulo, Brazil



Algumas propostas para o ensino

Algumas propostas para o ensino

1 – Modelos matemáticos são oportunidades, não obstáculos

Algumas propostas para o ensino

1 – Modelos matemáticos são oportunidades, não obstáculos

- Modelos matemáticos são uma maneira efetiva de ensinar teorias como um conjunto assertivas precisas, na forma de premissas, relações e valores.

Algumas propostas para o ensino

1 – Modelos matemáticos são oportunidades, não obstáculos

- Modelos matemáticos são uma maneira efetiva de ensinar teorias como um conjunto assertivas precisas, na forma de premissas, relações e valores.
- Modelos matemáticos também facilitam a exploração dedutiva das consequências dessas assertivas.

Algumas propostas para o ensino

1 – Modelos matemáticos são oportunidades, não obstáculos

- Modelos matemáticos são uma maneira efetiva de ensinar teorias como um conjunto assertivas precisas, na forma de premissas, relações e valores.
- Modelos matemáticos também facilitam a exploração dedutiva das consequências dessas assertivas.
- O aprendizado de matemática é uma oportunidade de treinamento em um sistema lógico formal, com ligações potenciais com aprendizado de epistemologia e filosofia.

Algumas propostas para o ensino

2 – Ênfase na alfabetização

Algumas propostas para o ensino

2 – Ênfase na alfabetização

- Ementas tradicionais do ensino de exatas (e.g. Cálculo I, II, III, ...) não enfatizam alfabetização e em geral afugentam estudantes de biologia.

Algumas propostas para o ensino

2 – Ênfase na alfabetização

- Ementas tradicionais do ensino de exatas (e.g. Cálculo I, II, III, ...) não enfatizam alfabetização e em geral afugentam estudantes de biologia.
- Ementas e programas devem orientar-se aos conceitos e habilidades necessários para a compreensão de um conjunto bem definido de modelos e teorias.

Algumas propostas para o ensino

2 – Ênfase na alfabetização

- Ementas tradicionais do ensino de exatas (e.g. Cálculo I, II, III, ...) não enfatizam alfabetização e em geral afugentam estudantes de biologia.
- Ementas e programas devem orientar-se aos conceitos e habilidades necessários para a compreensão de um conjunto bem definido de modelos e teorias.
- Precisamos de novas sequências didáticas e métodos de ensino, apropriados à biologia.

Algumas propostas para o ensino

3 – Ferramentas computacionais

Algumas propostas para o ensino

3 – Ferramentas computacionais

- Recursos computacionais oferecem muitas oportunidades de aprendizado interativo.

Algumas propostas para o ensino

3 – Ferramentas computacionais

- Recursos computacionais oferecem muitas oportunidades de aprendizado interativo.
- Simulações facilitam a descoberta por tentativa e erro e ajudam a entender o valor heurístico dos modelos. A manipulação torna os modelos mais concretos, especialmente com combinação de resultados gráficos com analíticos.

Algumas propostas para o ensino

3 – Ferramentas computacionais

- Recursos computacionais oferecem muitas oportunidades de aprendizado interativo.
- Simulações facilitam a descoberta por tentativa e erro e ajudam a entender o valor heurístico dos modelos. A manipulação torna os modelos mais concretos, especialmente com combinação de resultados gráficos com analíticos.
- Por realizar a parte mecânica dos cálculos, podemos usar computadores para desmistificar a dificuldade da matemática, e para concentrar o aprendizado na alfabetização.

Algumas propostas para o ensino

4 – Diálogo interdisciplinar

Algumas propostas para o ensino

4 – Diálogo interdisciplinar

- Precisamos da parceria com colegas das ciências exatas para desenvolver o conceito de alfabetização matemática para biólogos.

Algumas propostas para o ensino

4 – Diálogo interdisciplinar

- Precisamos da parceria com colegas das ciências exatas para desenvolver o conceito de alfabetização matemática para biólogos.
- Currículos devem combinar – e não separar – disciplinas das duas áreas.

Algumas propostas para o ensino

4 – Diálogo interdisciplinar

- Precisamos da parceria com colegas das ciências exatas para desenvolver o conceito de alfabetização matemática para biólogos.
- Currículos devem combinar – e não separar – disciplinas das duas áreas.
- A colaboração deve ser fomentada já entre os estudantes, reunindo alunos das duas áreas em situações de construção coletiva de conhecimento, como aprendizagem baseada em problemas.

Muito obrigado