

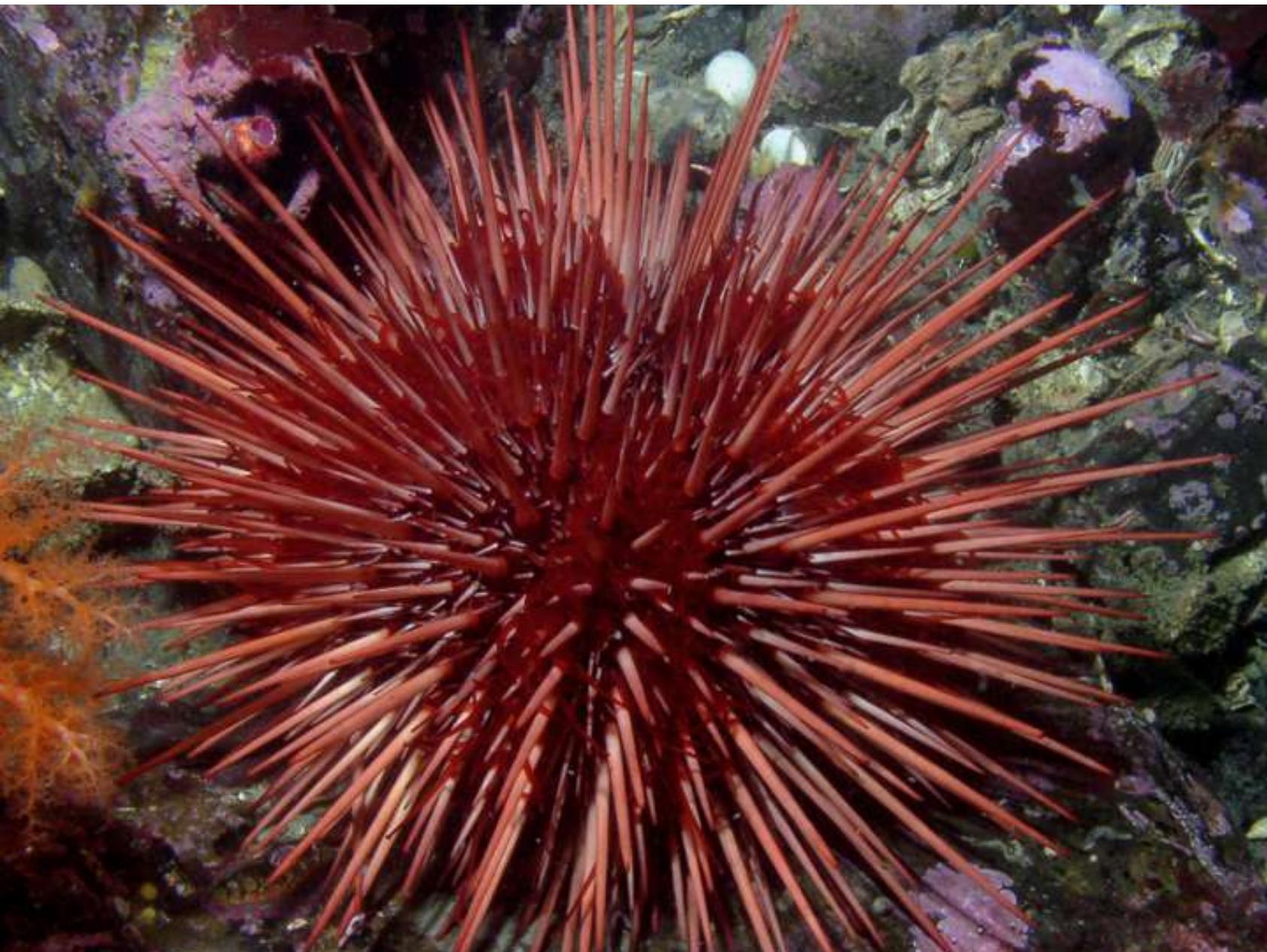
Estrutura e dinâmica redes ecológicas (I)

Paulo R. Guimarães Jr. (Miúdo)



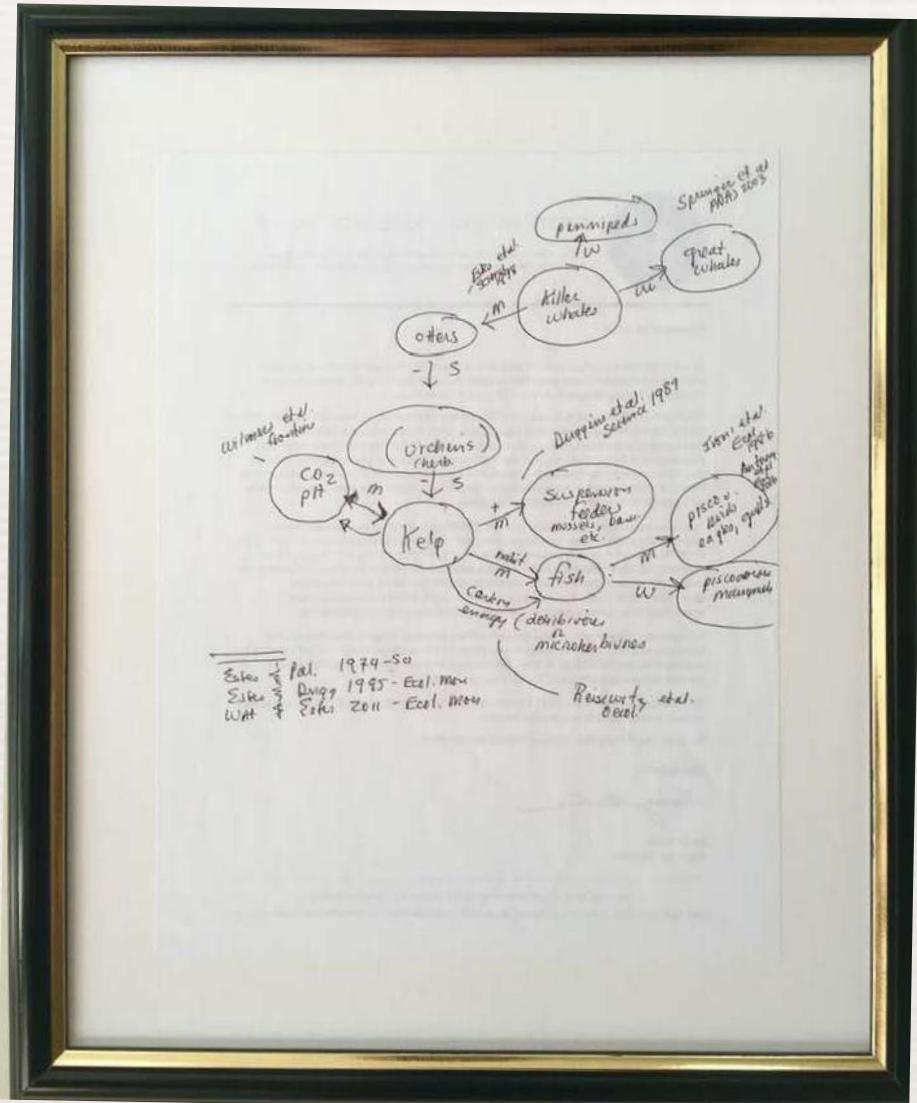












James Estes

Estes & Palmisano 1974. Science

Aula 1: Introdução

- O que é uma rede?
- As duas perguntas do estudo de redes
- A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas
- Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias
- Resumo

Aula 1: Introdução

- **O que é uma rede?**
- As duas perguntas do estudo de redes
- A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas
- Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias
- Resumo

Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

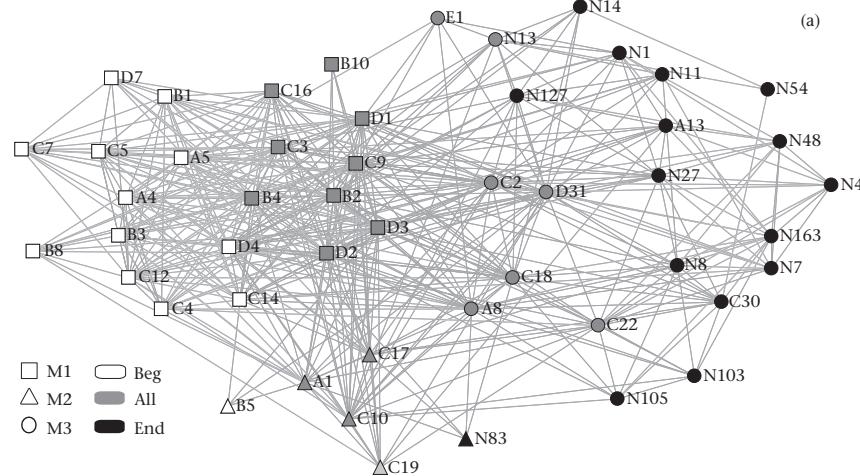
I. Nosso foco: Interações entre indivíduos de diferentes espécies

