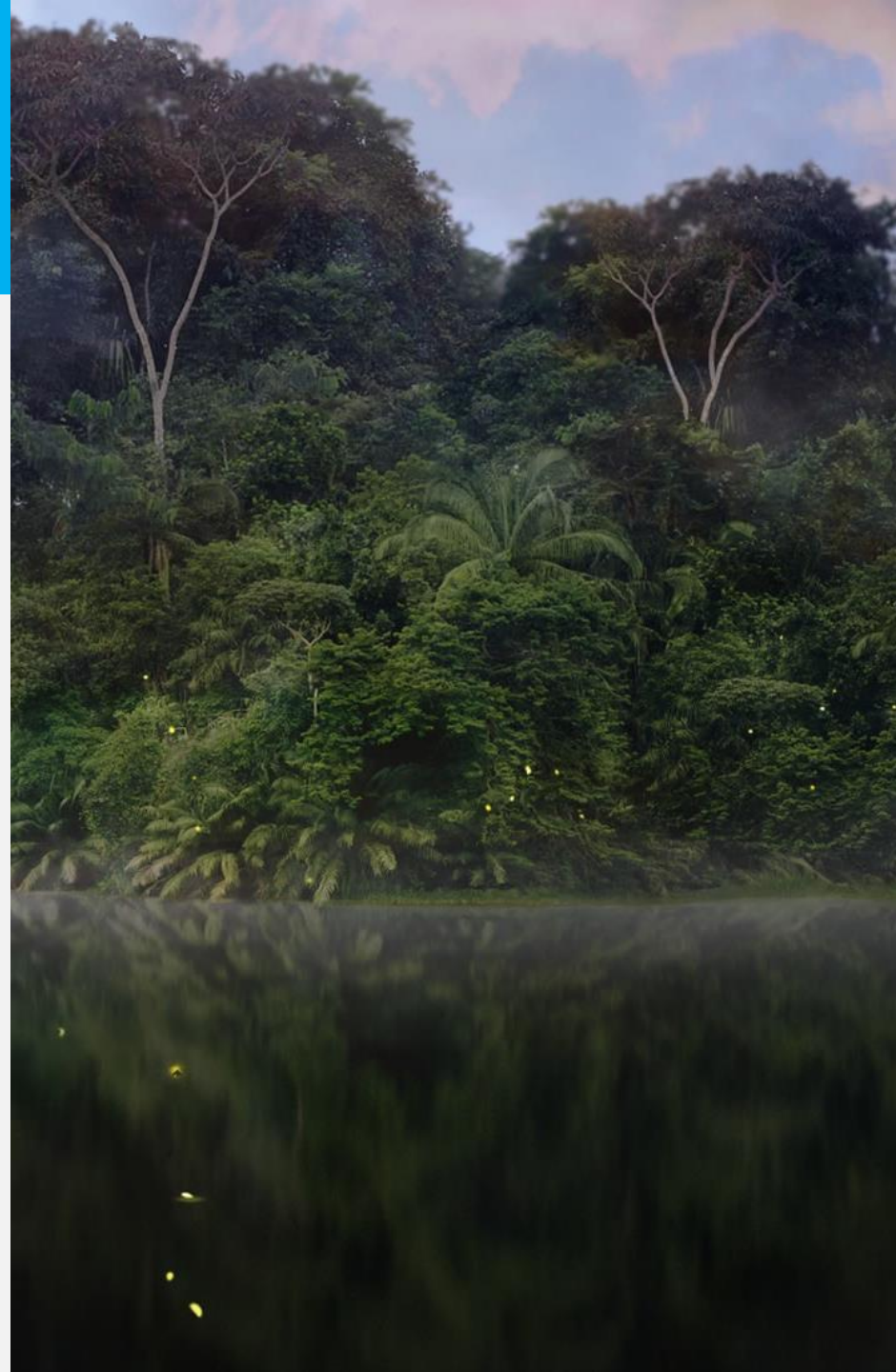


# Processos ecológicos, tempo e espaço

Curso de simulações em  
linguagem R

Danilo G Muniz



# Anteriormente, nesse curso...

Em nossos modelos tínhamos:

