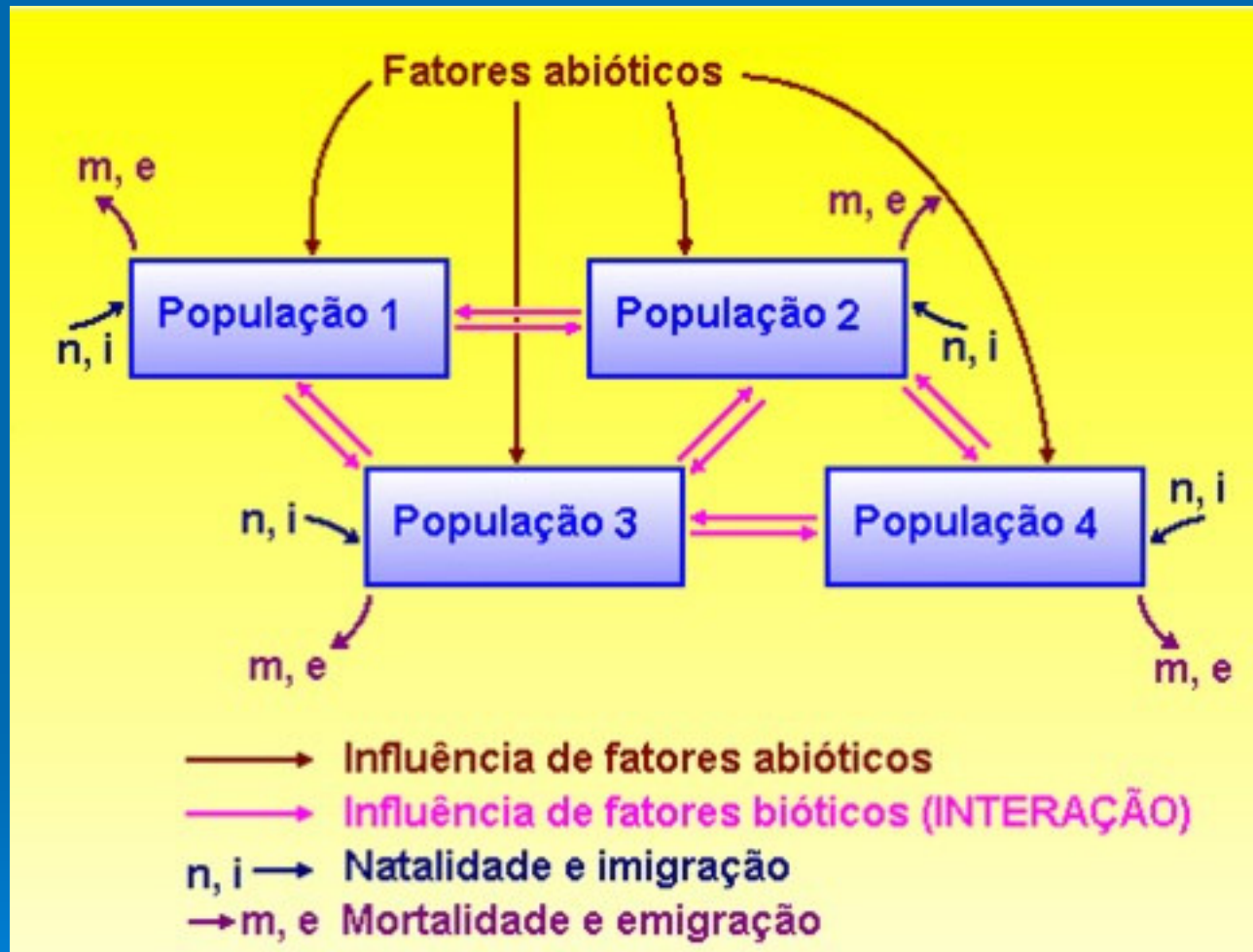


Ecologia – BIE210

Interações entre populações I

- **Competição**
- **Comensalismo**
- **Amensalismo**

Populações - Interações



Influências mútuas entre populações que coexistem

Populações - Interações

Influências mútuas entre populações que coexistem

Características:

- Resultantes das **atividades de obtenção de recursos**.
- Relevantes apenas quando **afetam a dinâmica (aumento ou diminuição no crescimento populacional)** de pelo menos uma das populações envolvidas.
- Tendem a atuar como **agente regulador (efeitos dependentes de densidade)** das populações envolvidas.
- Podem agir como **forças seletivas** na evolução das espécies envolvidas.
- A **natureza das interações** depende das **condições impostas pelo ambiente** onde as populações coexistem.

Tipos possíveis de interação

Interação	Espécie 1	Espécie 2	Descrição
Competição	-	-	inibição mútua
Predação	-	+	o predador mata ou explora a presa
Parasitismo	-	+	o parasita explora o hospedeiro
Amensalismo	-	0	inibição unilateral
Comensalismo	+	0	benefício unilateral
Mutualismo	+	+	benefício mútuo (facultativa/obrigatória)
Neutralismo	0	0	Populações não sofrem efeito

Efeitos na **população**

+ aumento na taxa de crescimento

- diminuição na taxa de crescimento

0 sem efeito

Taxa de crescimento = dN/dt

Possibilidade do efeito ser não-demonstrável

Competição (-/-)

Qualquer forma de utilização de um **recurso restrito** (ex.: espaço, alimento, abrigo, **parceiro reprodutivo***) por um indivíduo que **reduz a disponibilidade desse recurso para outros indivíduos**:

- da mesma espécie (intraespecífica)
- de espécies diferentes (interespecífica).

Utilização do **mesmo recurso restrito** ao **mesmo** tempo, no **mesmo** local e da **mesma** maneira → **máxima intensidade competitiva**.

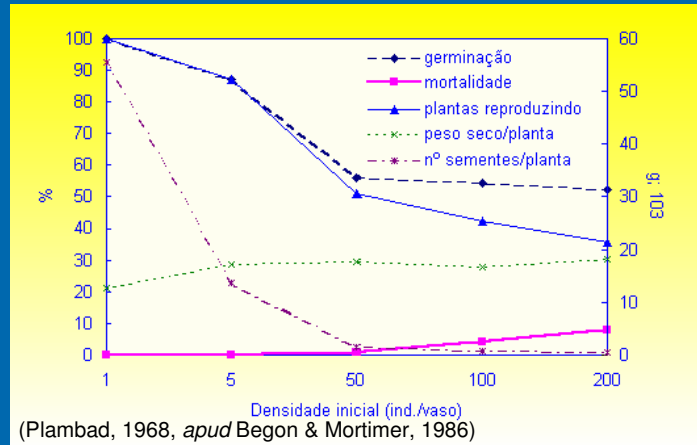


Diferenciação em qualquer uma destas características tende a **reduzir a intensidade da competição**.

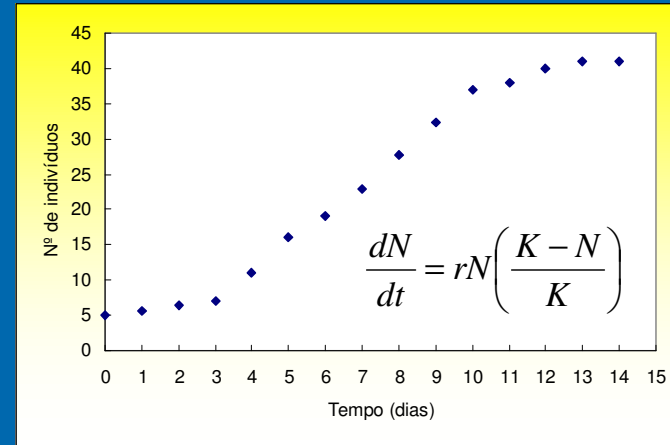
* **Competição exclusivamente intra-específica**

Competição Intraespecífica

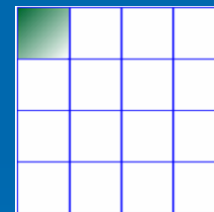
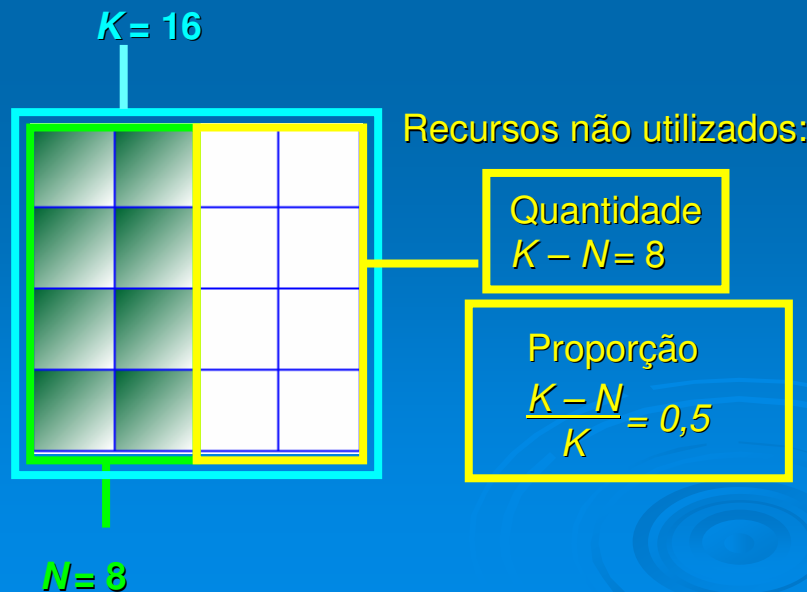
Entre indivíduos de uma mesma espécie



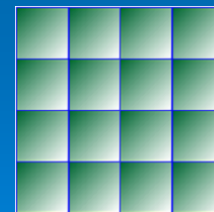
Efeitos nas funções vitais (*Conyza canadensis*)



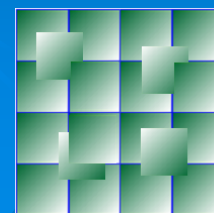
Efeitos no crescimento populacional (*Lemna* sp)