Em diferentes escalas



Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

II. Interações sociais entre animais

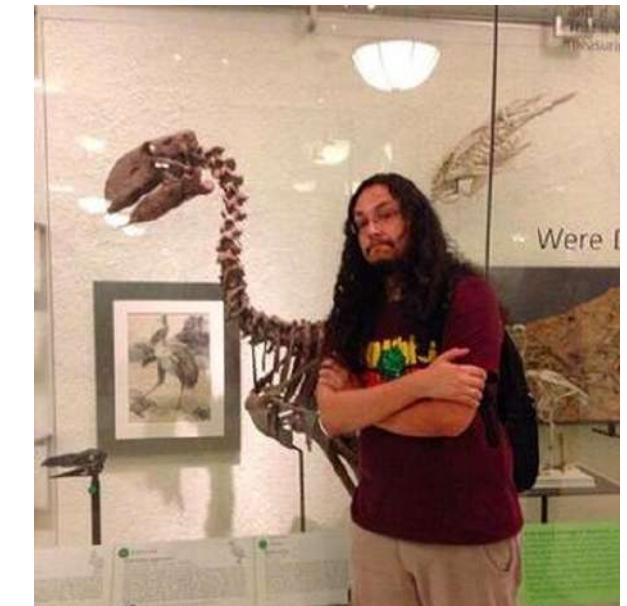
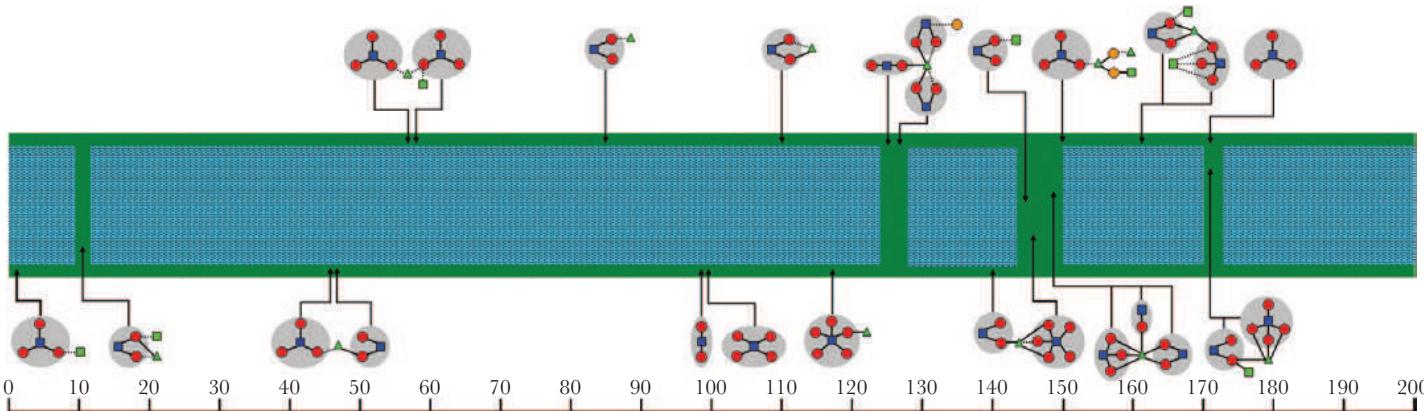
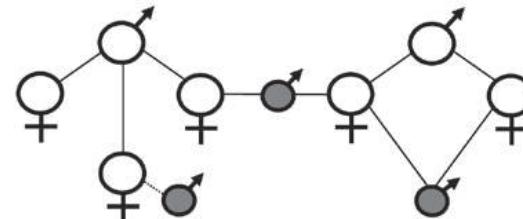


Mauricio Cantor

Cantor et al 2012. Animal Behaviour

Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

III. Interações sexuais entre animais

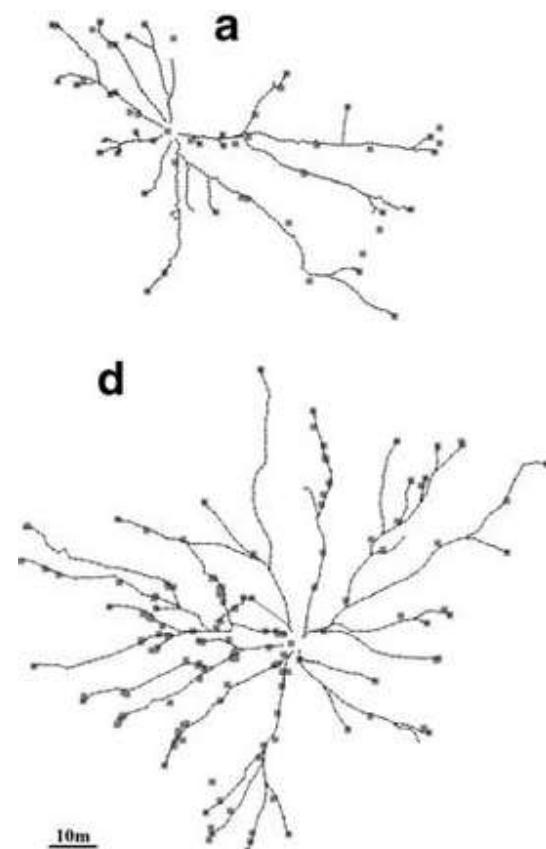


Danilo Muniz

Muniz et al 2015. Behavioral Ecology

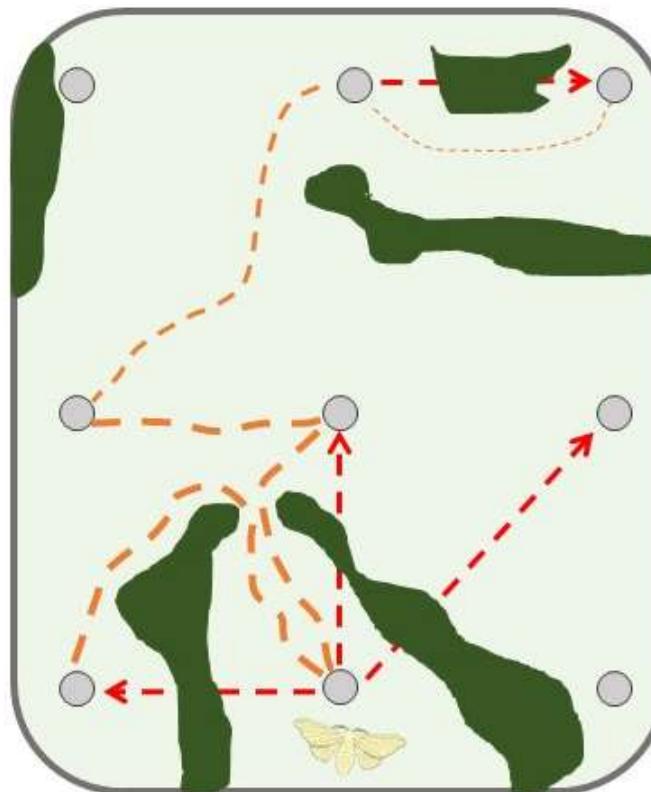
Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

IV. Interações de transporte por formigas



Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

IV. Redes espaciais de ambientes e paisagens



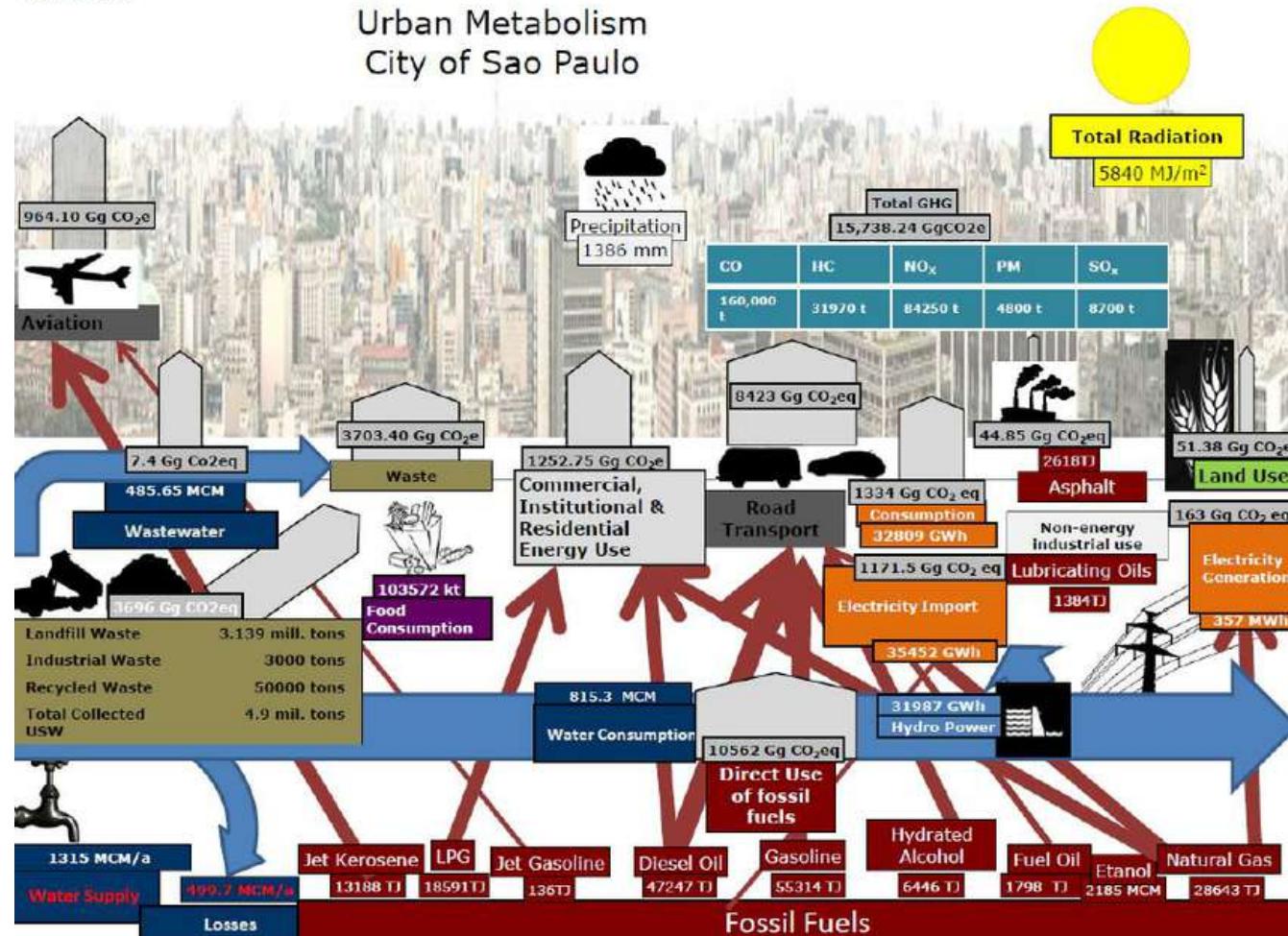
Debora Rother

Rother et al. (submetido)

Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

V. Metabolismo urbano

Gisela Campillo



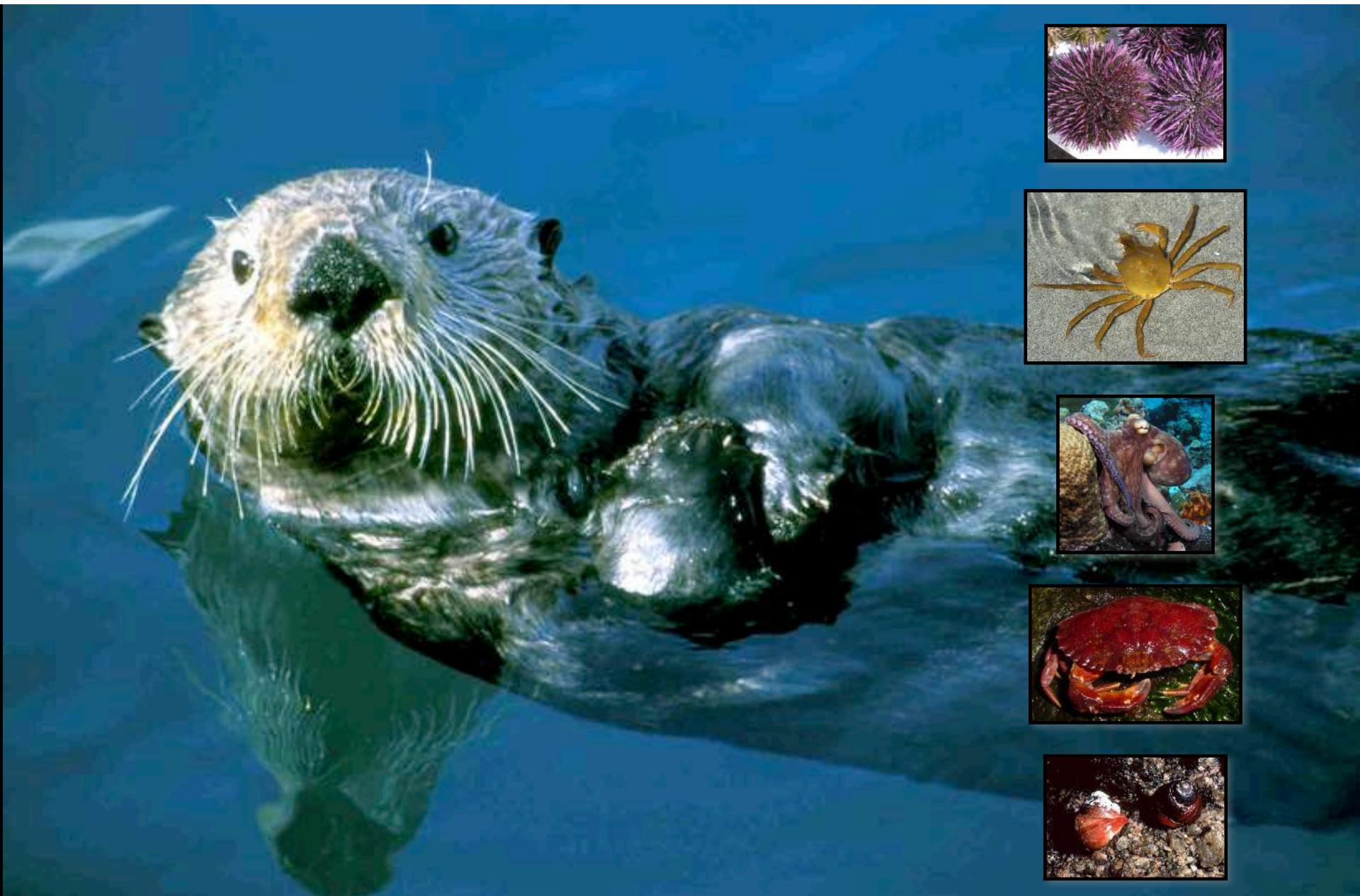
Diferentes sistemas descritos como redes ecológicas

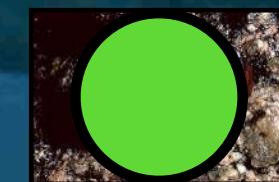
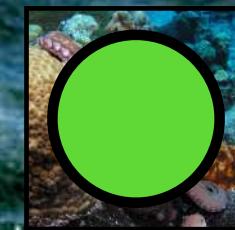
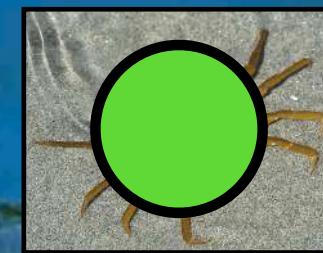
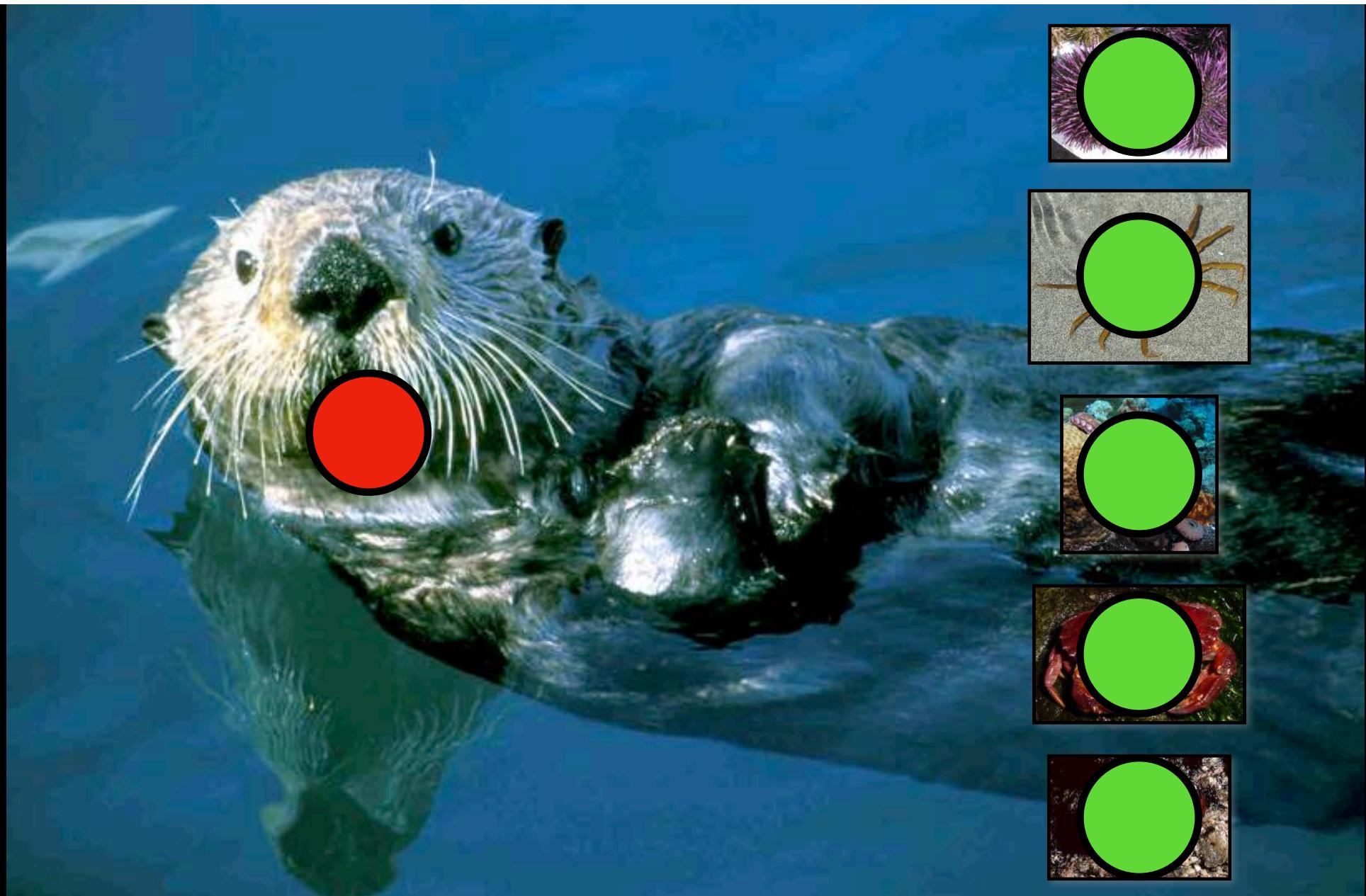
I. Nosso foco: Interações entre indivíduos de diferentes espécies