População constantes

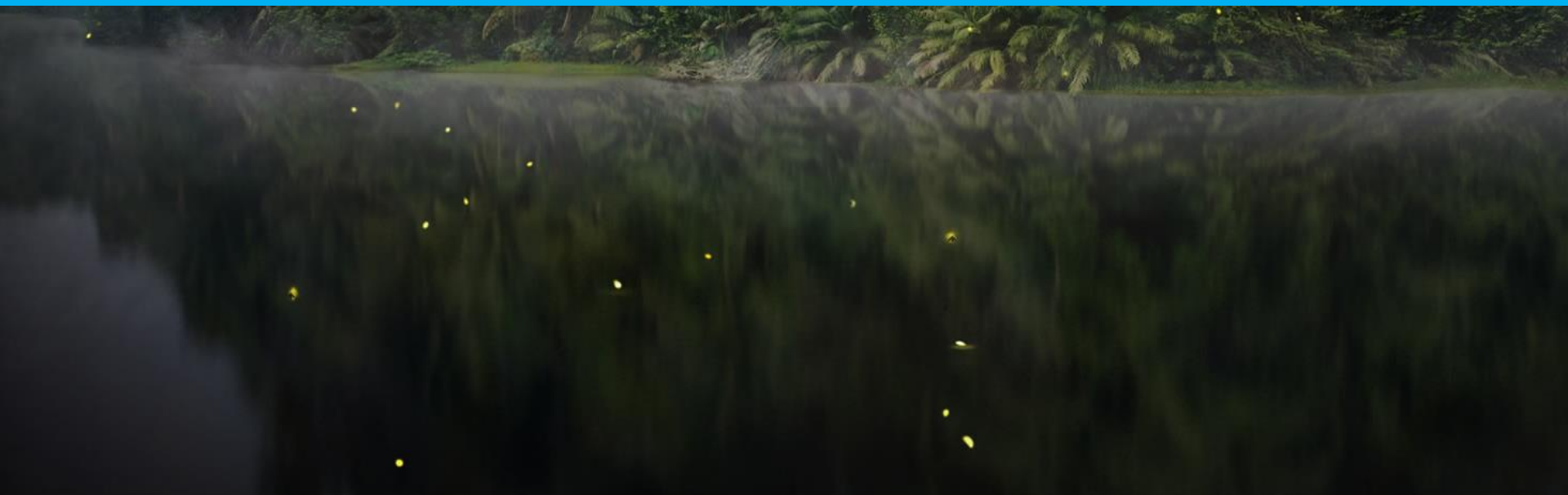
Indivíduos imutáveis ao longo do tempo

Passo de tempo igual a uma geração

Gerações discretas

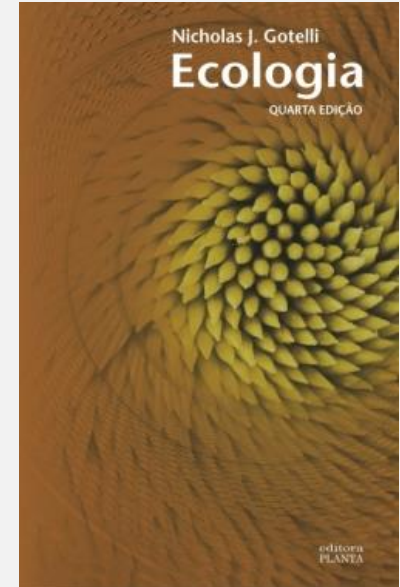


Afinal, o que são processos ecológicos?



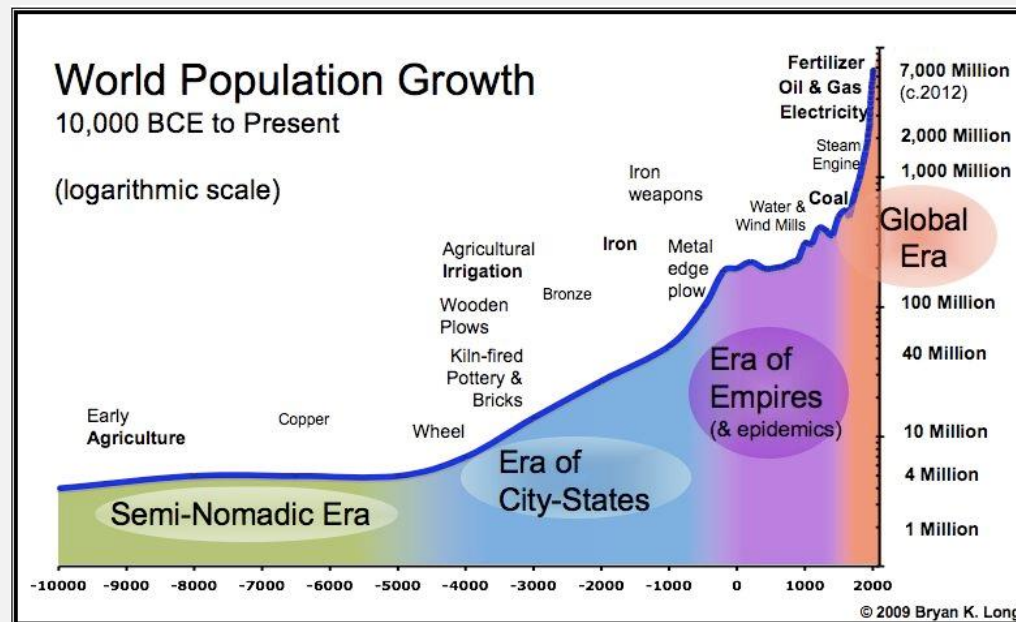
# Vamos perguntar pra quem entende

1. Crescimento (populacional) exponencial
2. Crescimento logístico de populações
3. Crescimento populacional estruturado
4. Metapopulações
5. Competição
6. Predação
7. Biogeografia de ilhas
8. Sucessão (ecológica)
9. Medindo a diversidade de espécies