$$\frac{K - N}{K} = \frac{15}{16} = 0,94$$

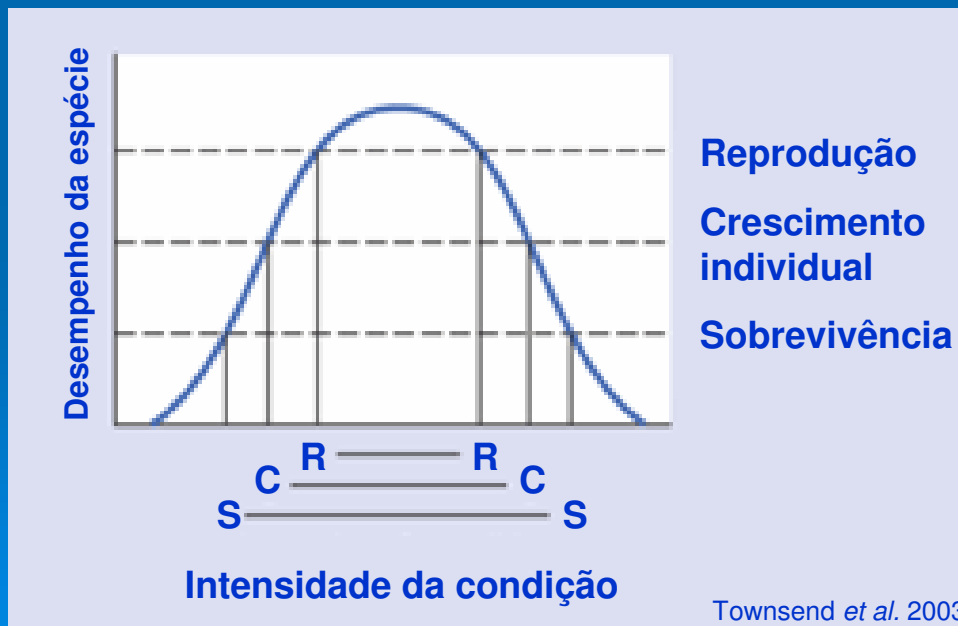
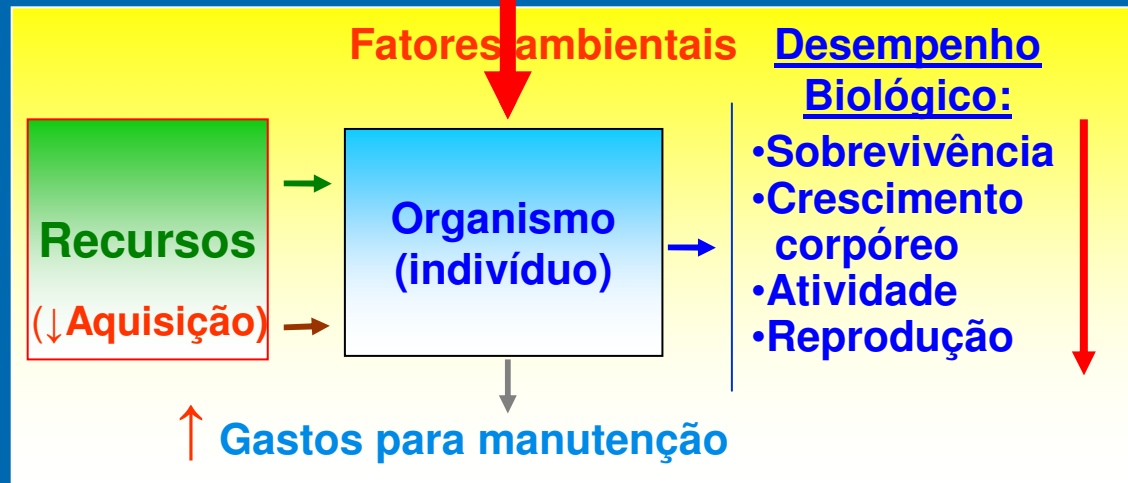


$$\frac{K - N}{K} = \frac{0}{16} = 0$$



$$\frac{K - N}{K} = \frac{-4}{16} = -0,25$$

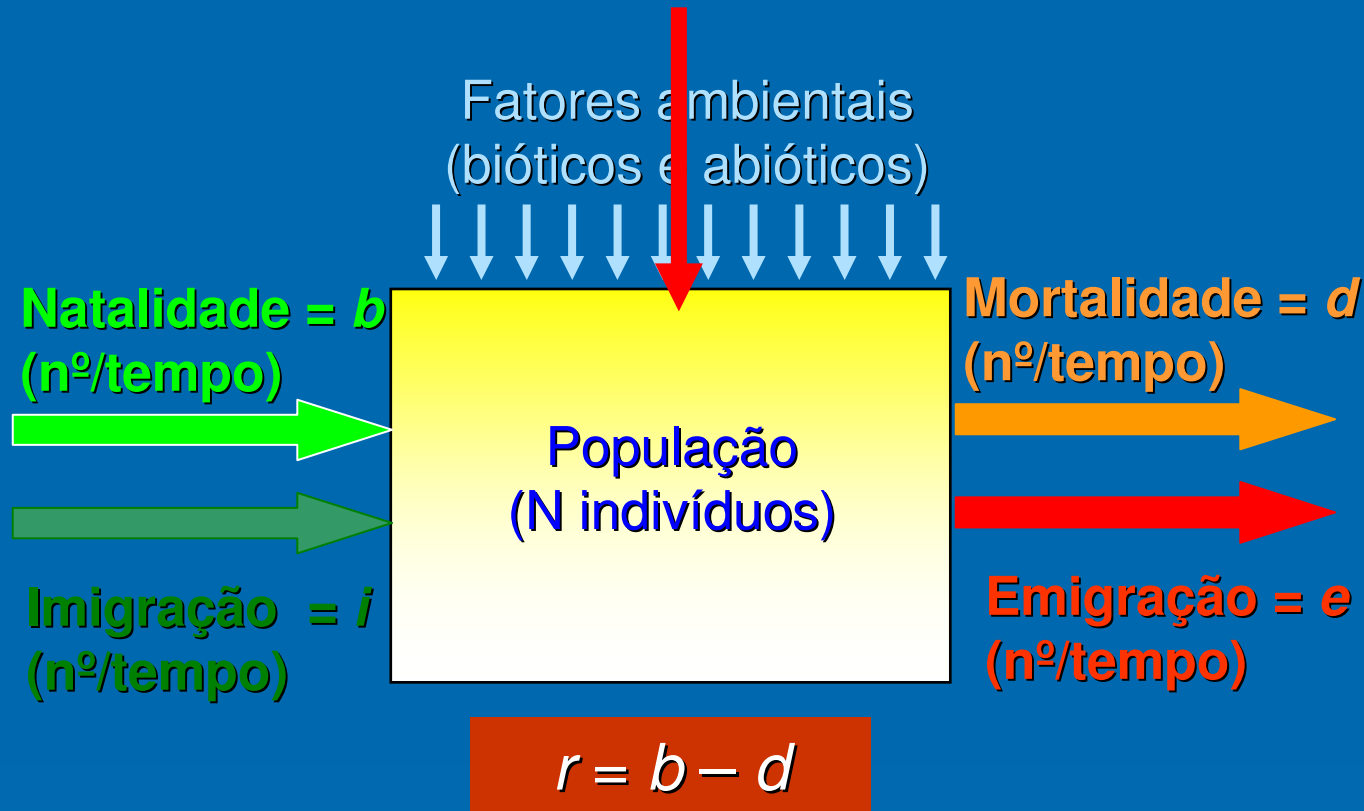
Efeito da competição sobre INDIVÍDUOS



Menor contribuição
para a próxima
geração
(nº descendentes)

↓
Menor aptidão
darwiniana (*fitness*)

Efeito da competição sobre a **POPULAÇÃO**



↓ natalidade (b) e/ou ↑ mortalidade (d) → ↓ r

↓ taxa de crescimento populacional $\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right)$

↓ tamanho da população em equilíbrio (K)

Competição (-/-)

Intraespecífica - entre indivíduos de uma mesma espécie

Tansley (1917): Primeira demonstração experimental do efeito da competição sobre as populações envolvidas



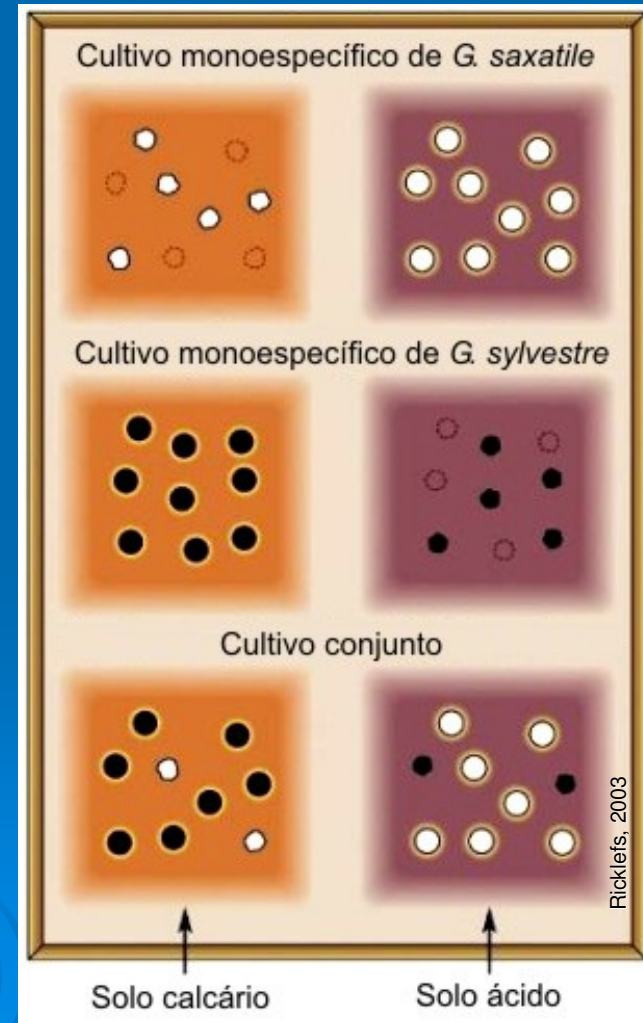
Galium saxatile
solos ácidos



Galium sylvestre
solos calcáreos

Cultivo em uma área experimental comum:

- mesmas condições climáticas (incidência de radiação solar, precipitação e temperatura);
- 2 tipos de solo (ácido; calcáreo)



Competição (-/-)

Mecanismos de competição

Por exploração (indireta)

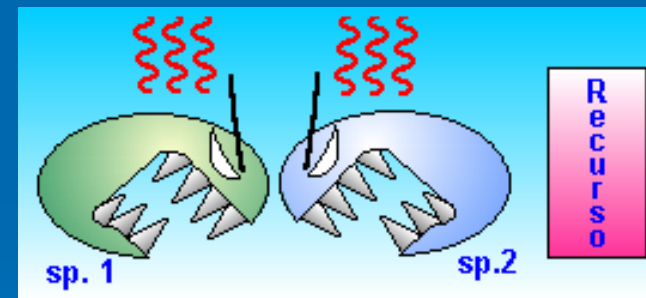
As atividades das espécies envolvidas tornam o recurso menos disponível para ambas.



Menor disponibilidade de recurso por indivíduo.

Por interferência (direta)

Uma espécie impede ativamente a utilização do recurso por uma outra (comportamento agressivo, alelopatia).



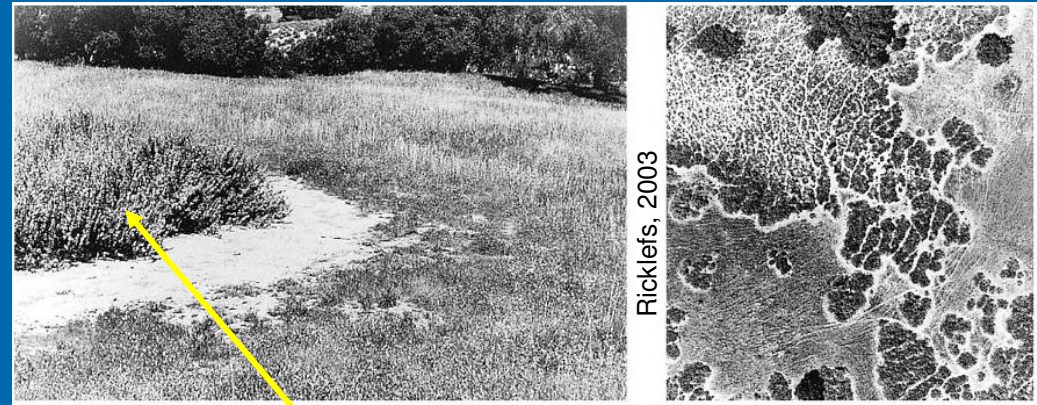
Maior gasto dos recursos adquiridos e/ou menor taxa de aquisição dos recursos.