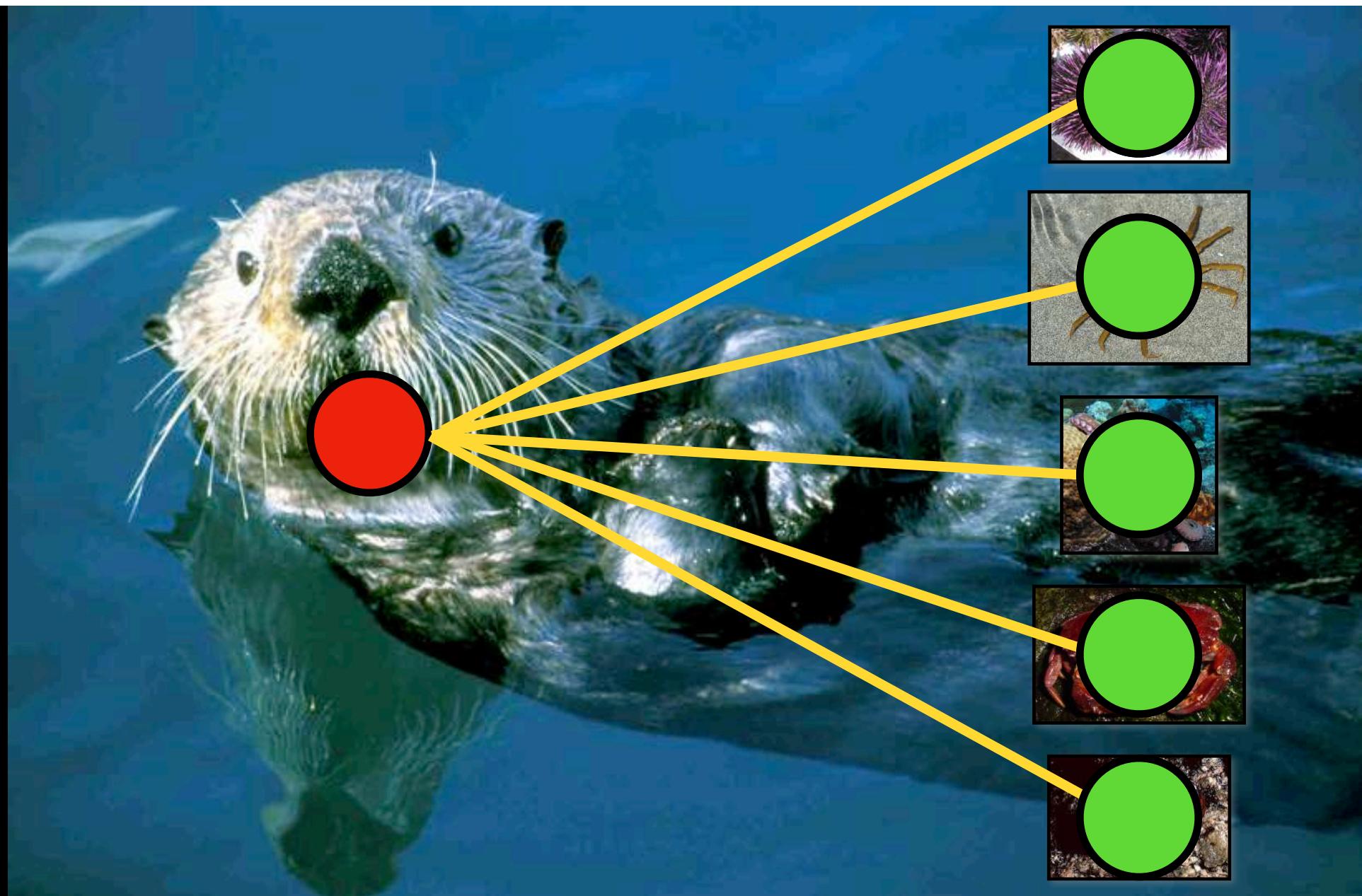
Em diferentes escalas

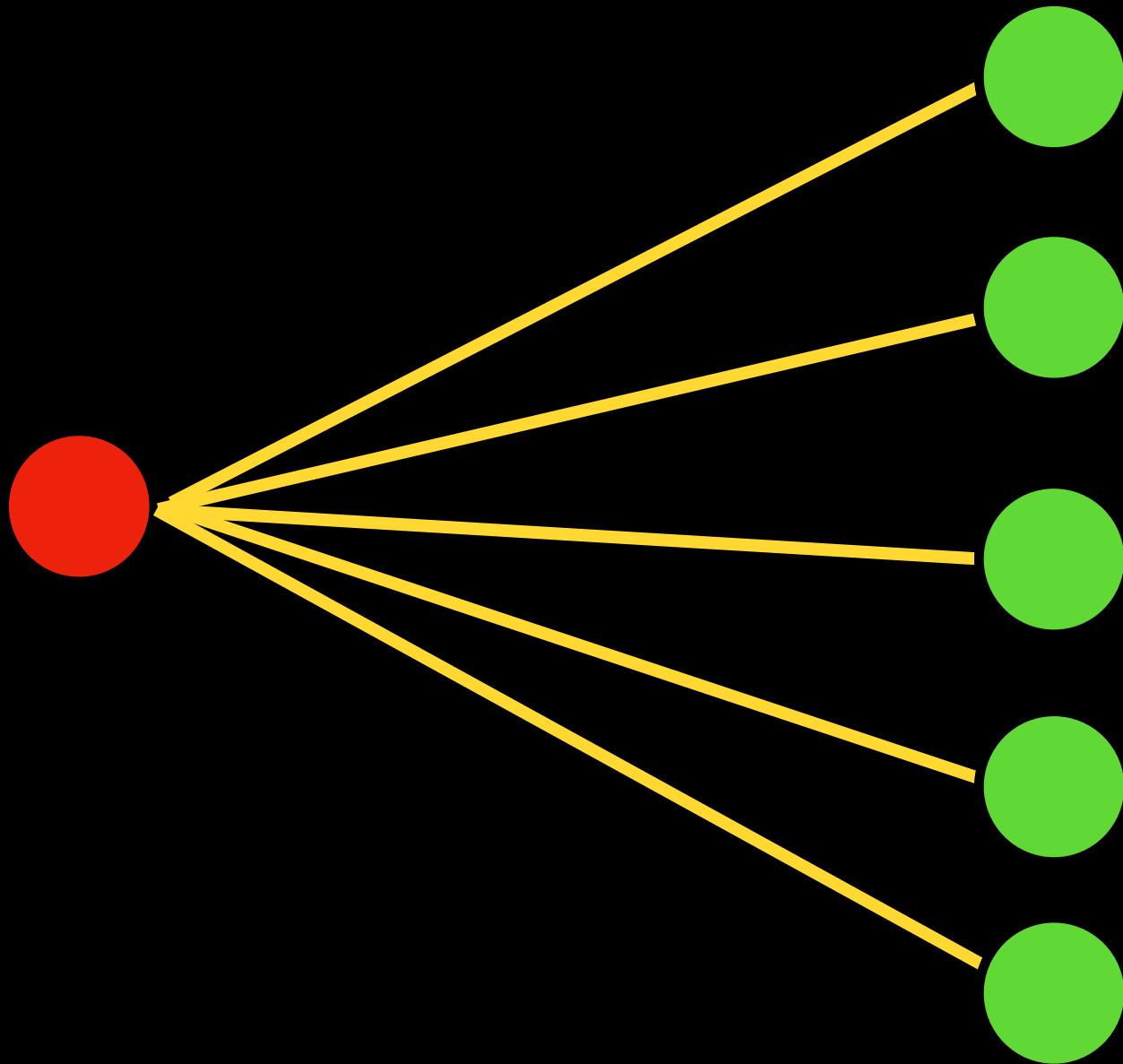












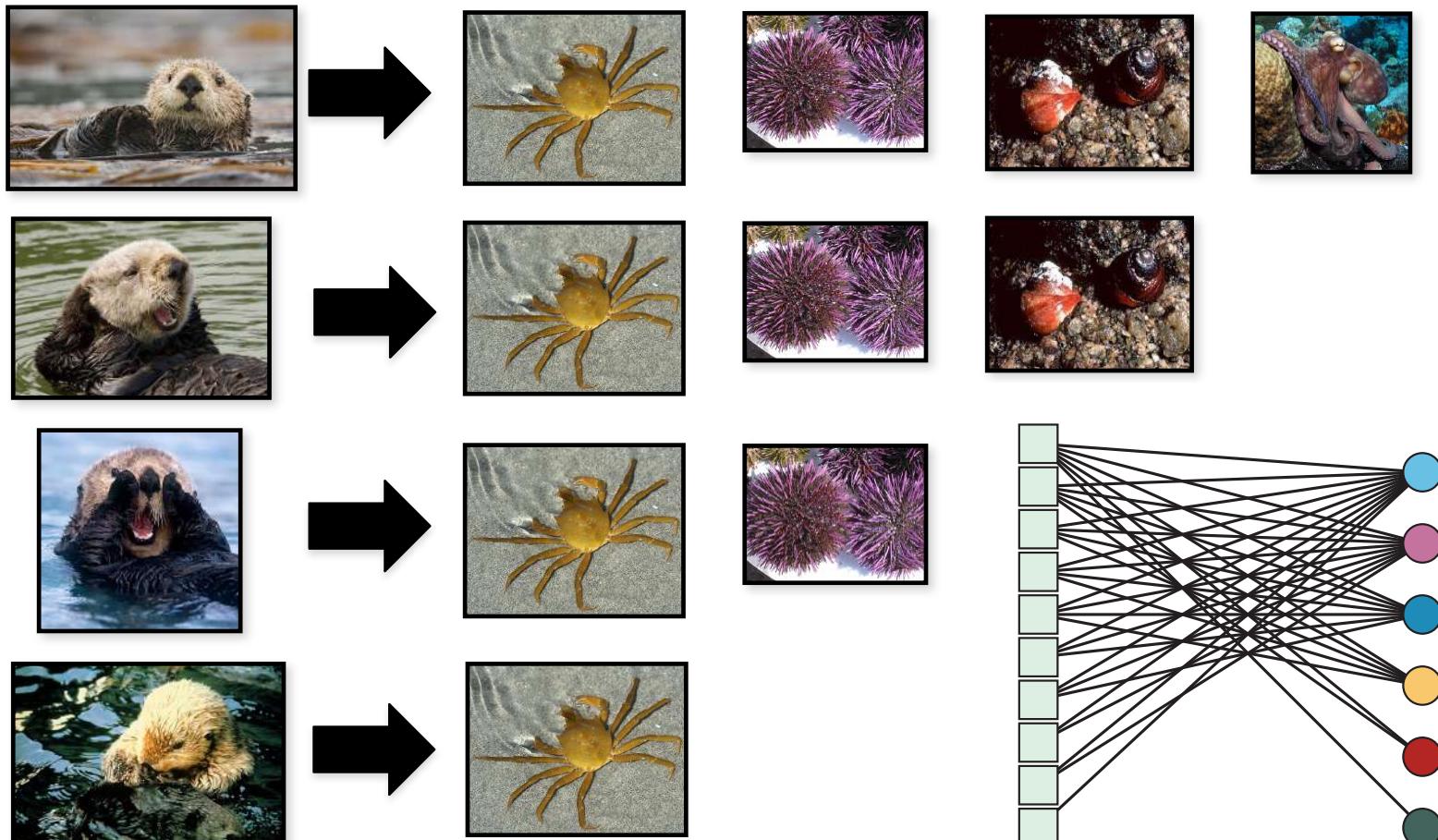
Alguns princípios

I. Simetria

- (Do grego antigo συμμετρία (summetría): concordância nas dimensões, proporção adequada, arranjo)
- Invariância a renomear os elementos do sistema: equivalência
- Todos os elementos são equivalentes
- Simplifica o problema