# Vamos por partes...

1. Crescimento (populacional) exponencial
2. Crescimento logístico de populações
3. Crescimento populacional estruturado





# Crescimento populacional

~~População constantes~~

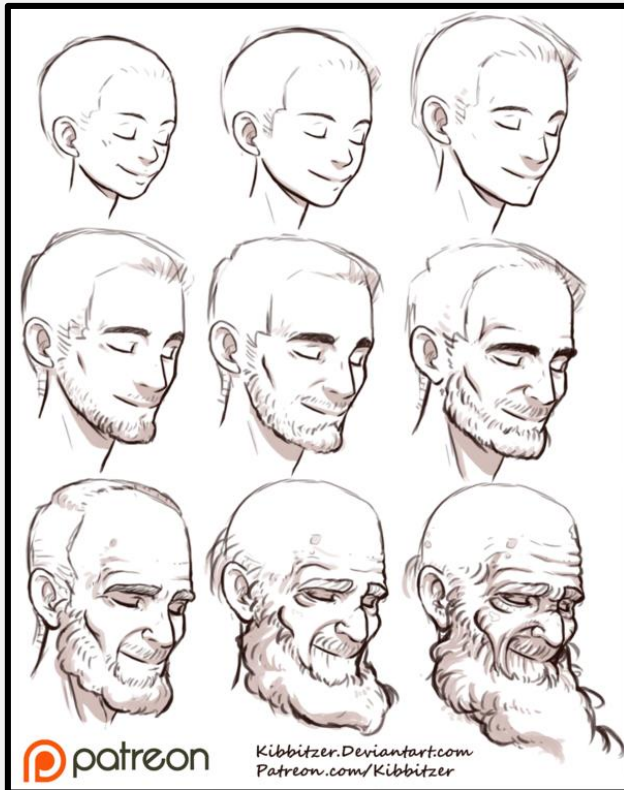
Nascimento

Morte



# Crescimento populacional estruturado

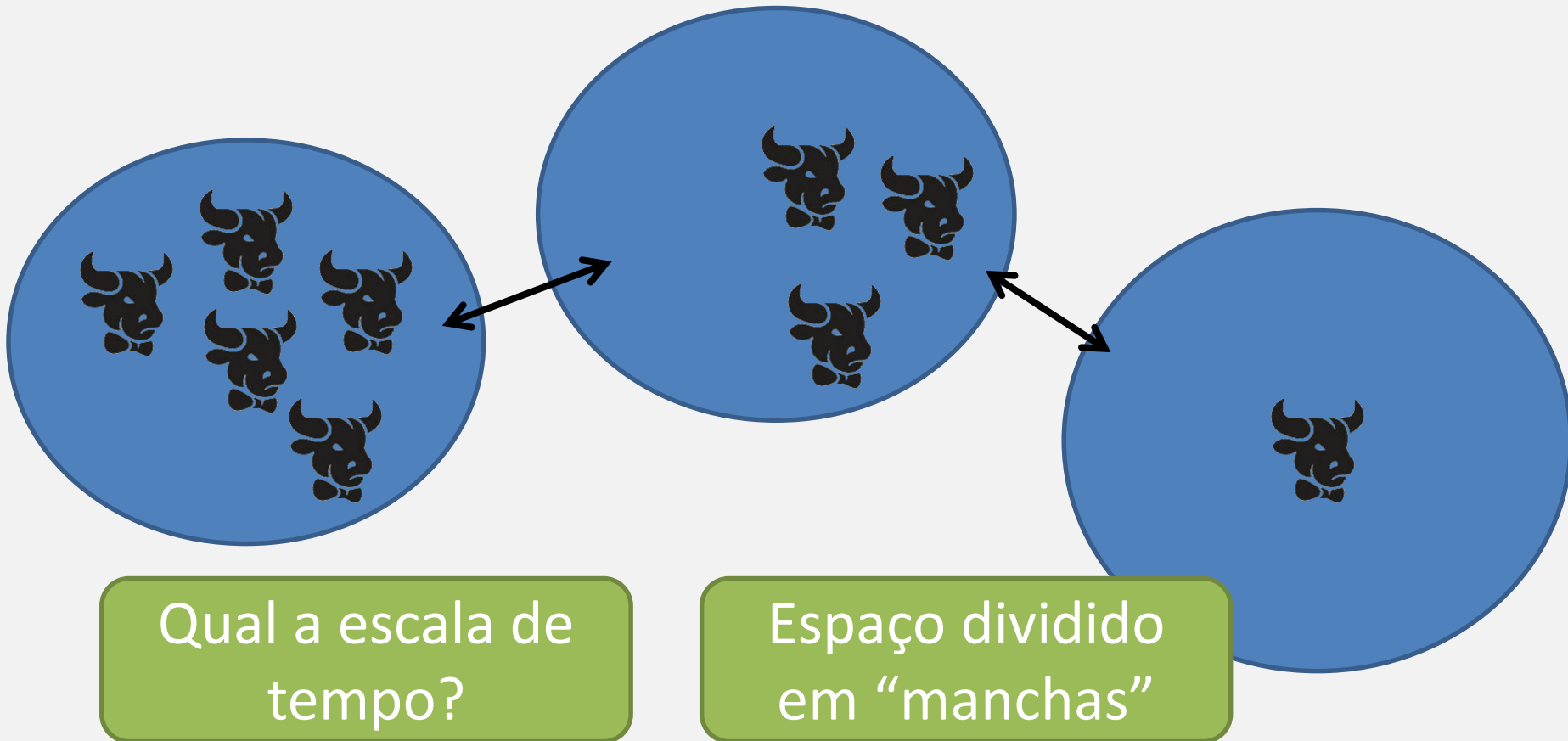
Taxas de sobrevivência, mortalidade e reprodução variam com a idade



Só faz sentido se o “passo de tempo” do modelo for menor do que uma geração

# Metapopulações

População de populações entre as quais existe uma dinâmica de extinção e re-colonização





# Competição

“O que acontece quando não tem recursos pra todo mundo”



# Competição



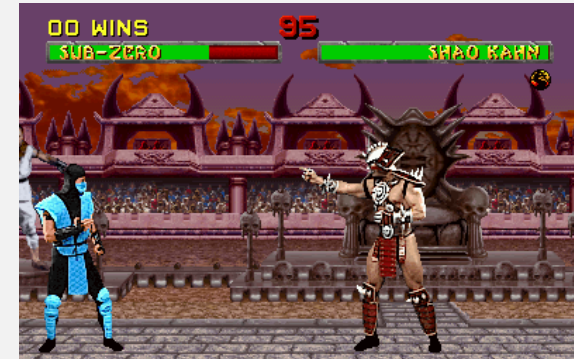
Redução na  
sobrevivência

Redução na  
reprodução

**Mas como simular  
competição?**

# Fenomenologia ou mecanismo explícito?

- Simulação fenomenológica de competição
  - Quanto mais indivíduos, menos reprodução e/ou sobrevivência
- Simulação mecânica
  - Simular recursos e acesso a eles