Competição (-/-)

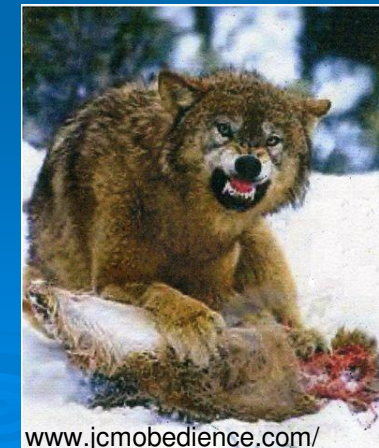
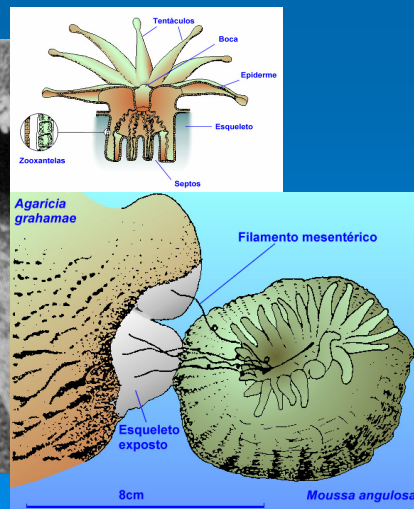
Por interferência (direta) - Uma espécie impede ativamente a utilização do recurso por uma outra (comportamento agressivo, alelopatia)



(Intraespecífica)



Alelopatia (*Salvia* spp) – produção de terpenos voláteis pelas folhas inibe o crescimento de outras espécies



Competição (-/-)

Destino de uma interação competitiva interespecífica

- Exclusão de uma das espécies
- Coexistência dos competidores

Quais circunstâncias determinam o rumo da interação?

Intensidade da interação

Disponibilidade do recurso

Capacidade competitiva dos indivíduos

Capacidade competitiva

||

Eficiência na aquisição de recursos

Determinada pelo desempenho biológico individual

- **Simétrica:** As partes atuam de forma semelhante
- **Assimétrica:** As partes atuam de formas diferentes (mais freqüente).

As conseqüências **não** são as mesmas para as partes envolvidas

Crescimento somático mais rápido – remove *Chthamalus* do substrato

Balanus



X

Chthamalus



Persiste em porções do ambiente em que as condições são desfavoráveis a *Balanus*

Destino de uma interação competitiva

Exclusão competitiva

Princípio de Gause

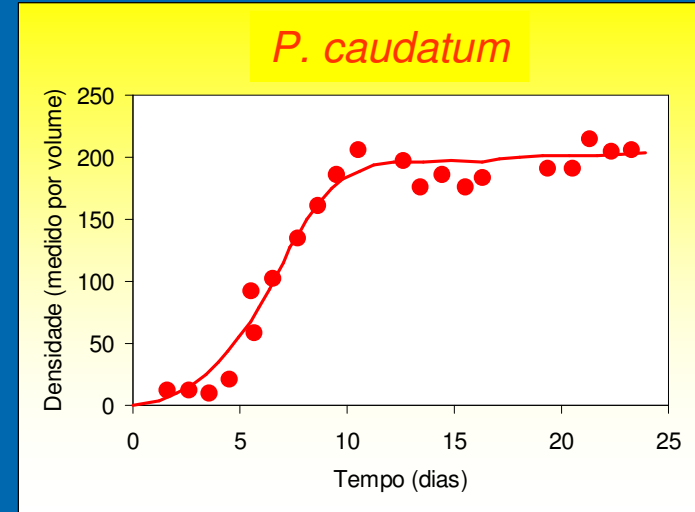
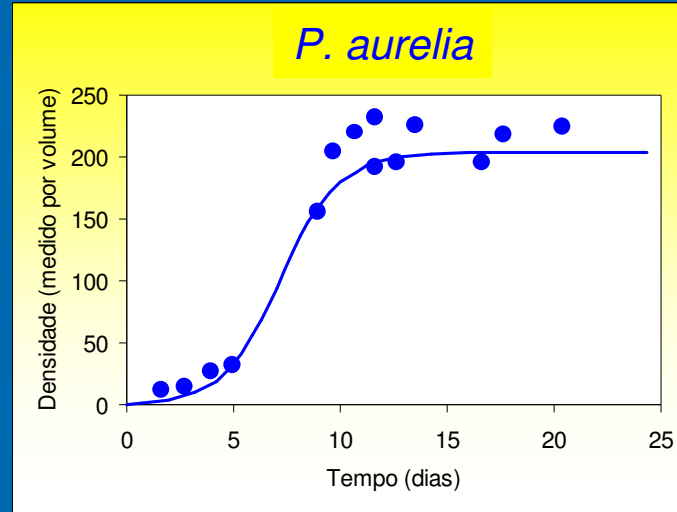
- Espécies que utilizam os mesmos recursos, de forma muito semelhante (**grande sobreposição dos nichos ecológicos**) **não coexistem** em uma mesma área e em um mesmo momento, se esses **recursos** forem **restritos**.
- A espécie que utiliza os recursos de forma mais eficiente (**maior capacidade competitiva**) exclui a outra.

Destino de uma interação competitiva

Exclusão competitiva

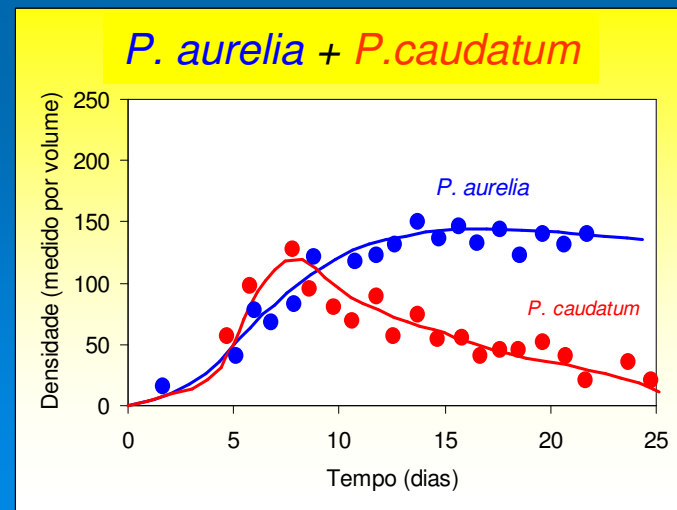
Paramecium

Cultivos isolados



Gause, 1934 em Begon *et al.*, 1996

Cultivo conjunto



P. aurelia



P. caudatum

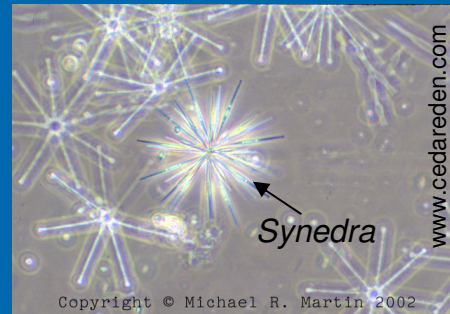


Destino de uma interação competitiva

Exclusão competitiva

Diatomáceas: *Asterionella* e *Synedra*

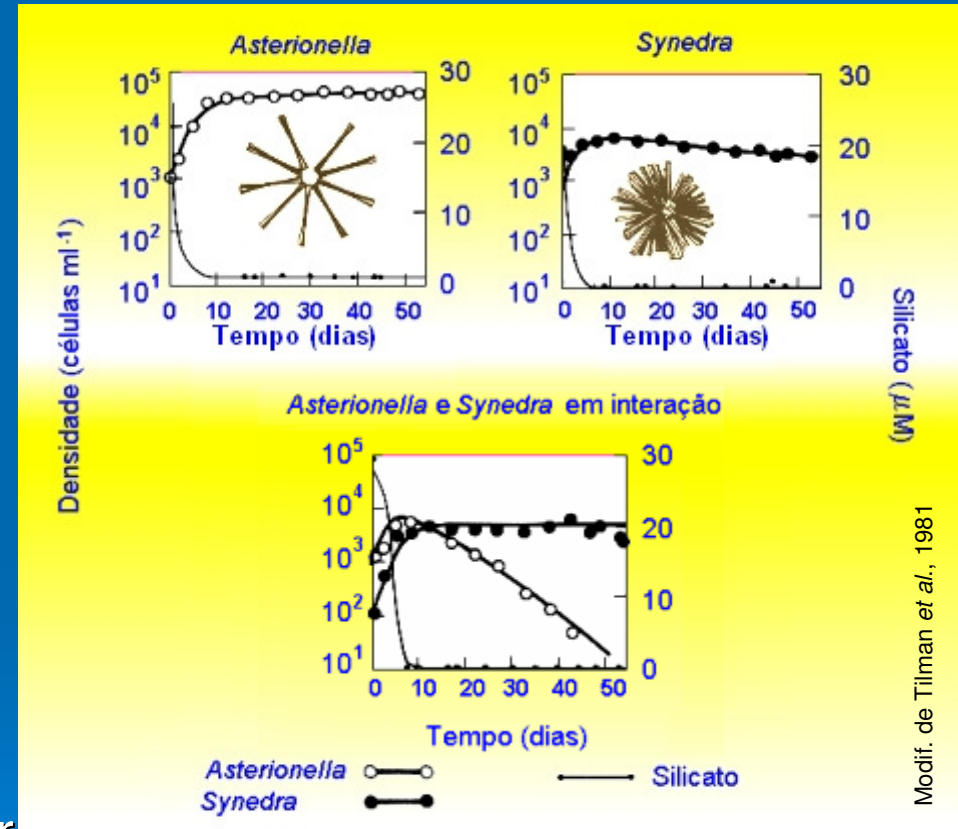
- **Silicato** fornecido em fluxo constante



Cultivos monoespecíficos:

- Crescimento logístico
- *Synedra*: maior taxa de assimilação de silicato

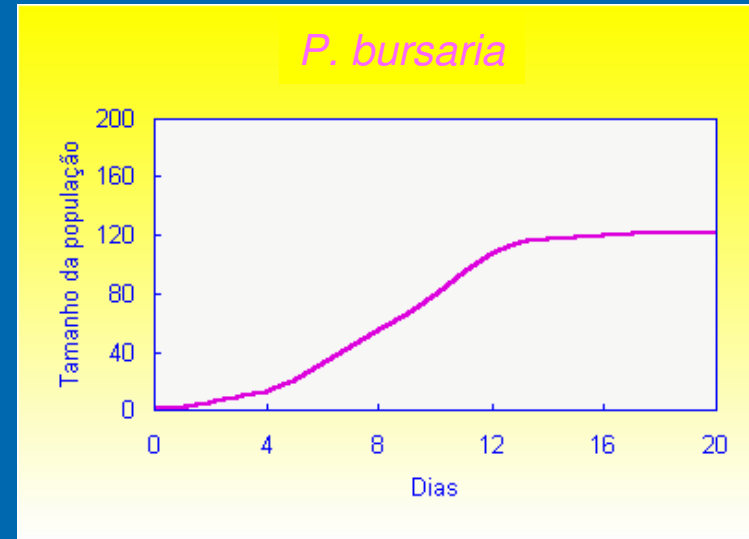
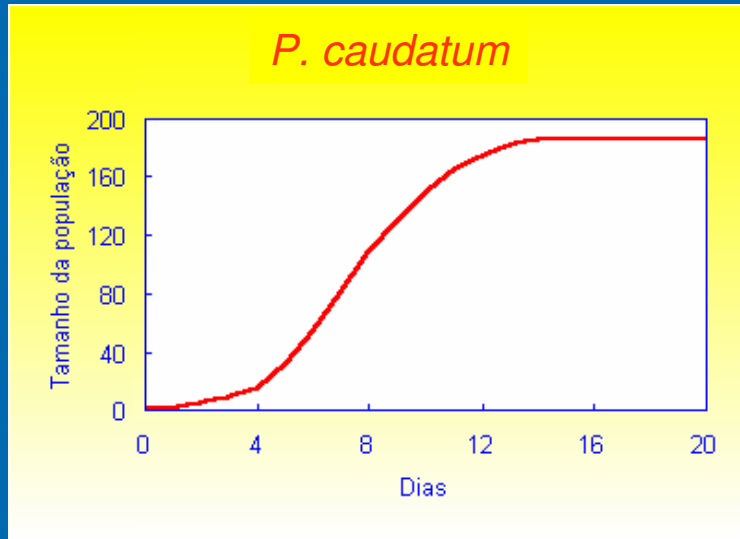
Em interação: consumo de silicato por *Synedra* torna a concentração no meio inferior àquela requerida por *Asterionella*



Destino de uma interação competitiva

Coexistência

Paramecium

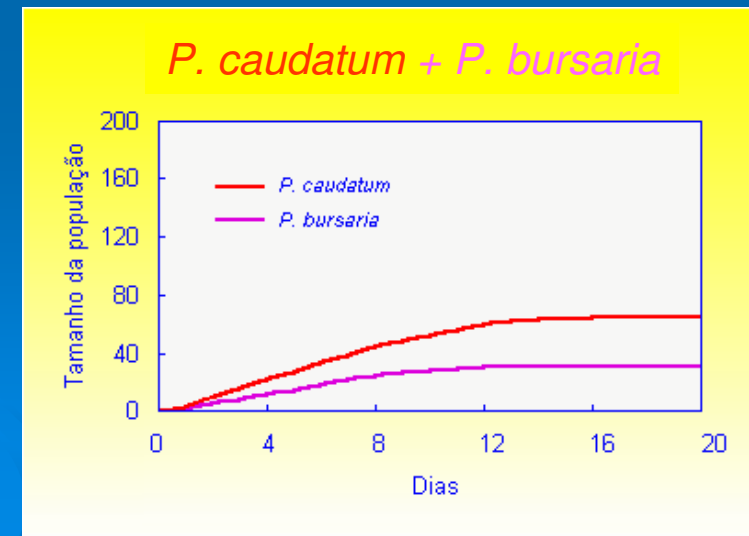


As duas espécies persistem mas com **tamanhos populacionais menores** do que em cultivos monoespecíficos.