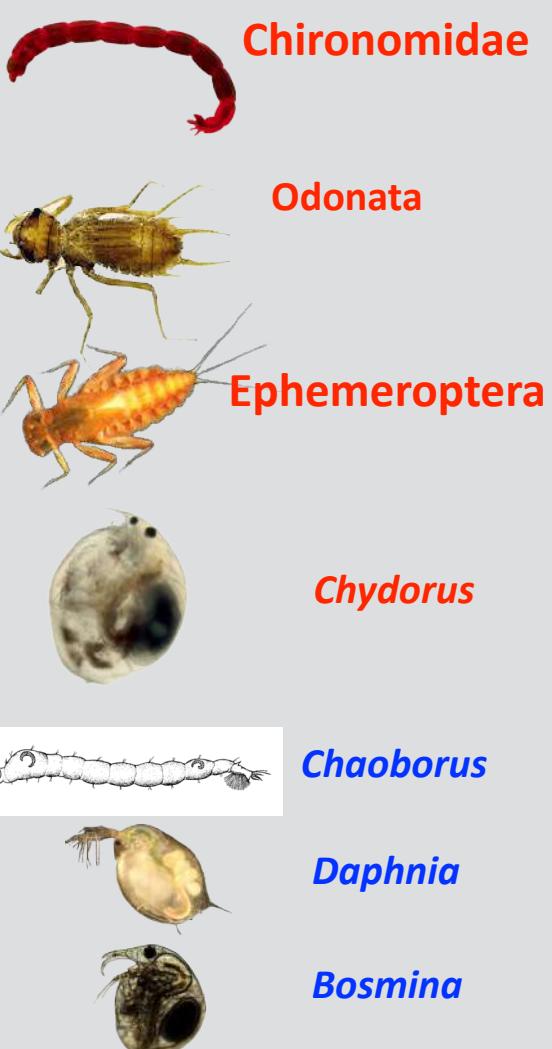


Redes entre indivíduos e recursos



Tinker et al. 2012. Ecology Letters

Redes de sobreposição de nicho



Araújo et al 2008. Ecology

Redes de sobreposição de nicho



Gasterosteus aculeatus



Chironomidae



Odonata



Ephemeroptera



Chydorus



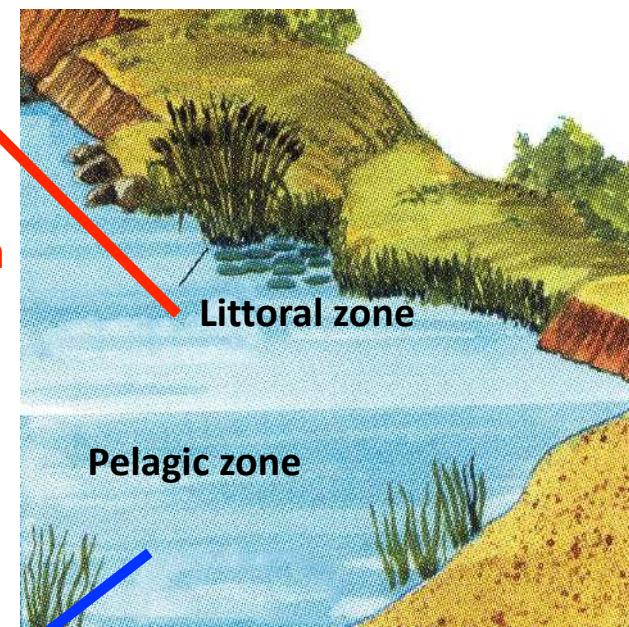
Chaoborus



Daphnia



Bosmina



Araújo et al 2008. Ecology

Redes de sobreposição de nicho

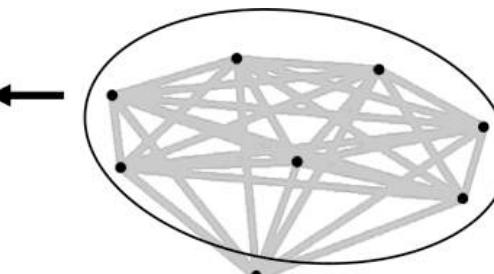


Gasterosteus aculeatus

Pelagic zone



Pelagic
cladocerans

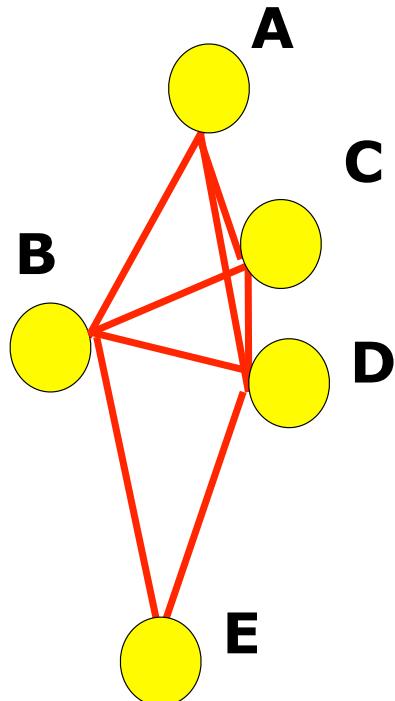


Littoral
macroinvertebrates

Littoral zone

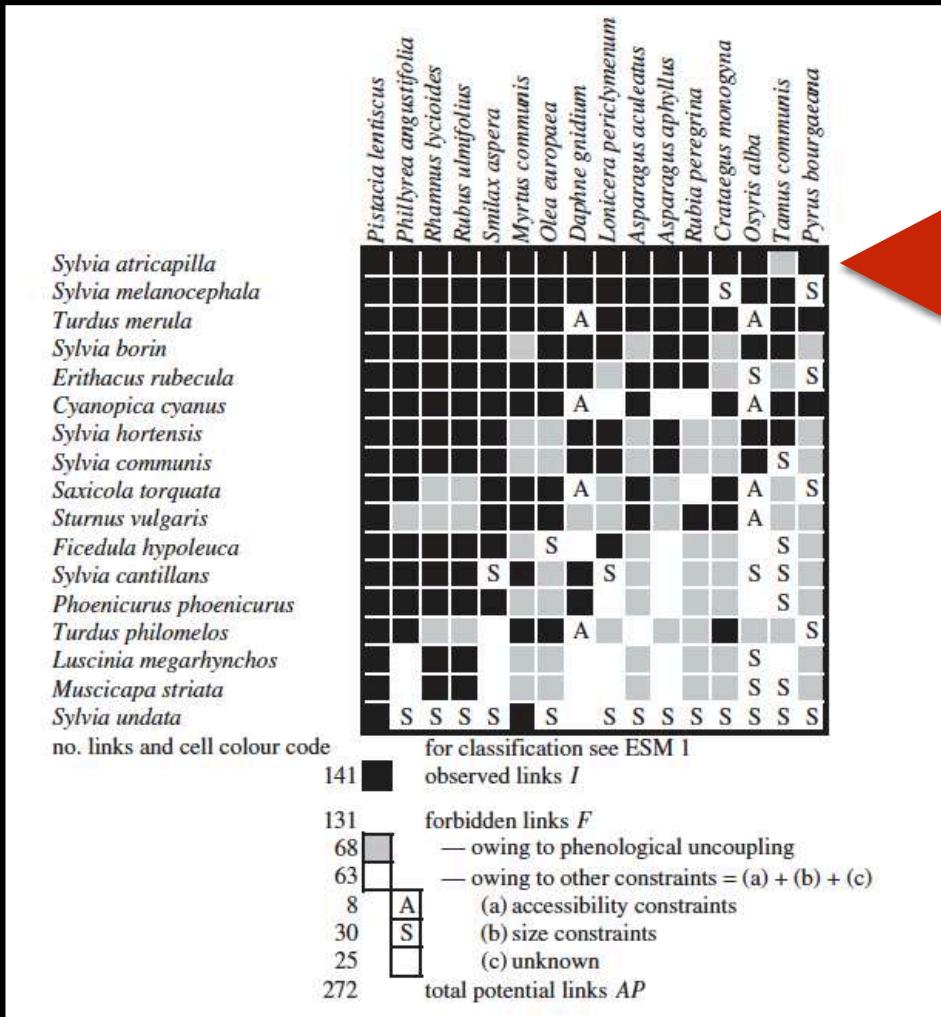
Araújo et al 2008. Ecology

Anotando a rede