# Simular recursos envolve

- Regras de disponibilidade ou reposição de recursos
- Regras de localização desses recursos
- Regras sobre os benefícios obtidos do recurso

# Recursos “não vivos” são mais fáceis

- Dinâmica de ocupação (ocupado x não ocupado)
- Dinâmica de busca
- Benefícios aos “donos dos recursos





# Predação (e herbivoria)





# Predação e herbivoria: quando o recurso está vivo

- Regras de disponibilidade ou reposição de recursos

Crescimento populacional  
(nascimento e morte)

- Regras de localização desses recursos

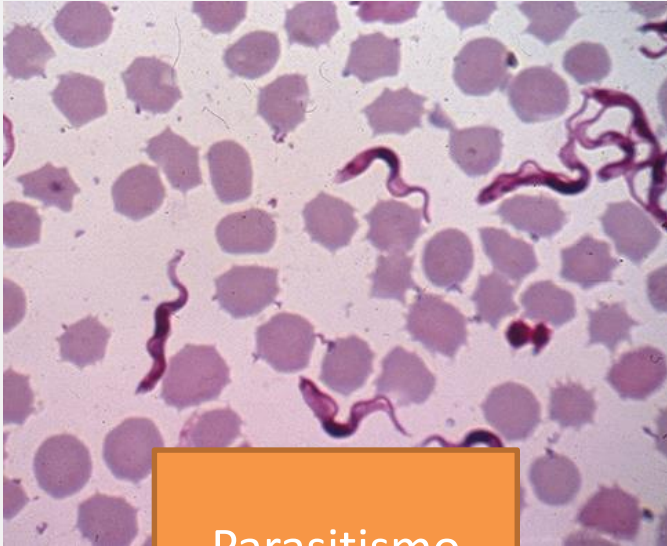
Encontros e desencontros

- Regras sobre os benefícios obtidos do recurso

Bichos mais ou menos  
alimentados

Plantas mais ou menos  
consumidas

# Outras interações ecológicas



Parasitismo



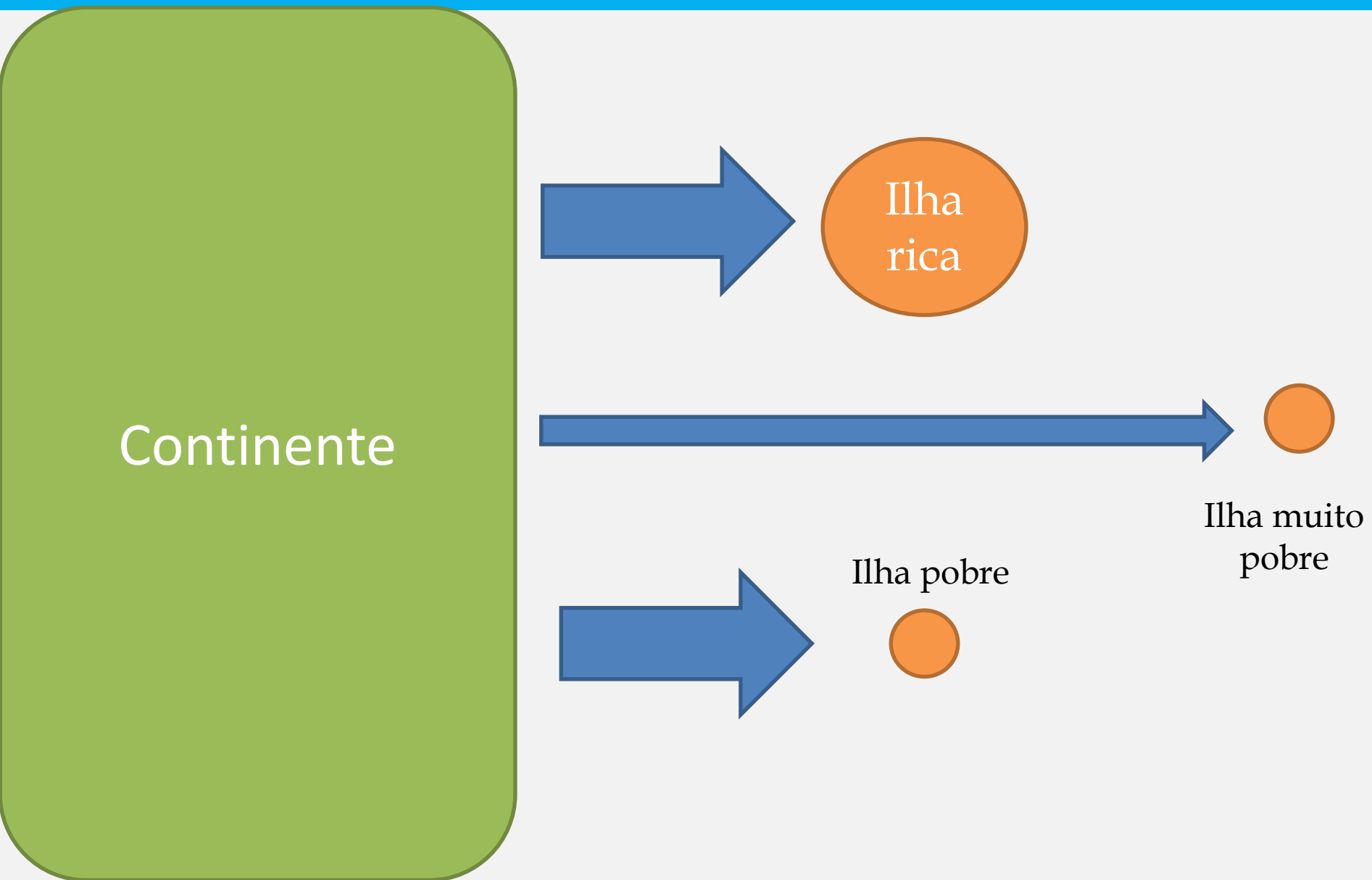
Mutualismo

Encontros e  
desencontros

# Processos ecológicos envolvem:

- Escala de tempo diferente de “uma geração”
- Dispersão ou movimentação no espaço
- Nascimentos, mortes e variação de tamanho populacional
- Encontros e desencontros
- Variação em características individuais ao longo do tempo