Diferenças na **posição o cupada** no meio de cultivo e no **item alimentar** utilizado:

P. caudatum - bactérias em suspensão

P. bursaria – leveduras no fundo



Coexistência

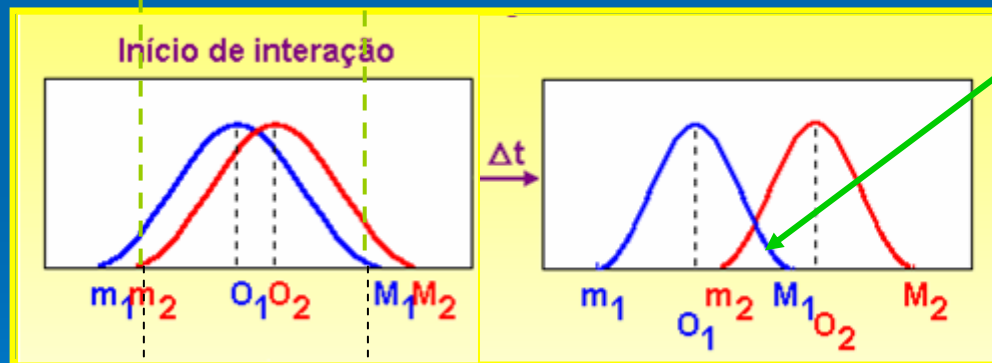
Espécies utilizam os mesmos recursos de forma diferente

Possibilidade I: **Competição como força seletiva**

Utilização diferenciada do recurso

Favorecimento pela seleção natural

Diminuição da sobreposição da dimensão do nicho ecológico



Processos evolutivos baseados em competição tornam as espécies mais diferentes entre si.

Competição intensa:
redução no desempenho biológico

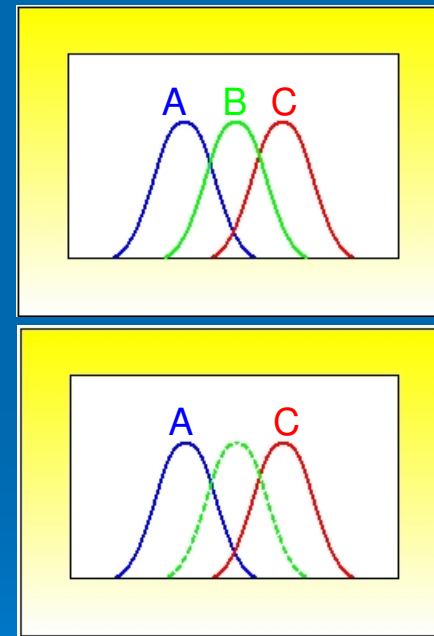
Menor intensidade de competição
Maior probabilidade de coexistência

Coexistência

Espécies utilizam os mesmos recursos de forma diferente

Possibilidade II: **Competição como força ecológica**

A competição excluiu outras espécies ao longo do tempo, permanecendo somente aquelas que usavam os recursos de forma diferente.



Exclusão competitiva da espécie B

“Fantasma da competição no passado” (Connell, 1980)

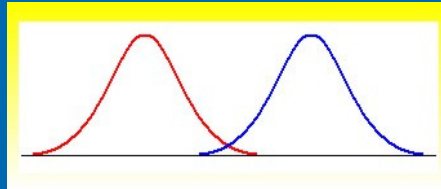
A competição atuou eliminando de espécies e não como força evolutiva (não houve modificações nas espécies)

Coexistência

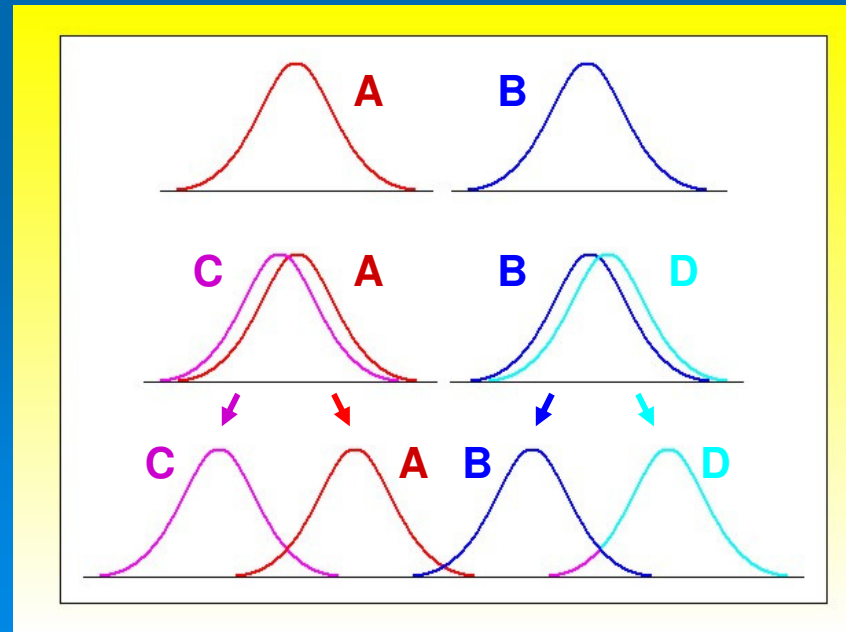
Espécies utilizam os mesmos recursos de forma diferente

Possibilidade III : Processos evolutivos independentes de competição entre as espécies envolvidas

Espécies com características distintas



Ao longo da história evolutiva responderam de forma diferente a forças seletivas distintas



Não competem agora, nem nunca competiram

Coexistência

Espécies utilizam os mesmos recursos de forma diferente

Dificuldades em considerar competição como explicação para padrões atuais e, especialmente, evocar uma explicação evolutiva para ela.

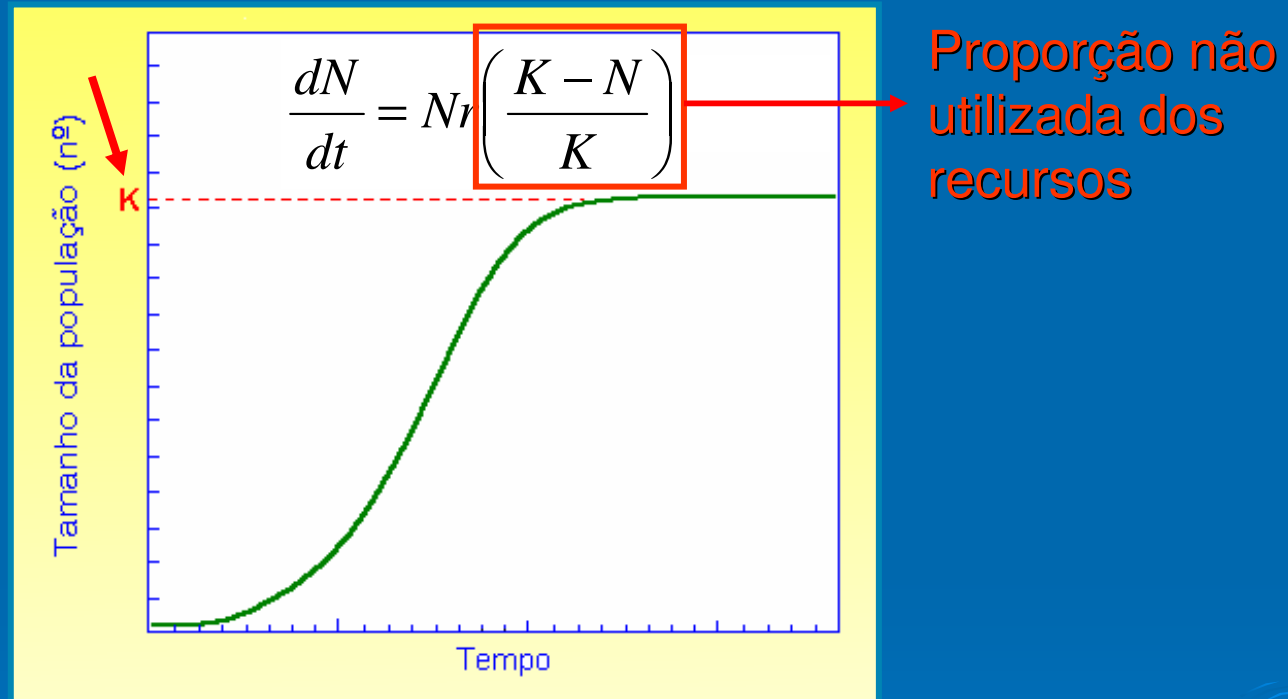
Experimentos de exclusão de espécies

Uma das espécies em competição é removida do ambiente e se verifica o efeito desse procedimento sobre a outra espécie

- Resultados positivos (aumento em fecundidade, sobrevivência ou abundância da espécie remanescente): **indicam competição atual**
- Resultados negativos (sem alterações na espécie remanescente): compatíveis com qualquer uma das 3 possibilidades consideradas

Dinâmica das populações em competição

Populações isoladas - Crescimento logístico



Recursos disponíveis em **quantidades constantes**, porém **limitadas** (com ação limitante do ambiente).

K = Capacidade de suporte

Dinâmica das populações em competição

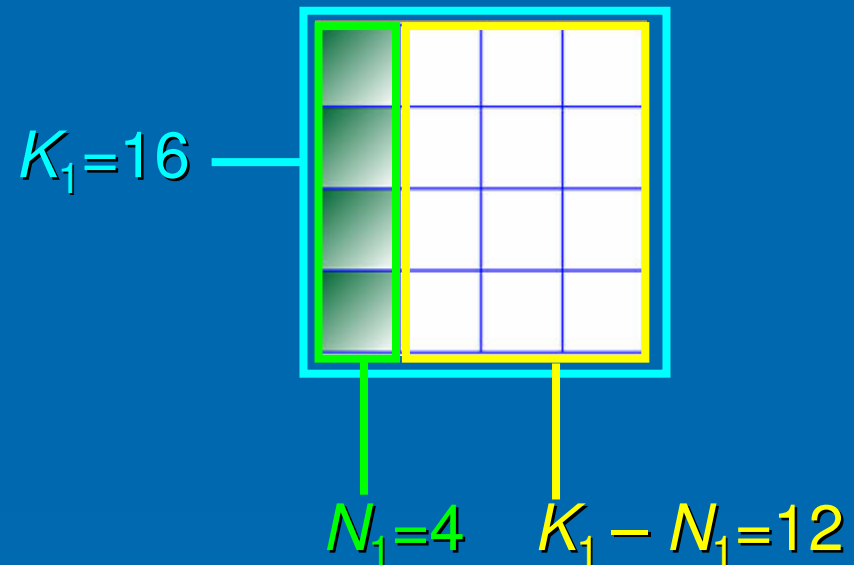
Espécie 1 sem competidor ($N_2 = 0$):

Taxa de crescimento
(modelo logístico)

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1}{K_1} \right)$$

Potencial para
crescimento
exponencial

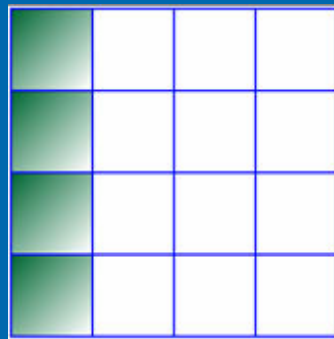
Proporção não
utilizada dos
recursos



Introdução da **espécie 2** (competidora)

Pressuposto: Os indivíduos das duas espécies apresentam capacidades competitivas (=taxa de utilização de recursos) similares.