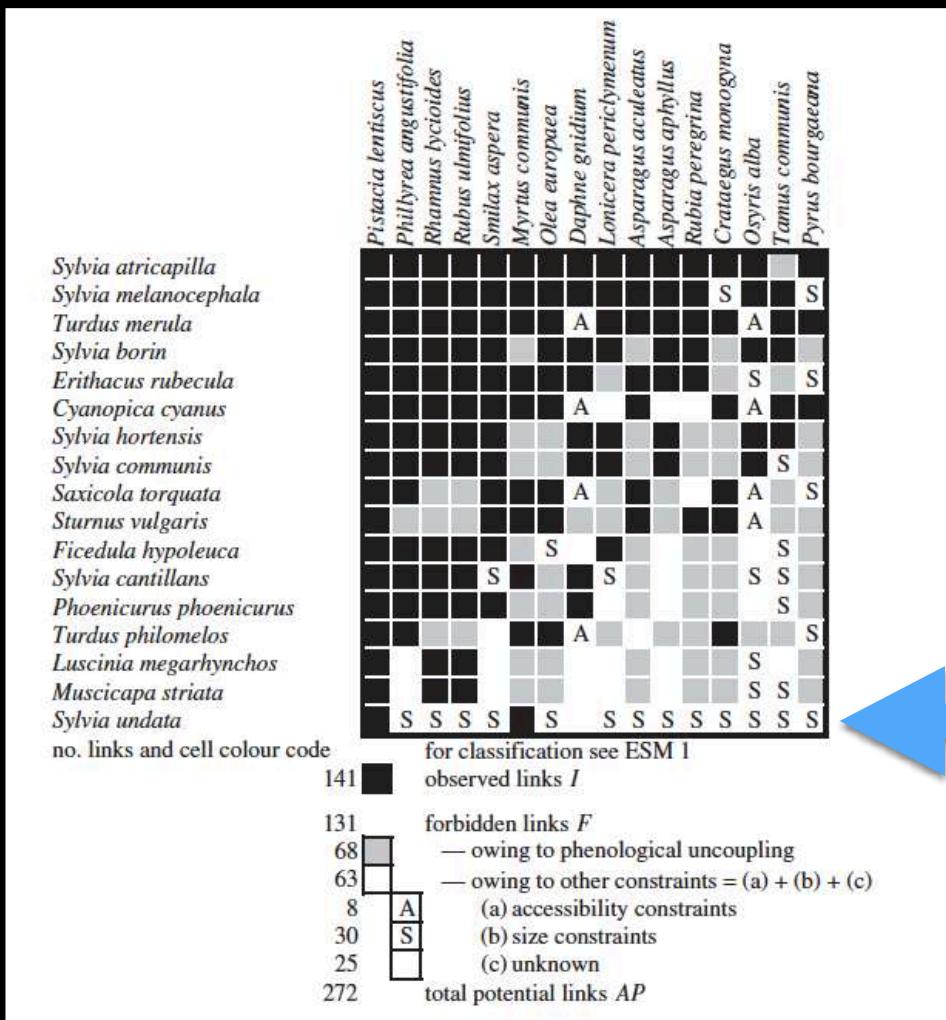


	A	B	C	D	E
A	0	1	1	1	0
B	1	0	1	1	1
C	1	1	0	1	0
D	1	1	1	0	1
E	0	1	0	1	0

**(A,B),(A,C),(A,D),
(B,C),(B,D),(B,E),
(C,D),(D,E)**

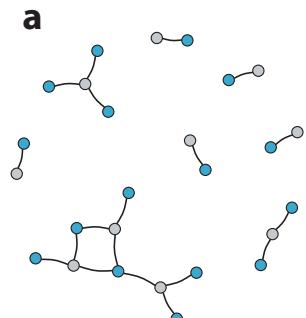


Olesen et al. 2011. PRSB

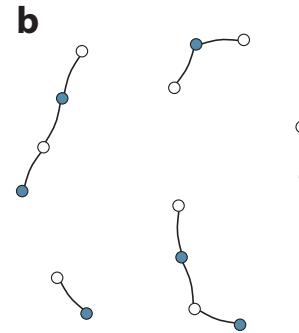


Olesen et al. 2011. PRSB

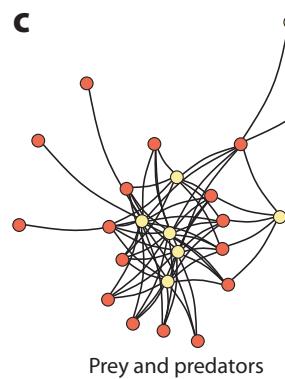
Redes entre espécies



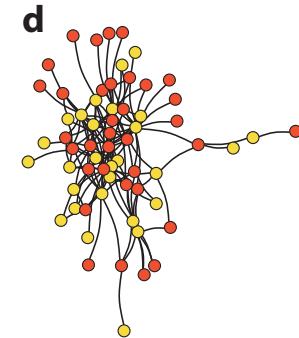
Plants and galling insects



Myrmecophytes and ants



Prey and predators

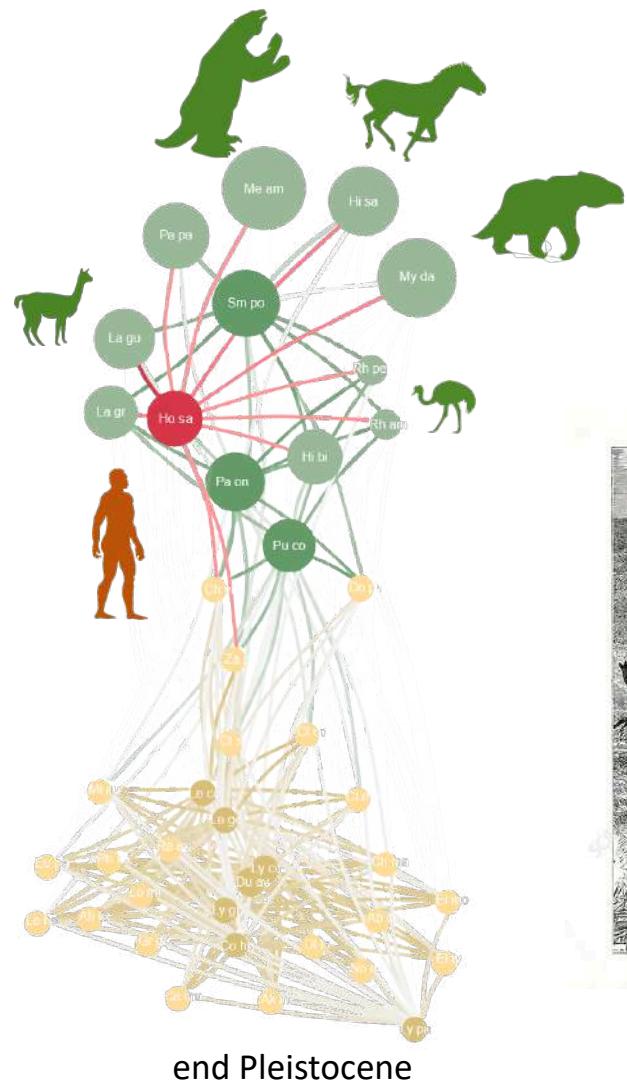


Plants and frugivores



Fontaine et al. 2011. Ecology letters, Pires & Guimarães 2013. Interface

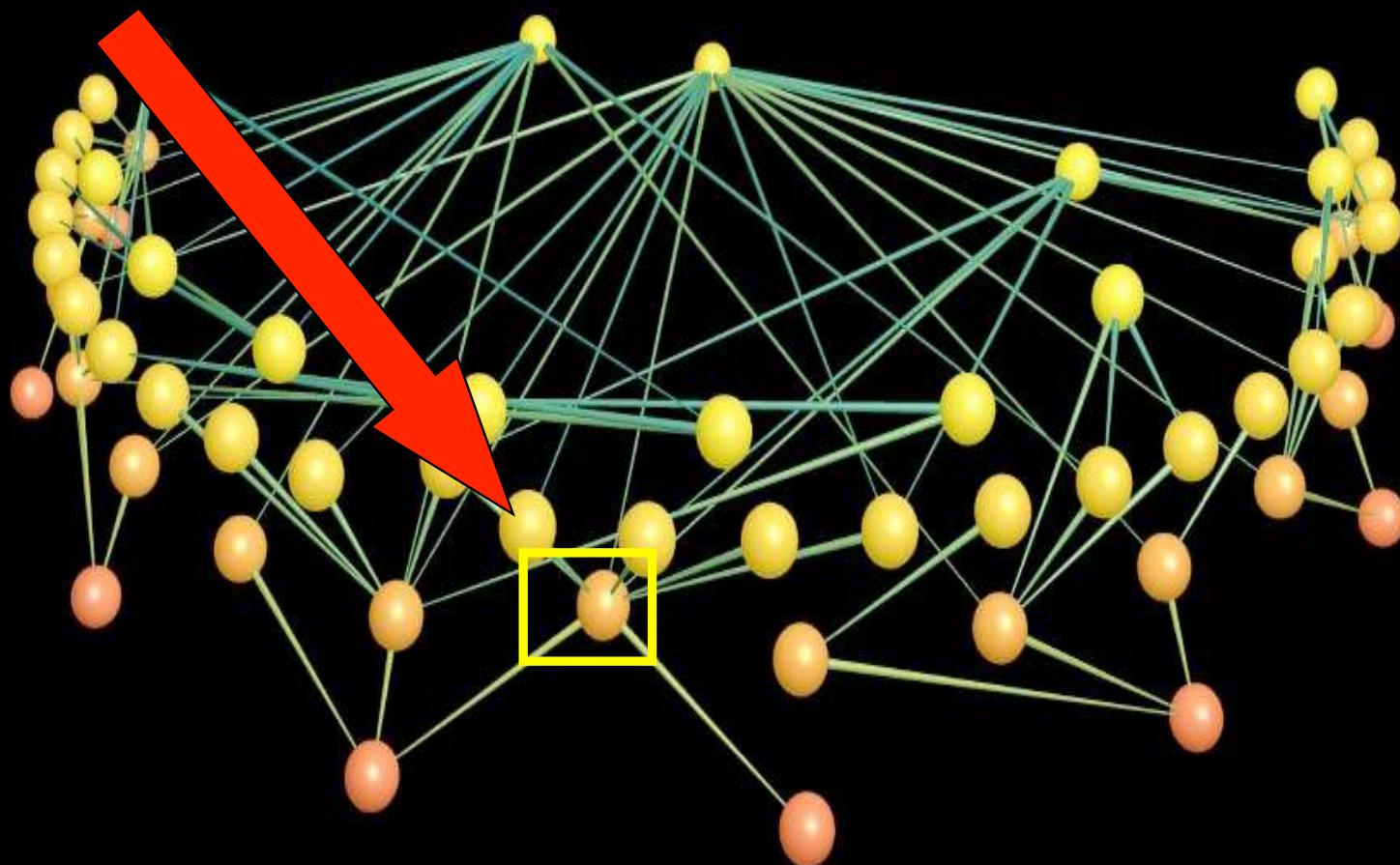
Teias tróficas



HUNTING GUANACOS WITH THE HORSES.