# Biogeografia de ilhas

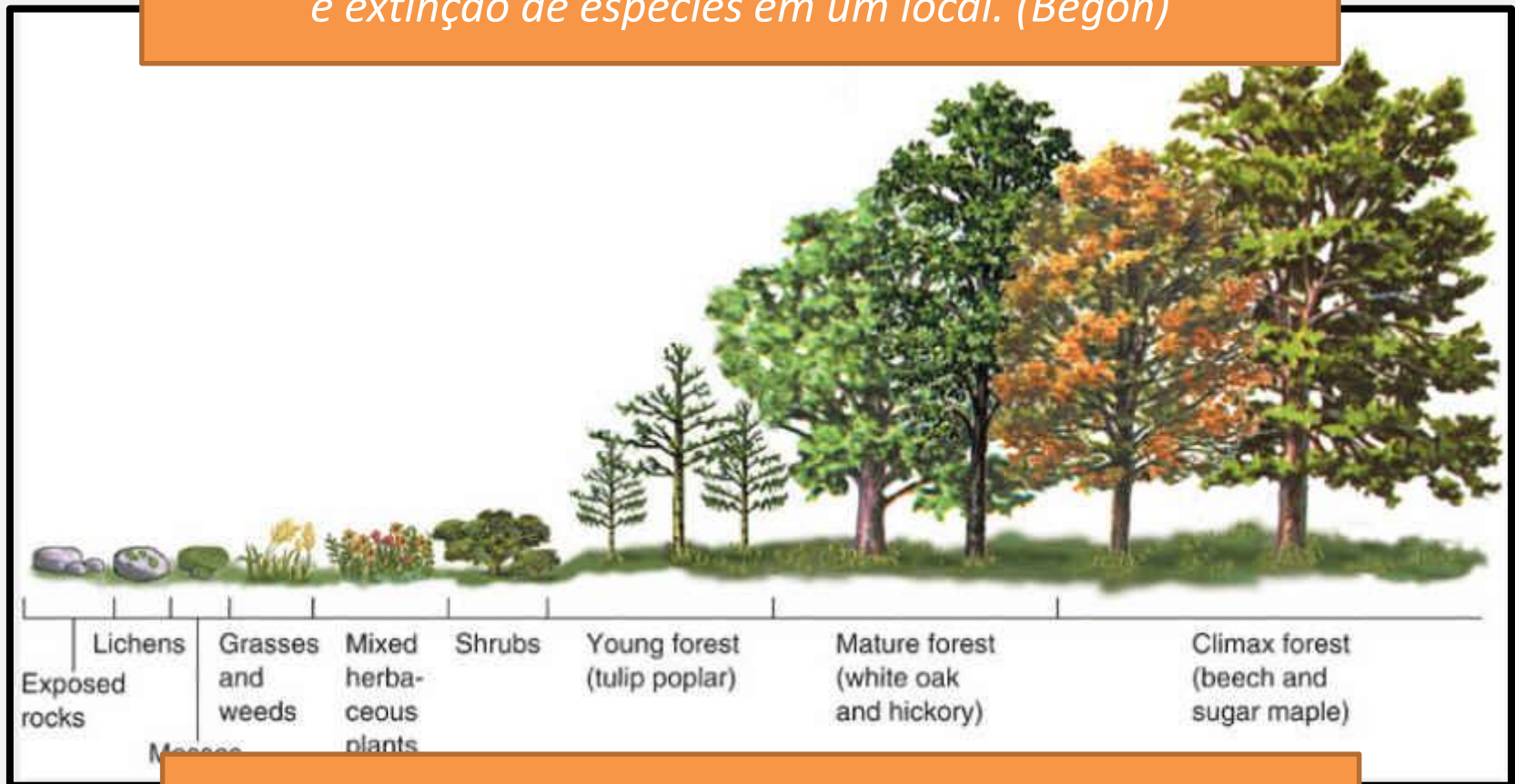


# Biogeografia de ilhas

- Colonização e extinção de múltiplas espécies
- “meta-populações” com mais de uma espécie
- Diferenças entre localidades/ilhas

# Sucessão ecológica

*Padrão contínuo, directional e não sazonal de colonização e extinção de espécies em um local. (Begon)*



*Mudança na estrutura da comunidade ao longo do tempo  
(Gotelli)*



# Sucessão ecológica

- Colonização/Dispersão
- Nascimento, crescimento e morte
- Alteração das condições abióticas
- Facilitação