Dinâmica das populações em competição

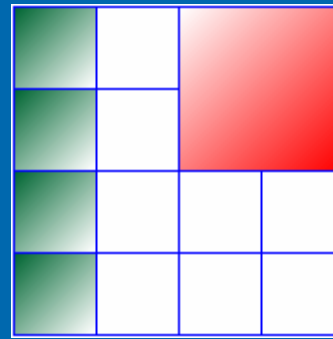


$$K_1 = 16$$

$$N_1 = 4$$

$$N_2 = 0$$

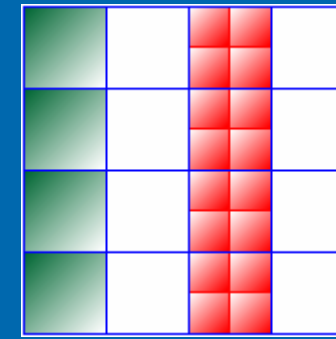
+ sp. 2
→
(N_2 indivs.)



$$K_1 = 16$$

$$N_1 = 4$$

$$N_2 = 1$$



$$K_1 = 16$$

$$N_1 = 4$$

$$N_2 = 16$$

+ N_2 convertido em N_1

“ N_1 ” adicional = αN_2
 $\alpha = 4$

“ N_1 ” adicional = αN_2
 $\alpha = 0,25$

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left[\frac{K_1 - N_1}{K_1} \right]$$

Sem competição

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left[\frac{K_1 - (N_1 + \alpha N_2)}{K_1} \right]$$

Com competição

$\alpha \cdot N_2$ = Conversão de N_2 para equivalentes em N_1 , de acordo com a utilização de recursos pela espécie 1

α = Coeficiente de competição da espécie 2 sobre a espécie 1 = influência da espécie 2 sobre a espécie 1

Dinâmica das populações em competição

Modelo de Lotka-Volterra: Espécie 1 como referência

Efeito da competição de 2 em 1

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left[\frac{K_1 - (N_1 + \alpha N_2)}{K_1} \right]$$

Modelo logístico sem competição

$\alpha.N_2$ = Conversão de N_2 para equivalentes em N_1 , de acordo com a utilização de recursos pela sp 1

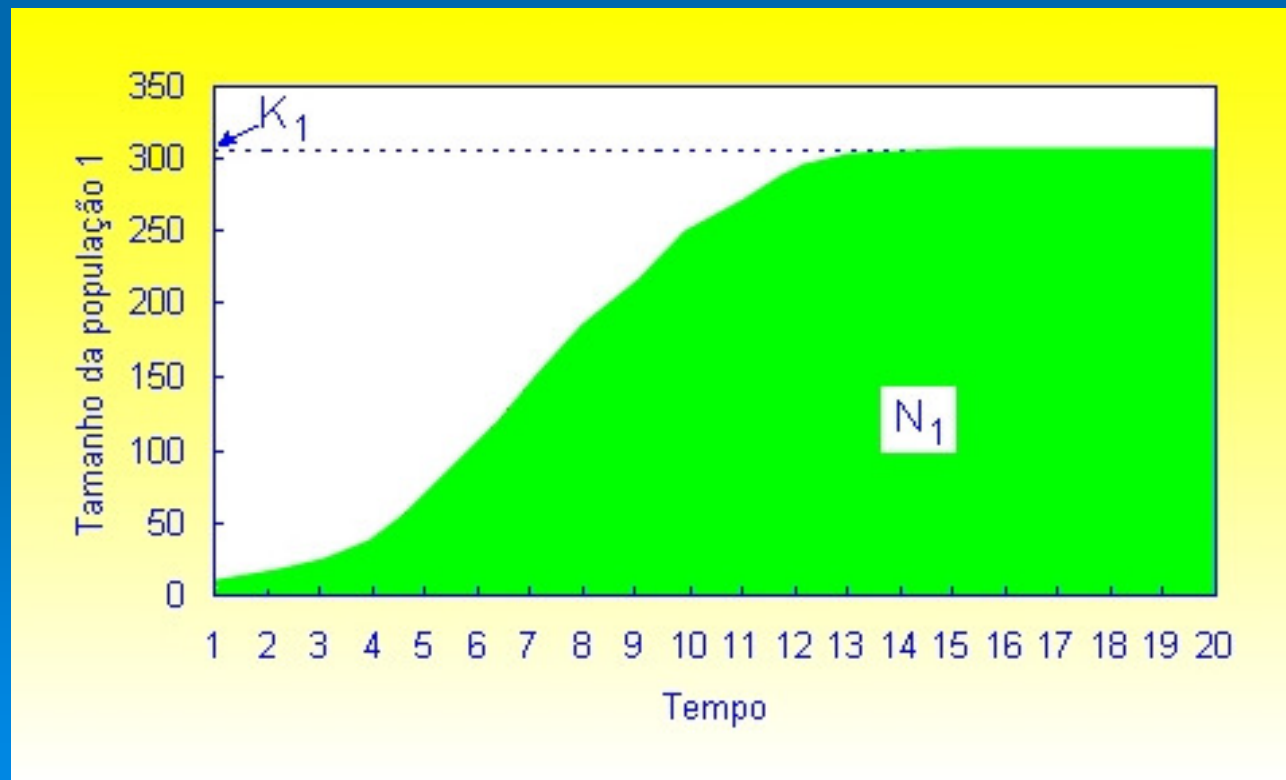
α = coeficiente de competição da espécie 2 sobre a espécie 1 = influência da espécie 2 sobre a espécie 1

Dinâmica das populações em competição

Modelo de Lotka-Volterra: Espécie 1 como referência

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left[\frac{K_1 - N_1}{K_1} \right]$$

Crescimento populacional da sp1, sem competição

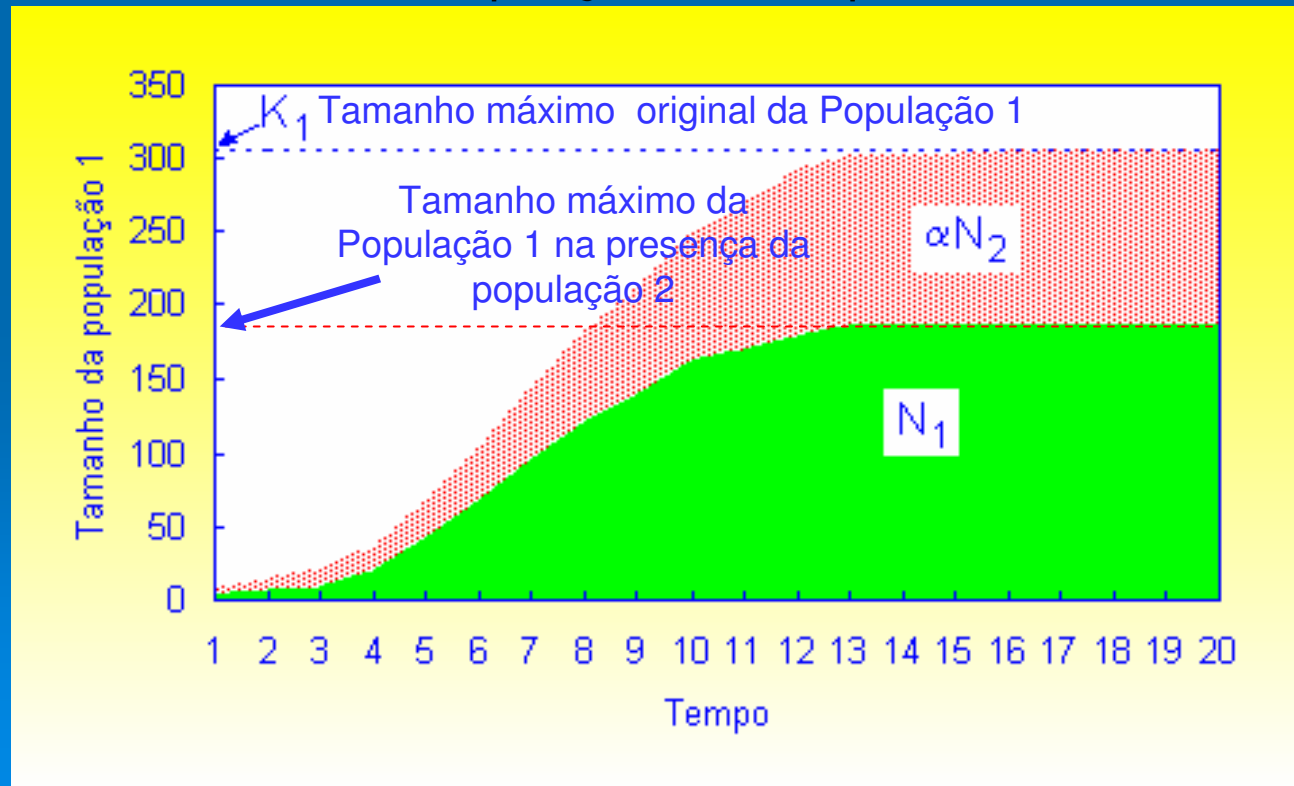


Dinâmica das populações em competição

Modelo de Lotka-Volterra: Espécie 1 como referência

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left[\frac{K_1 - (N_1 + \alpha N_2)}{K_1} \right]$$

Crescimento populacional da espécie 1, em condição de competição com espécie 2



Dinâmica das populações em competição

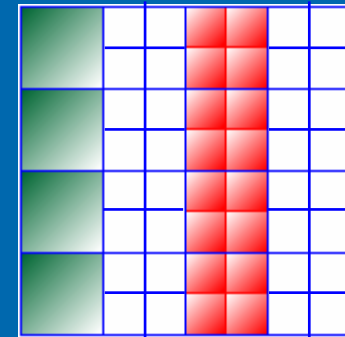
Modelo de Lotka-Volterra: Espécie 2 como referência

Efeito da competição de 1 em 2

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left[\frac{K_2 - (N_2 + \beta N_1)}{K_2} \right]$$

Modelo logístico sem competição

$$\begin{aligned} K_2 &= 64 \\ N_1 &= 4 \\ N_2 &= 16 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{"}N_2\text{" adicional} &= 4N_1 \\ \beta &= 4 \end{aligned}$$

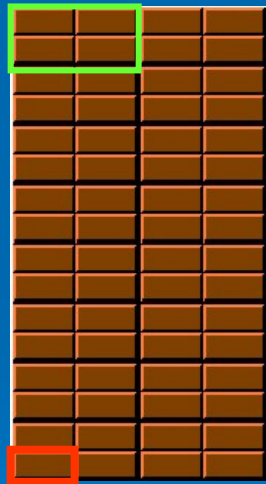
$\beta \cdot N_1$ = Conversão de N_1 para equivalentes em N_2 , de acordo com a utilização de recursos pela sp 2