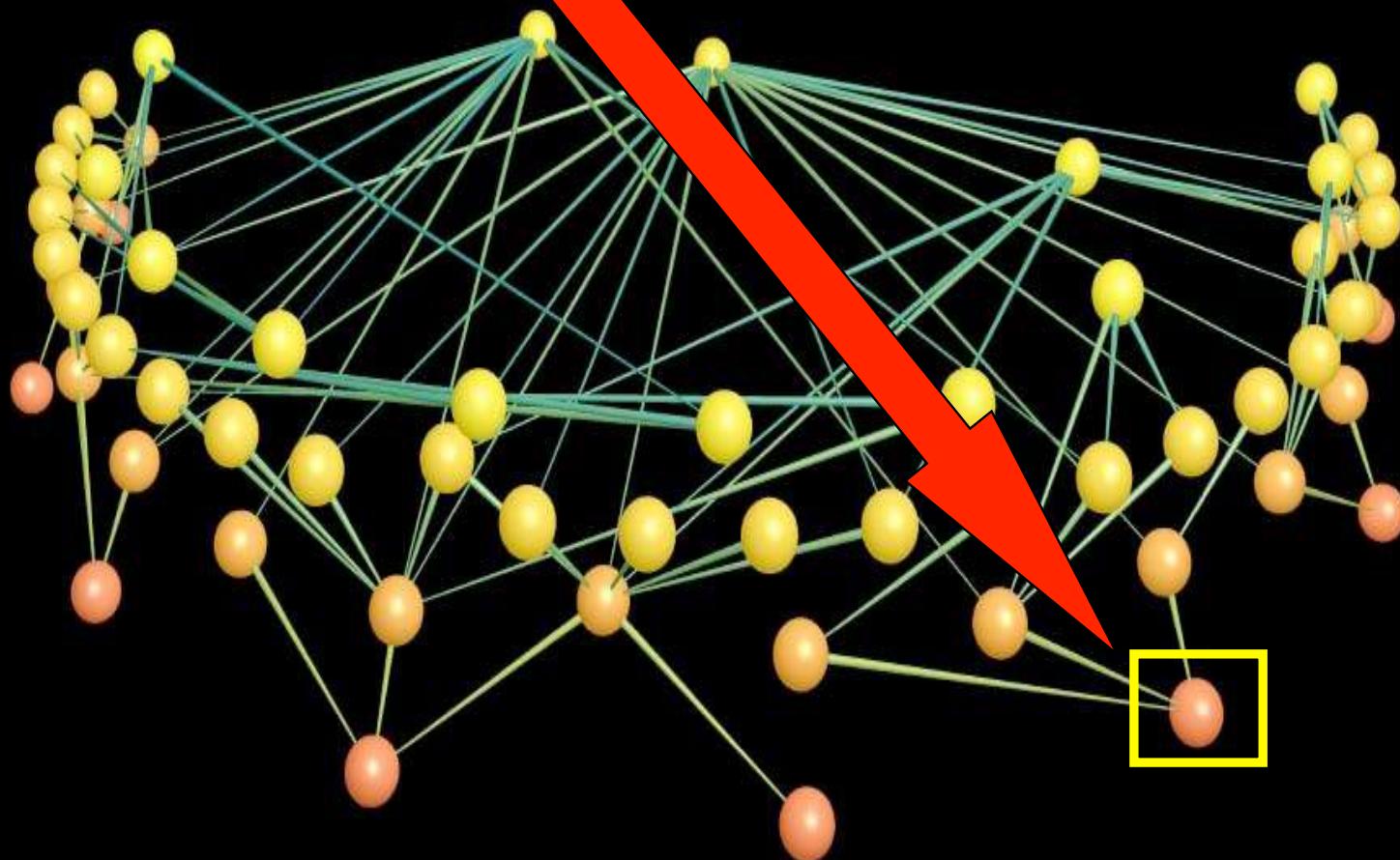


Pontos nem sempre são espécies



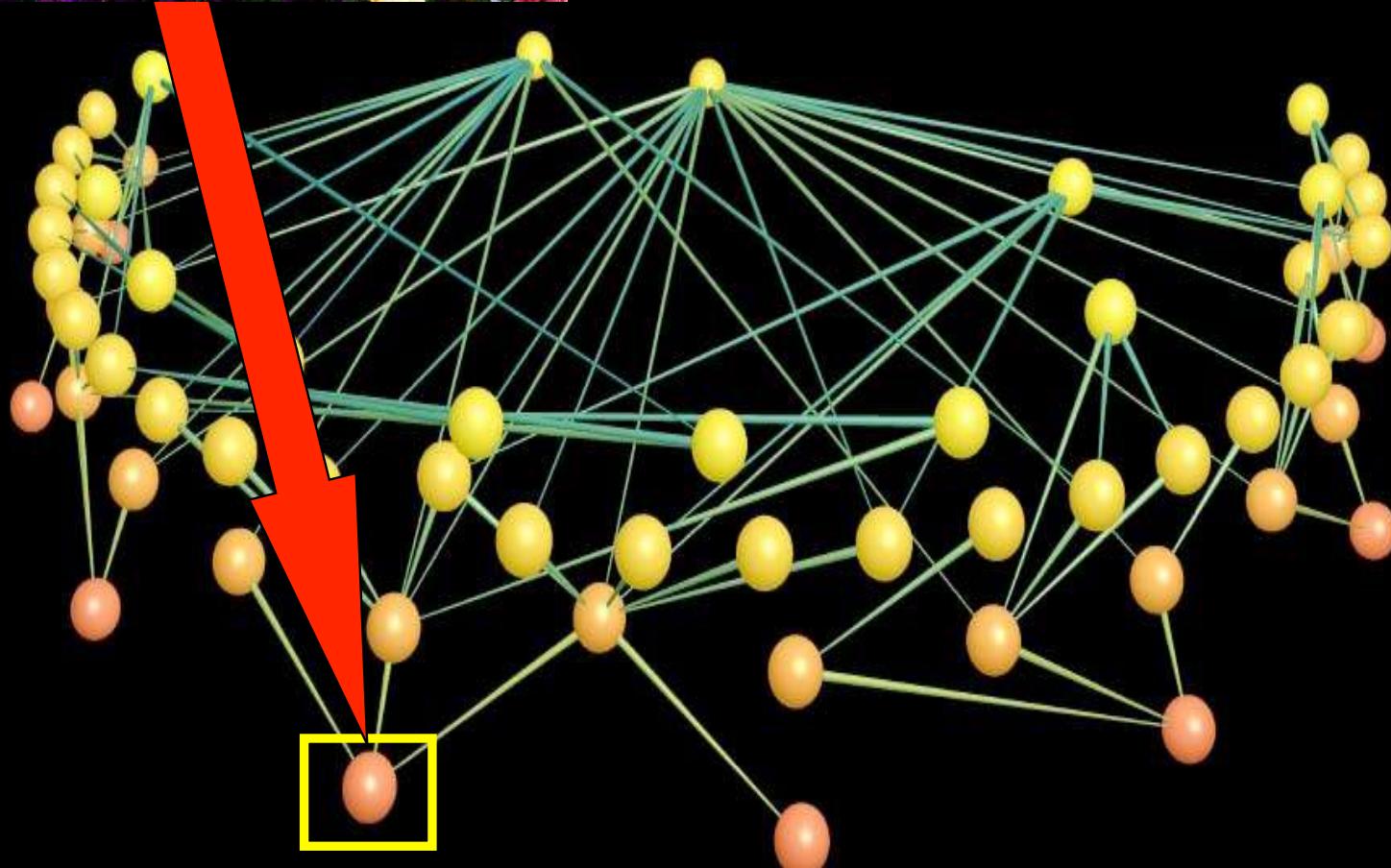


Podem ser recursos (húmus)