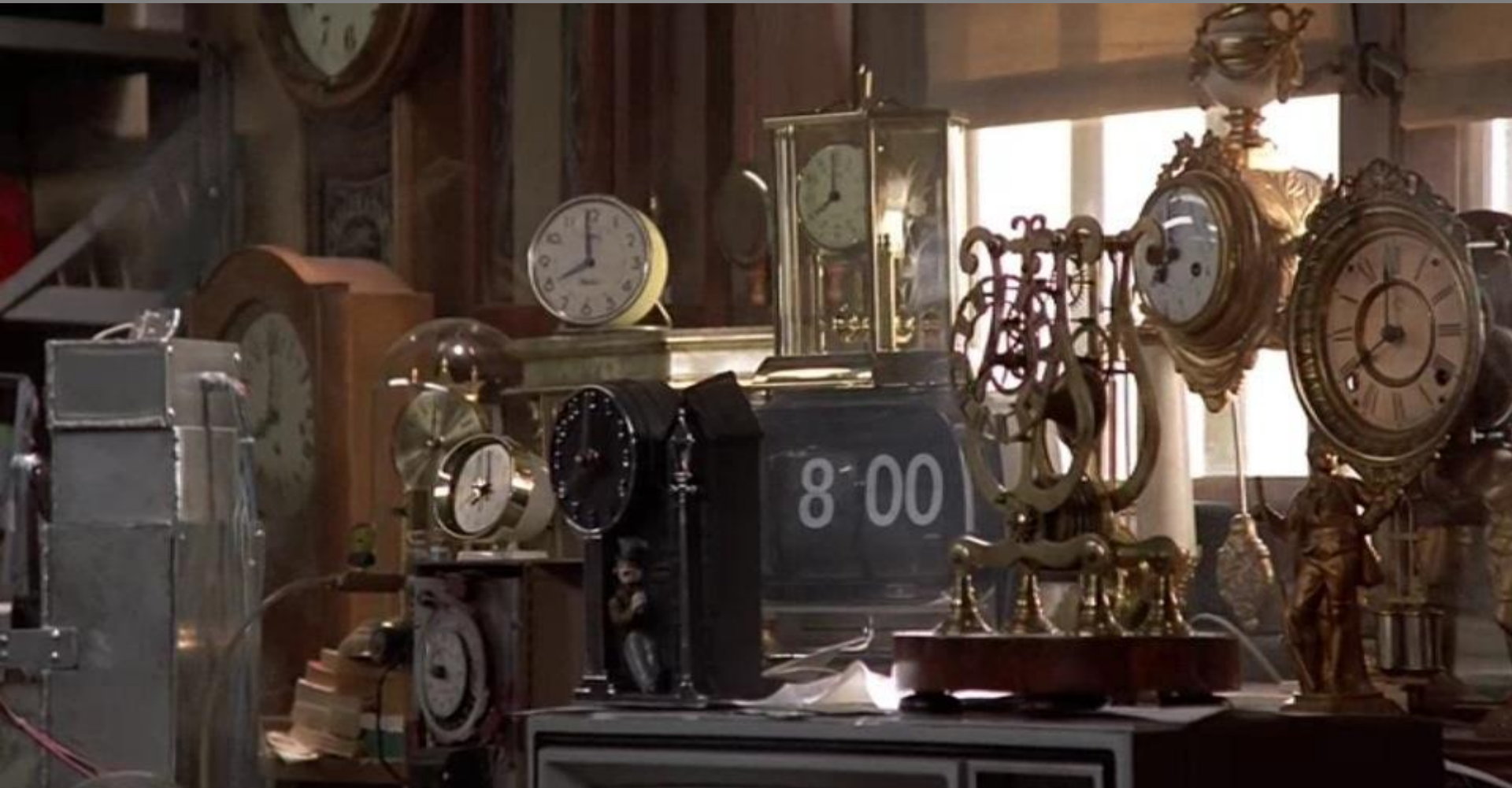
Se a gente excluir alterações nas condições ambientais...

# Processos ecológicos envolvem:

- Escala de tempo diferente de “uma geração”
- Dispersão ou movimentação no espaço
- Nascimentos, mortes e variação de tamanho populacional
- Encontros e desencontros
- Variação em características individuais ao longo do tempo

Vamos bolar um modelo

# Precisamos falar sobre o tempo



# A escala do tempo

Comandos de preparação

```
for (i in 1:tempo)
{
    coisas acontecem...
}
```

Comandos de retorno



# Múltiplas escalas de tempo

Comandos de preparação

```
for (i in 1:geracoes)
{
    mais preparação
    for (j in 1:dias)
    {
        coisas acontecem...
    }
    talvez tenha algo aqui, quem sabe?
}
```

Comandos de retorno

# Dois jeitos de manejar “tempo ecológico”

- Solução clássica: as coisas acontecem em uma certa ordem
- Solução alternativa: algoritmo de Gillespie

# Solução clássica

- A cada passo de tempo
  - Cada indivíduo tem uma probabilidade  $p$  de morrer
  - Cada indivíduo tem uma probabilidade  $r$  de se reproduzir
  - Cada indivíduo tem uma probabilidade  $x$  de fazer  
XXXX
  - ...

# Vantagens e desvantagens

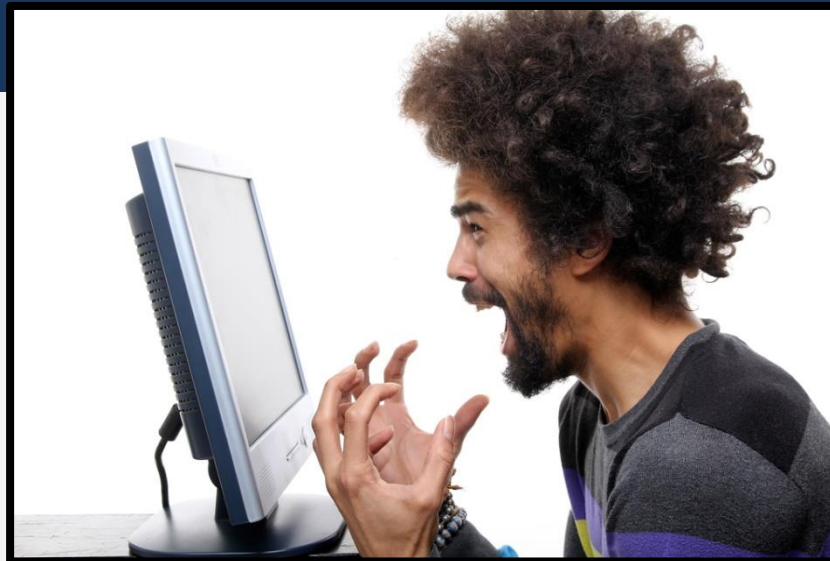
- Supostamente mais fácil de entender
- Eficiente (mais otimizável)
- Ordem das operações as vezes influencia o resultado do modelo!