β = coeficiente de competição da espécie 1 sobre a espécie 2 = influência da espécie 1 sobre a espécie 2

Dinâmica das populações em competição

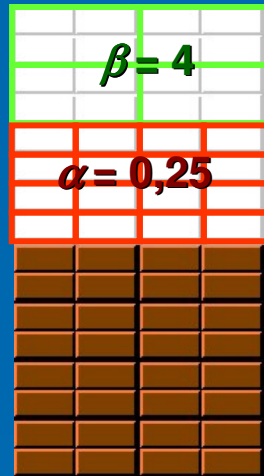
Competição e uso de recurso

Espécie 1
K = 16



Espécie 2
K = 64

$N_1 = 4$
 “ N_1 ” adicional = $\alpha N_2 = 4$
 “ N_1 total” = $N_1 + \alpha N_2 = 8$

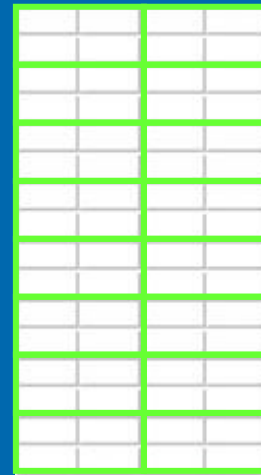


$N_2 = 16$

“ N_2 ” adicional = $\beta N_1 = 16$
 “ N_2 total” = $N_2 + \beta N_1 = 32$

N_1 mínimo necessário para tornar o recurso totalmente indisponível para a população 2

Se $N_2 = 0$
 $N_1 = 16 = K_1$

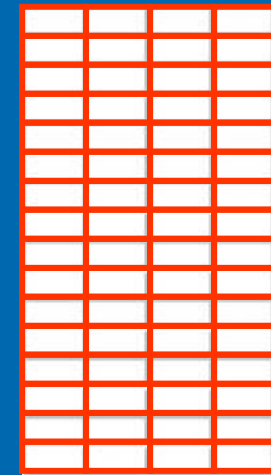


$$K_1 = K_2 / \beta$$

$N_{\text{máximo}}$ da população 1 sustentada pelo total de recursos disponíveis para a população 2

Intensidade competitiva
 $Sp1 \rightarrow Sp2 = Sp2 \rightarrow Sp1$

Se $N_1 = 0$
 $N_2 = 64 = K_2$



$$K_2 = K_1 / \alpha$$

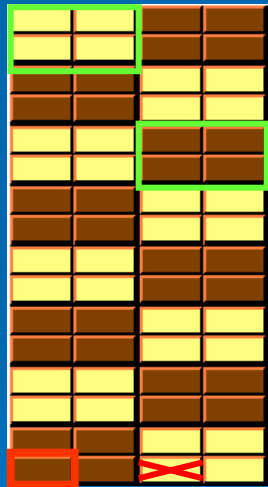
$N_{\text{máximo}}$ da população 2 sustentado pelo total de recursos disponíveis para a população 1

Idem para N_2 x população 1

Dinâmica das populações em competição

Competição e uso de recurso

Caso 1



Espécie 1

N_1

$\alpha = 0,25$

" N_1 " adicional = αN_2

" N_1 total" = $N_1 + \alpha N_2$

Espécie 2

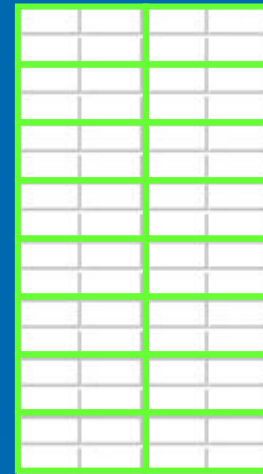
N_2

$\beta = 4$

" N_2 " adicional = βN_1

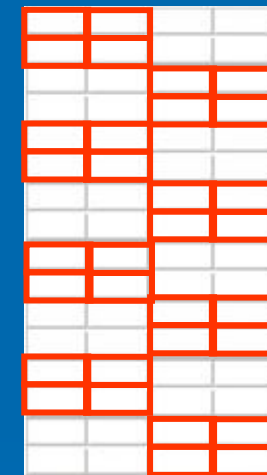
" N_2 total" = $N_2 + \beta N_1$

Se $N_2 = 0$
 $N_1 = 16 = K_1$
 $K_2/\beta = 8$



$K_1 > K_2/\beta$

Se $N_1 = 0$
 $N_2 = 32 = K_2$
 $K_1/\alpha = 64$



$K_2 < K_1/\alpha$

Sp1 → Sp2 Forte

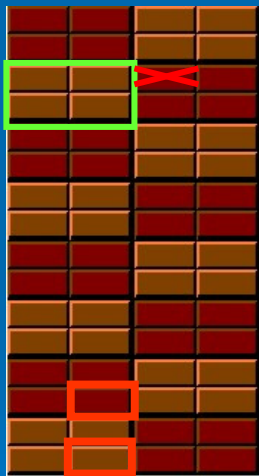
Sp2 → Sp1 Fraco

Espécie 1 exclui **espécie 2**

Dinâmica das populações em competição

Competição e uso de recurso

Caso 2



Espécie 1

N_1

$\alpha = 0,25$

“ N_1 ” adicional = αN_2

“ N_1 total” = $N_1 + \alpha N_2$

Espécie 2

N_2

$\beta = 4$

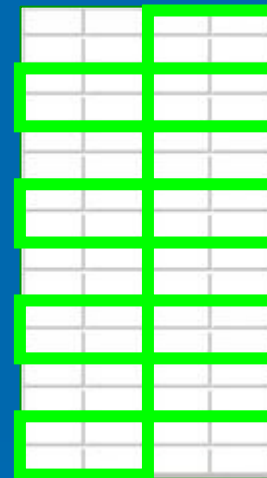
“ N_2 ” adicional = βN_1

“ N_2 total” = $N_2 + \beta N_1$

Se $N_2 = 0$

$N_1 = 8 = K_1$

$K_2/\beta = 16$

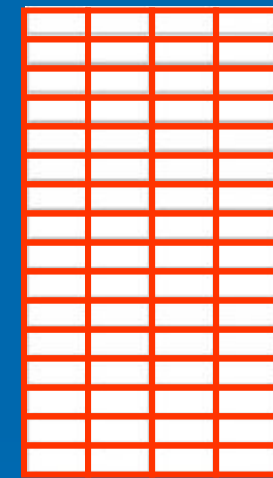


$K_1 < K_2/\beta$

Se $N_1 = 0$

$N_2 = 64 = K_2$

$K_1/\alpha = 32$



$K_2 > K_1/\alpha$

Sp1 → Sp2 Fraco

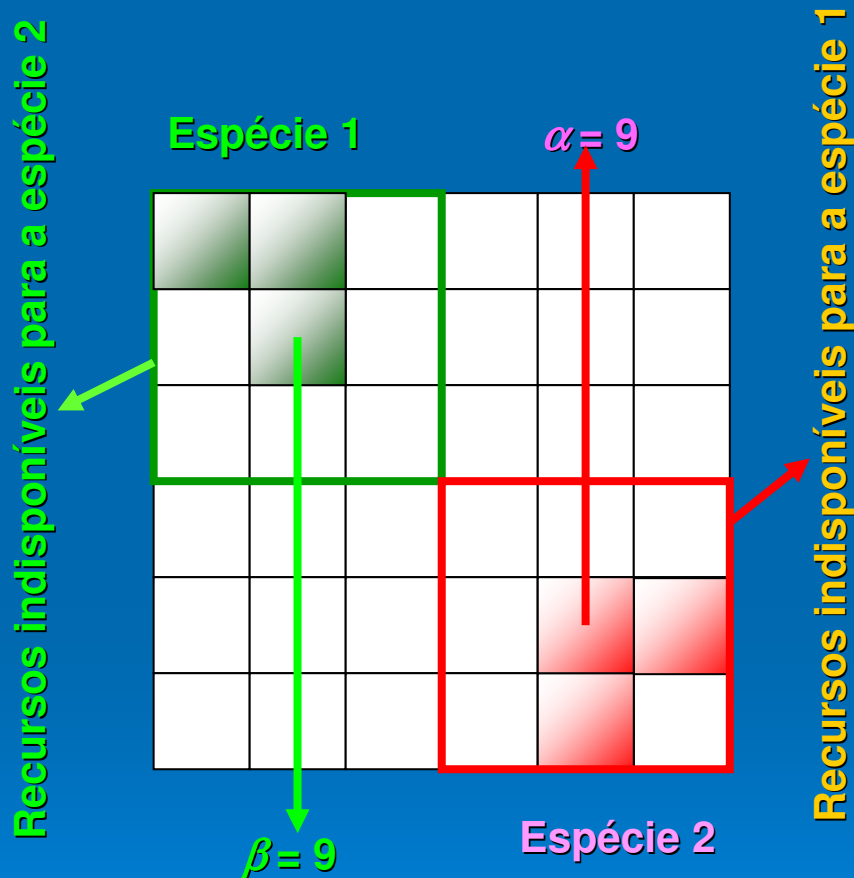
Sp2 → Sp1 Forte

Espécie 2 exclui espécie 1

Dinâmica das populações em competição

Competição e uso de recurso

Caso 3



Competição interespecífica mais intensa do que a intraespecífica

Se $N_2 = 0$
 $N_1 = 36 = K_1$
 $K_2/\beta = 36/9 = 4$

$K_1 > K_2/\beta$

Se $N_1 = 0$
 $N_2 = 36 = K_2$
 $K_1/\alpha = 36/9 = 4$

$K_2 > K_1/\alpha$

Sp1 → Sp2 Forte
 Sp2 → Sp1 Forte

Vencedor depende dos tamanhos iniciais das populações $N_1(t_0)$ e $N_2(t_0)$

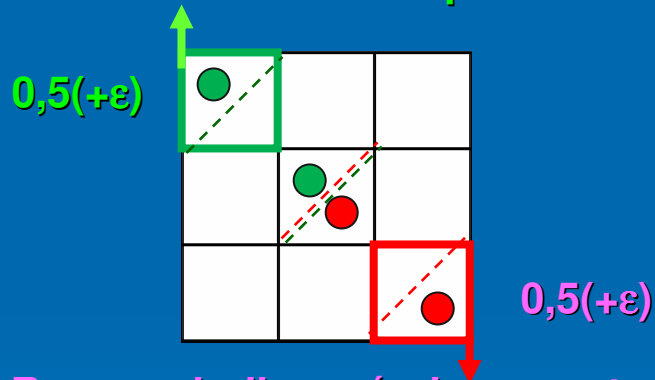
Dinâmica das populações em competição

Competição e uso de recurso

Caso 4

Espécie 1 $\alpha = 0,5(+\epsilon)$

Recurso indisponível para outros indivíduos da espécie 1



Recurso indisponível para outros indivíduos da espécie 2

$\beta = 0,5(+\epsilon)$ Espécie 2

Competição intraespecífica mais intensa do que a intrerespecífica

Se $N_2 = 0$
 $N_1 = 9 = K_1$

$$K_2/\beta = 9/0,5 = 18$$

$$K_1 < K_2/\beta$$

Se $N_1 = 0$
 $N_2 = 9 = K_2$

$$K_1/\alpha = 9/0,5 = 18$$

$$K_2 < K_1/\alpha$$

Sp1 \rightarrow Sp2 Fraco
Sp2 \rightarrow Sp1 Fraco

Coexistência

Destino de uma interação competitiva

Resultados possíveis de acordo com o modelo de Lotka-Volterra

$$K_2 < \text{ou} \geq \frac{K_1}{\alpha} \quad K_1 < \text{ou} \geq \frac{K_2}{\beta}$$