# Algoritmo de Gillespie

- Algoritmo projetado originalmente para simular reações químicas em baixas concentrações
- Solução para aproximar uma simulação computacional do tempo contínuo

# O tempo é sempre discreto!!

```
for (i in 1:tempo)  
{  
    coisas acontecem...  
}
```

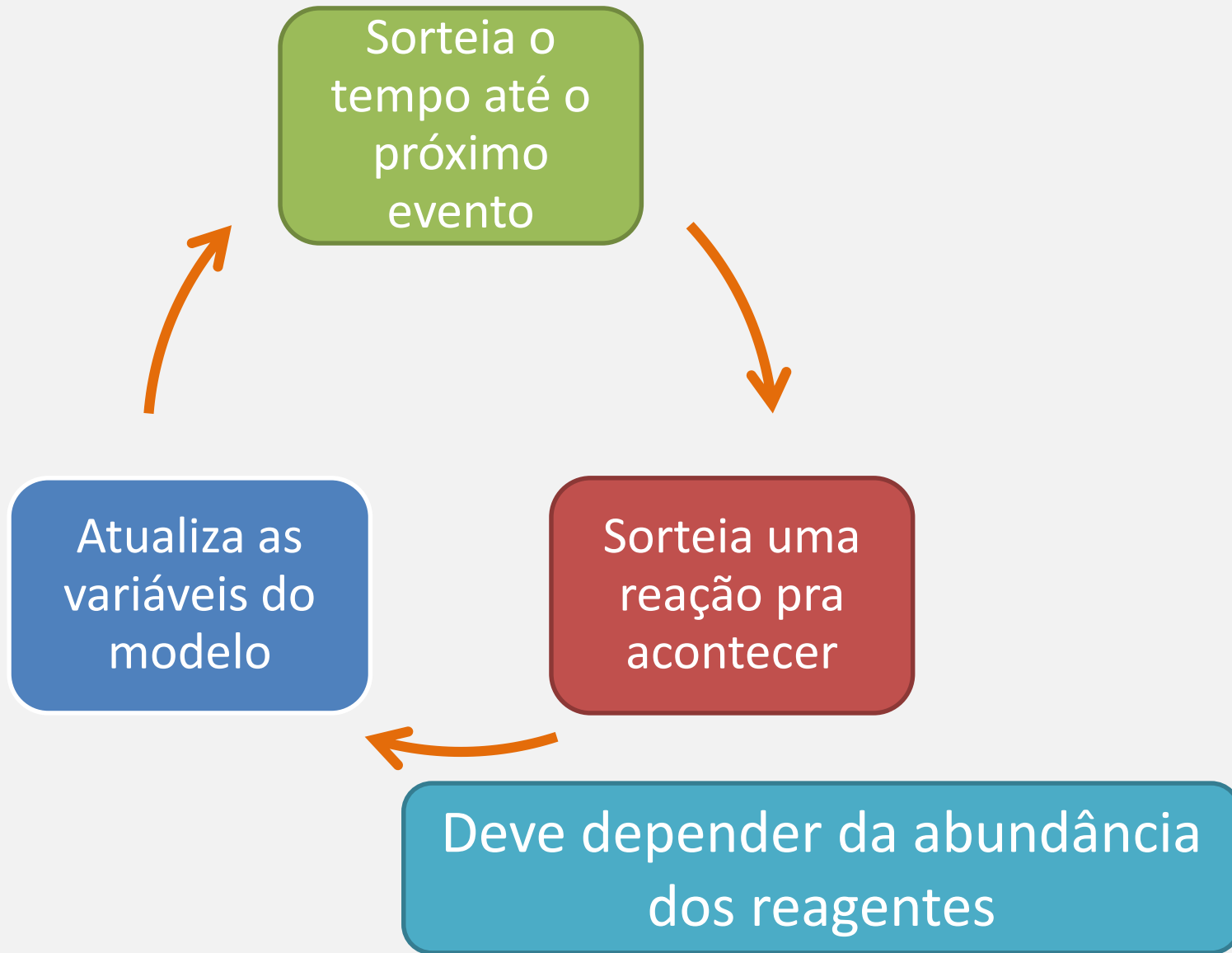




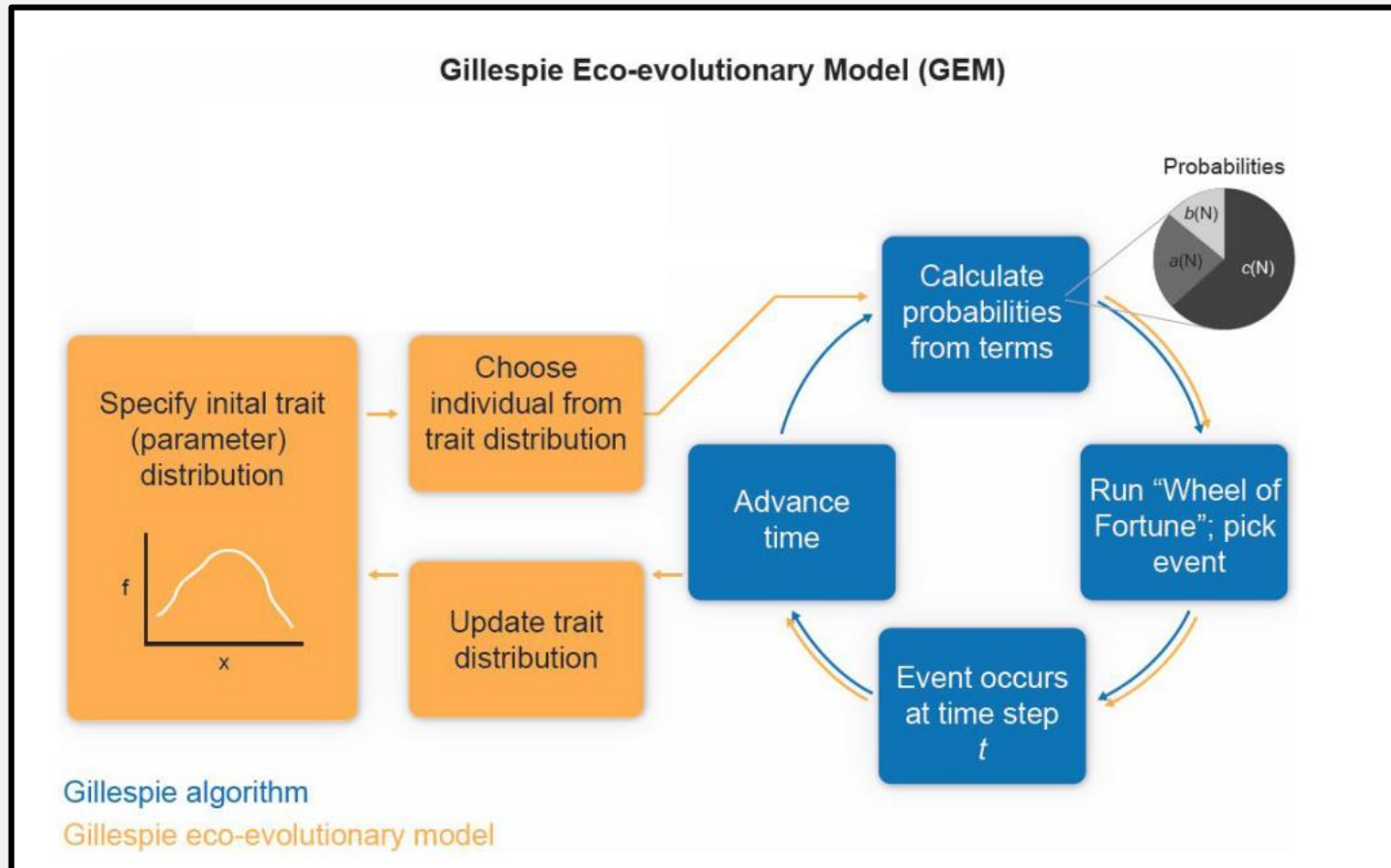
# Algoritmo de Gillespie

- Nem sempre está acontecendo alguma coisa
- As coisas acontecem uma de cada vez
- O tempo entre um “acontecimento” e o próximo é variável

# A cada passo da simulação



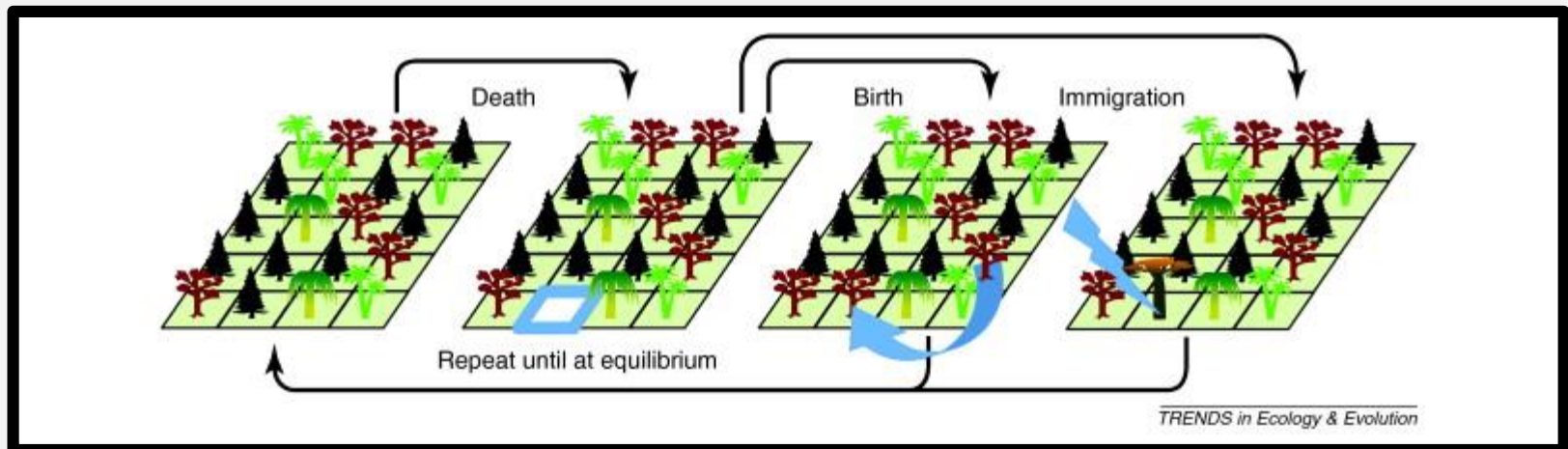
# Uma possível versão ecológica



DeLong, J. P., & Gibert, J. P. (2016). Gillespie eco-evolutionary models (GEMs) reveal the role of heritable trait variation in eco-evolutionary dynamics. *Ecology and evolution*, 6(4), 935-945.

# Teoria neutra da biodiversidade

- A cada passo de tempo morre alguém
- Imediatamente nasce um novo indivíduo ou chega um migrante



# Vamos voltar a falar de modelos?