Efeito competitivo de 2 sobre 1

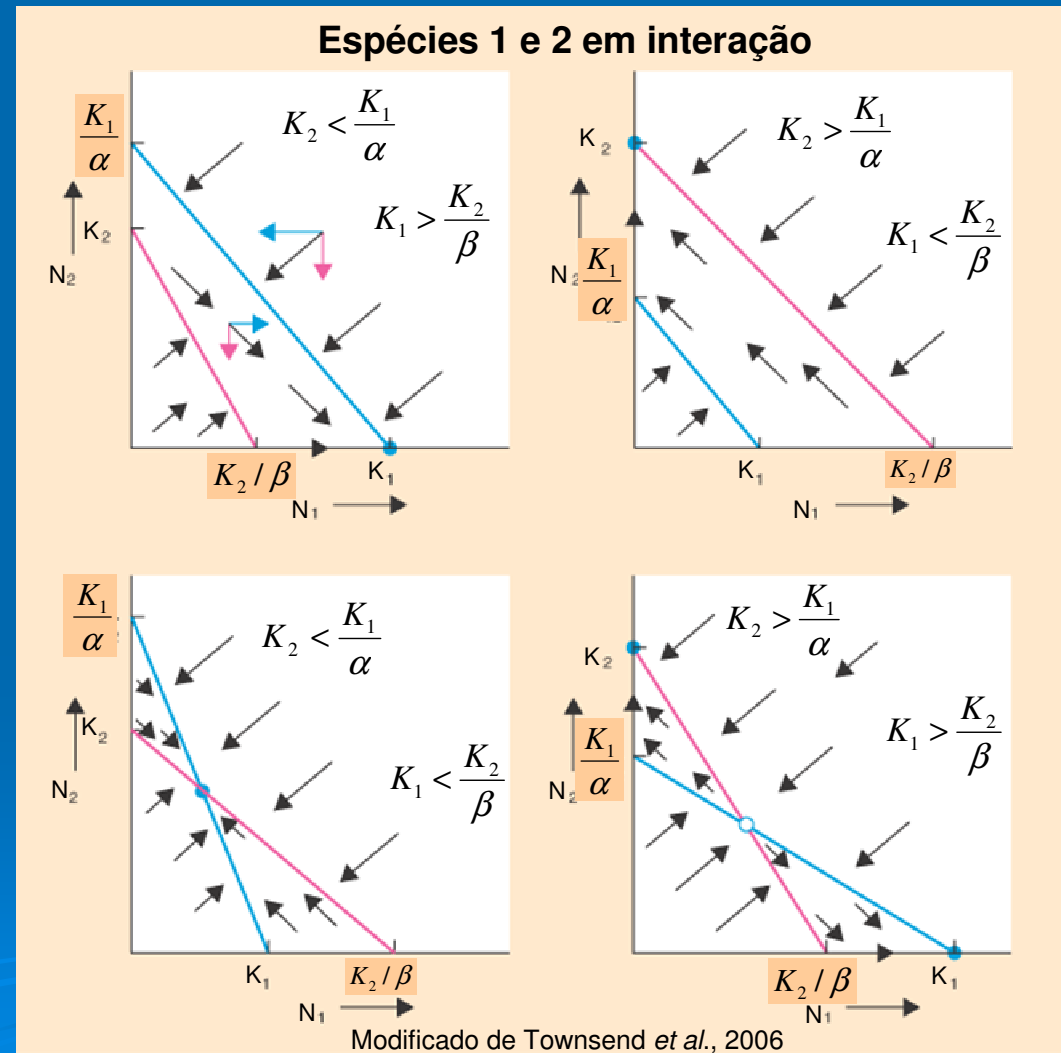
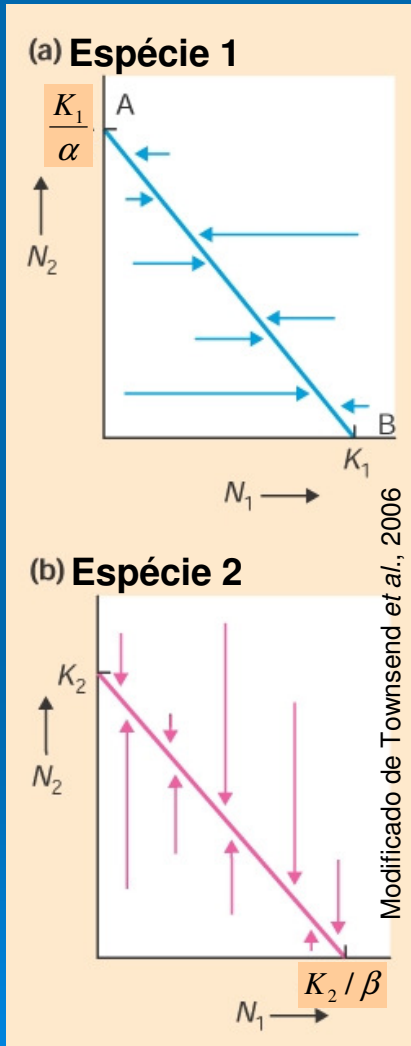
Efeito competitivo de 1 sobre 2	Fraco: $K_2 < \frac{K_1}{\alpha}$	Forte: $K_2 \geq \frac{K_1}{\alpha}$
Fraco: $K_1 < \frac{K_2}{\beta}$	Coexistência como equilíbrio estável	Espécie 2 sempre vence
Forte: $K_1 \geq \frac{K_2}{\beta}$	Espécie 1 sempre vence	Vencedor depende condições iniciais [$N_i(0)$]

K_1 / α Nº de indivíduos da população 2 que **seria** sustentada pelo recurso **disponível para a população 1**

K_2 / β Nº de indivíduos da população 1 que **seria** sustentada pelo recurso **disponível para a população 2**

Destino de uma interação competitiva

Resultados possíveis de acordo com o modelo de Lotka-Volterra



Efeito de outros fatores do ambiente na competição

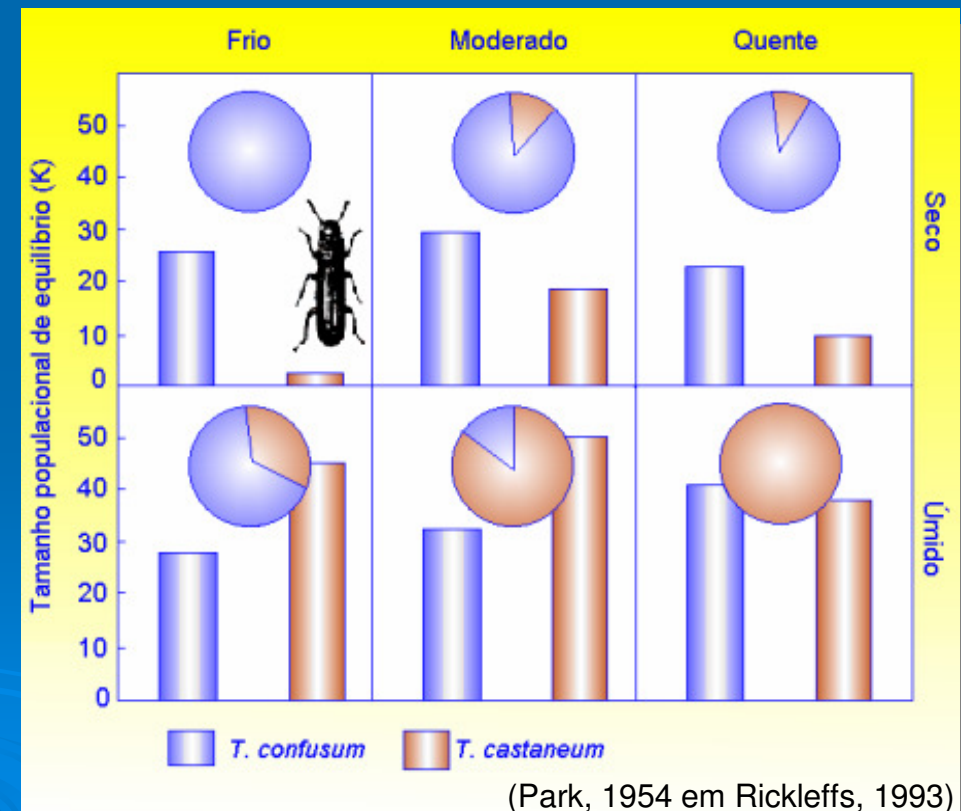
Fatores abióticos e/ou outras interações podem influenciar os resultados de uma interação competitiva

Espécies de besouros do gênero *Tribolium* :
T. confusum x *T. castaneum*

Cultivos experimentais com diferentes combinações de temperatura e umidade relativa do ar (6 tratamentos com 20 a 30 réplicas cada)

Barras: nº máximo de indivíduos (K) de cada espécie em cultivo **monoespecífico**

Áreas: % de vitórias de cada espécie em réplicas de **cultivo conjunto**, para cada combinação de valores



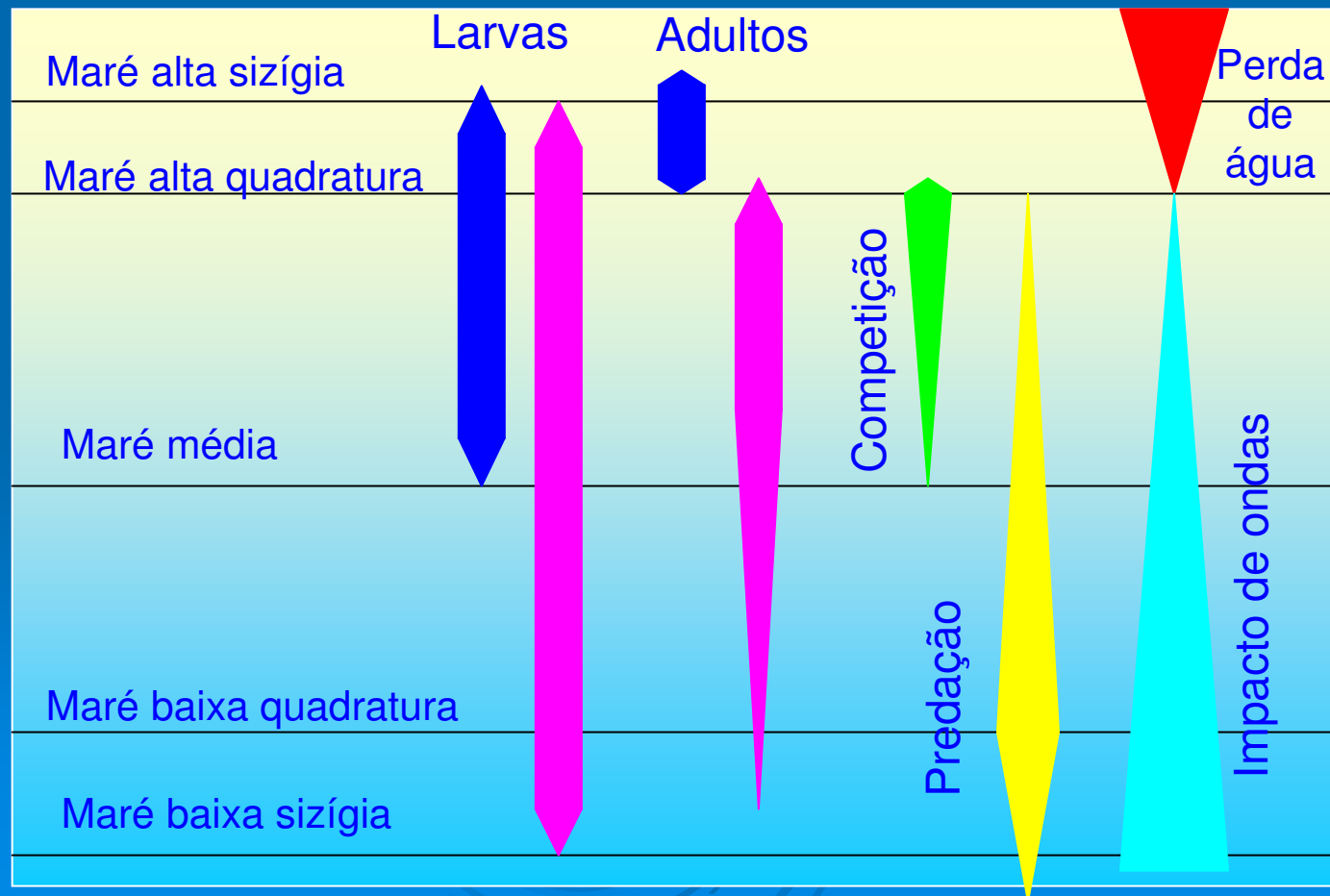
Efeito de outros fatores do ambiente na competição

Connell, 1961: Estabelecimento de cracas em costões rochosos

Balanus



Chthamalus



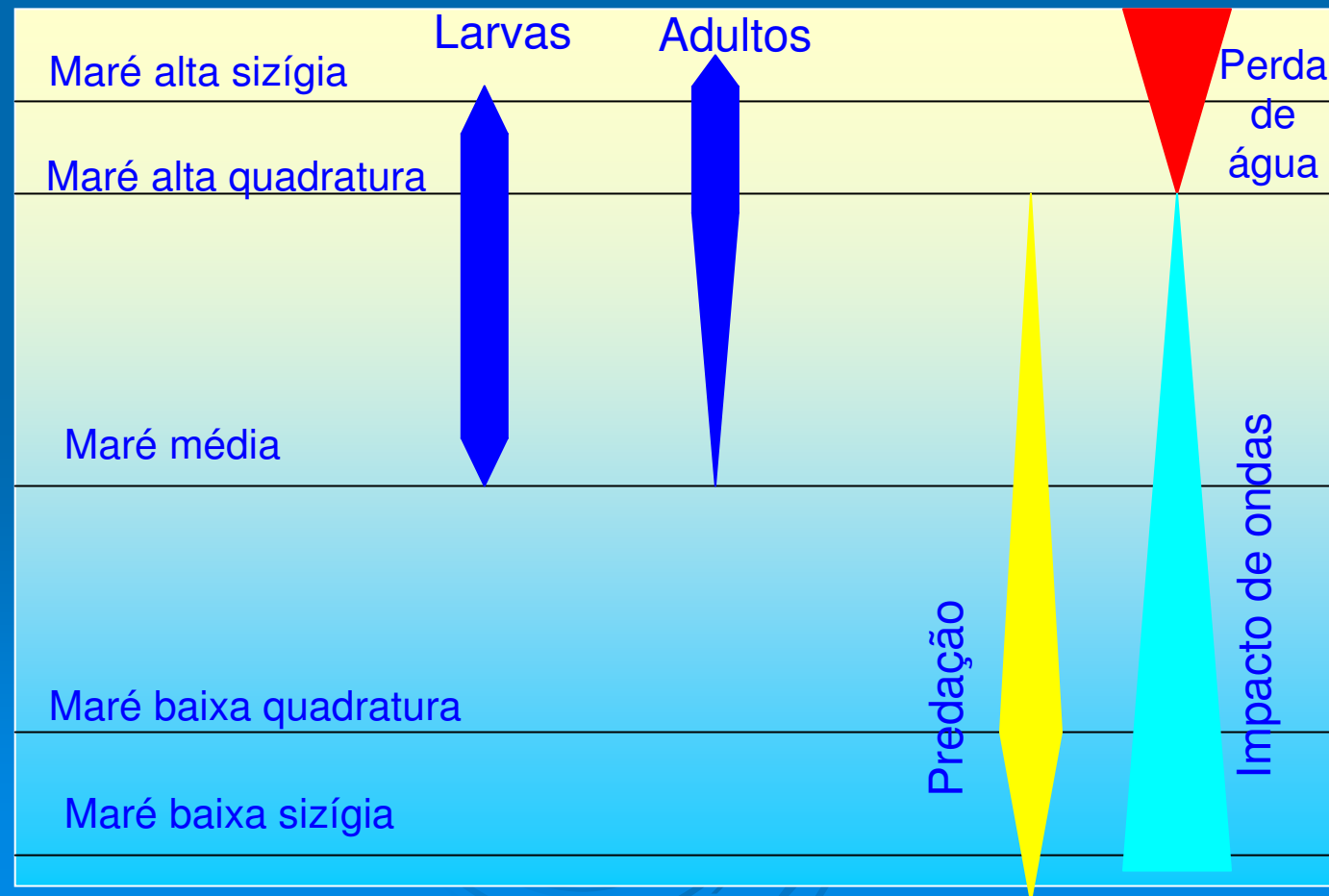
Efeito de outros fatores do ambiente na competição

Connell, 1961: Estabelecimento de cracas em costões rochosos

Remoção experimental de *Balanus*



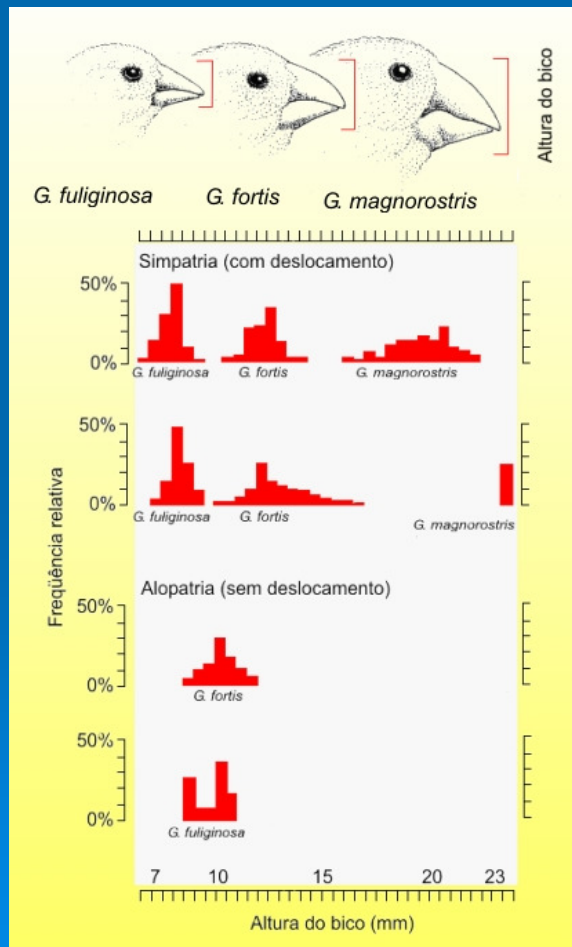
Chthamalus



Deslocamento de caracteres

Expressão morfológica da diferenciação dos nichos (efetivos) das espécies envolvidas em interação competitiva.

Partilha de recursos $\rightarrow \Delta$ tempo \rightarrow deslocamento de caracteres



(Futuyma, 1997)

Tentilhões de Galápagos (*Geospiza*)

Variável analisada: Altura do bico correlacionado com o tamanho do recurso alimentar

Alopatria - valores semelhantes em espécies \neq s (*G. fortis*; *G. fuliginosa*)

Sympatria – distribuições de frequência deslocadas (alterações na dimensão)

Abundância de uma 3ª espécie (*G. magnorostris*) altera os padrões de deslocamento do carácter nas outras duas espécies.

Comensalismo (+/0)

Apenas uma das populações é favorecida pela interação, enquanto a outra não sofre alterações.

A espécie comensal associa-se de forma bastante próxima ao hospedeiro:

- Sobre a superfícies externas. Ex.: rêmora, cracas (em cetáceos e tartarugas), epífitas.



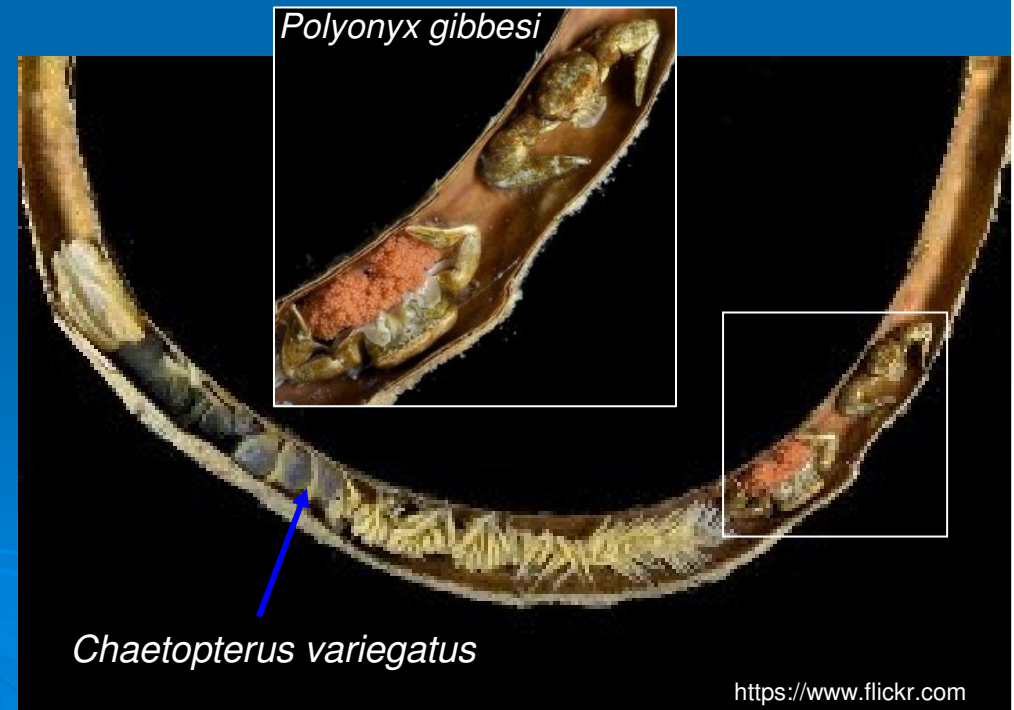
Comensalismo (+/0)

Apenas uma das populações é favorecida pela interação, enquanto a outra não sofre alterações

A espécie comensal associa-se de forma bastante próxima ao hospedeiro:

- Em cavidades (internas/externas): tubos digestivos, cavidades respiratórias, ocos em troncos de árvore.
- Em tocas, ninhos, galerias, e tubos de outras espécies

Caranguejo pinoterídeo



Comensalismo (+/0)

Apenas uma das populações é favorecida pela interação, enquanto a outra não sofre alterações

Dependendo da quantidade de comensais, a associação pode causar alterações (em geral, negativas) na população do hospedeiro.

Uma relação pode ser considerada +/0 porque o efeito do comensal sobre o hospedeiro não pode ser demonstrado.



Limnoperna fortunei (mexilhão dourado) [62 indivíduos
Massa total = 30.4g

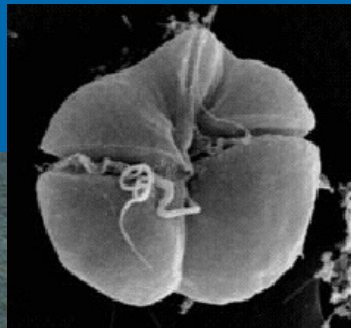


Aegla platensis [1 indivíduo
Massa total = 2.8g

Amensalismo (-/0)

Uma das populações é desfavorecida pela interação, enquanto a outra não sofre alterações.

É difícil demonstrar se a população inibidora realmente não sofre influência da interação (+ ou -)



Karenia brevis

<http://www.oceanservice.noaa.gov/topics/>

Ex.: Maré vermelha

- Grande proliferação de dinoflagelados (fitoplâncton)
- Excretam substâncias tóxicas
- Alta mortalidade em organismos marinhos e nos seus predadores

Ecologia – BIE210

Interações entre populações II

- **Predação**
 - **Parasitismo**
 - **Mutualismo**
- 