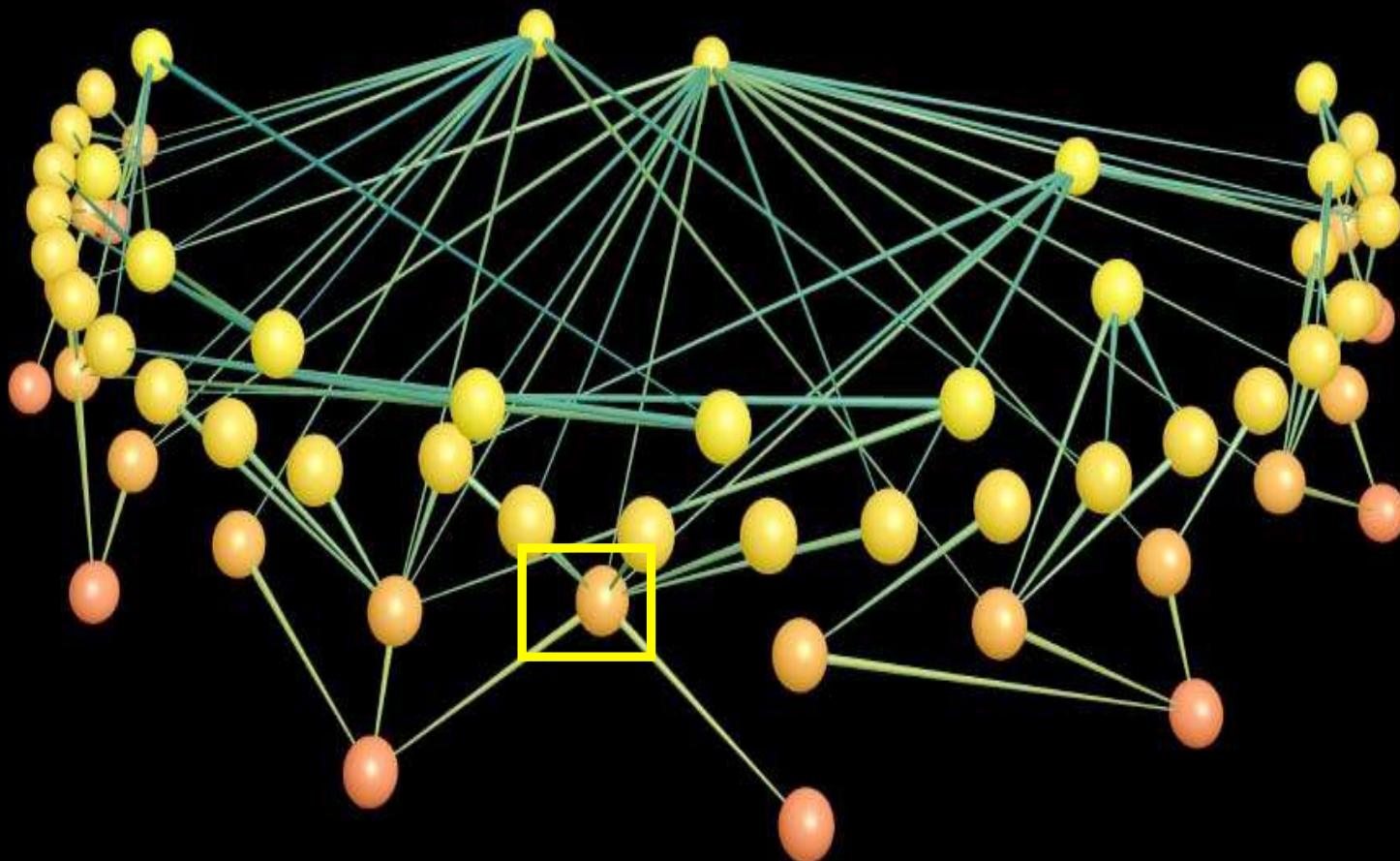


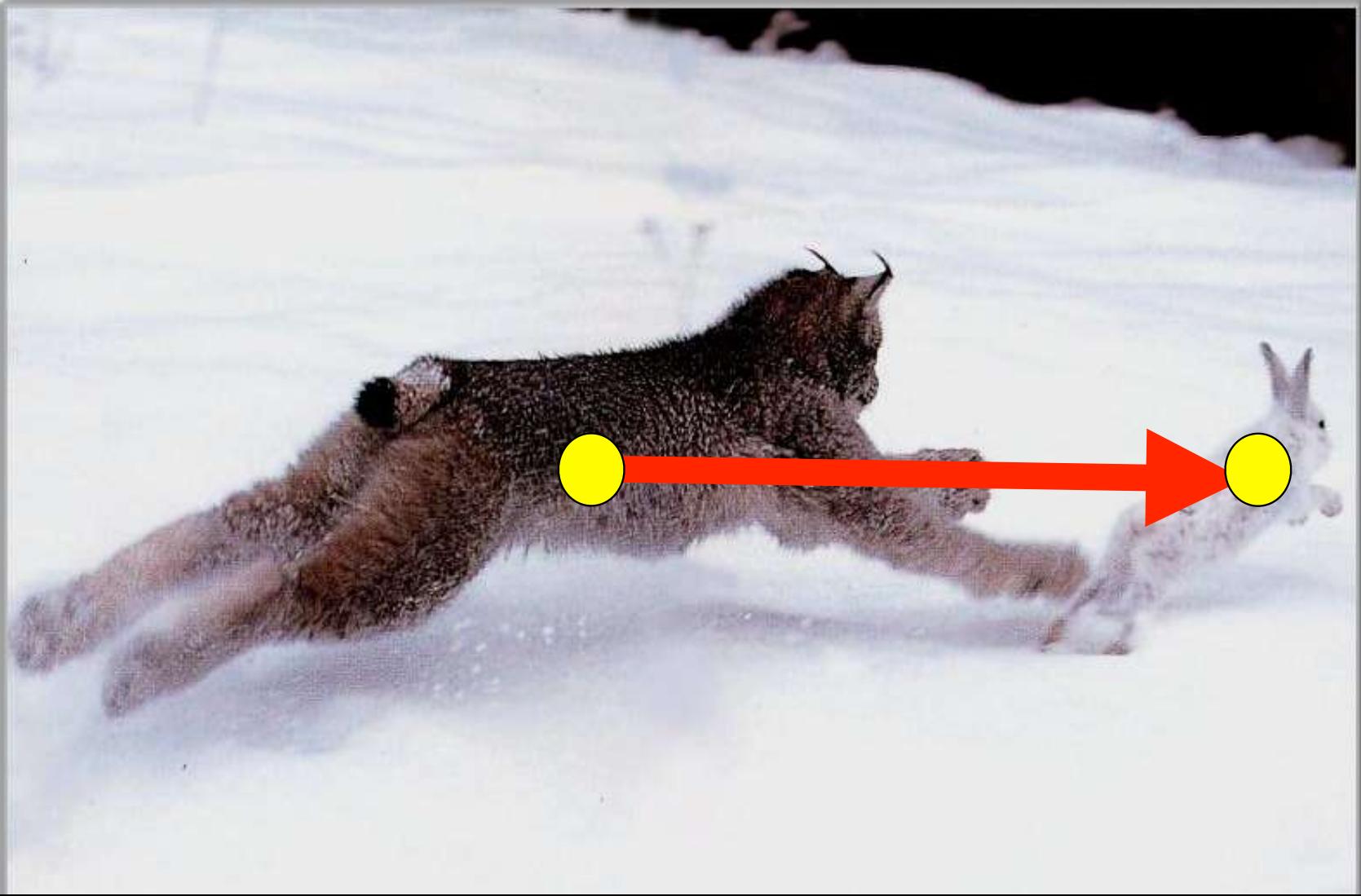
Múltiplas espécies



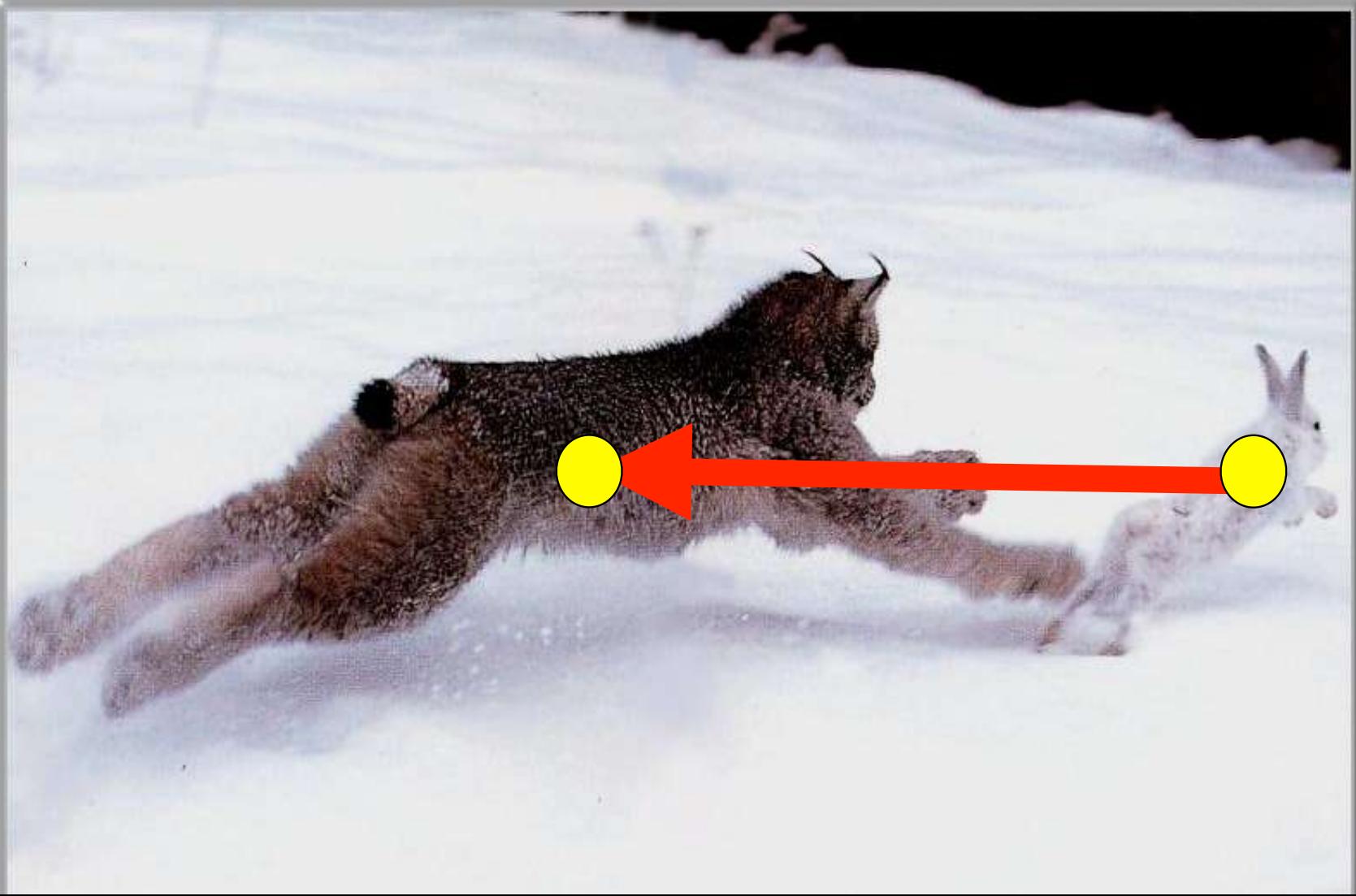
Grafo:

um conjunto de pontos e linhas no qual pares de pontos podem ou não ser conectados por uma linha

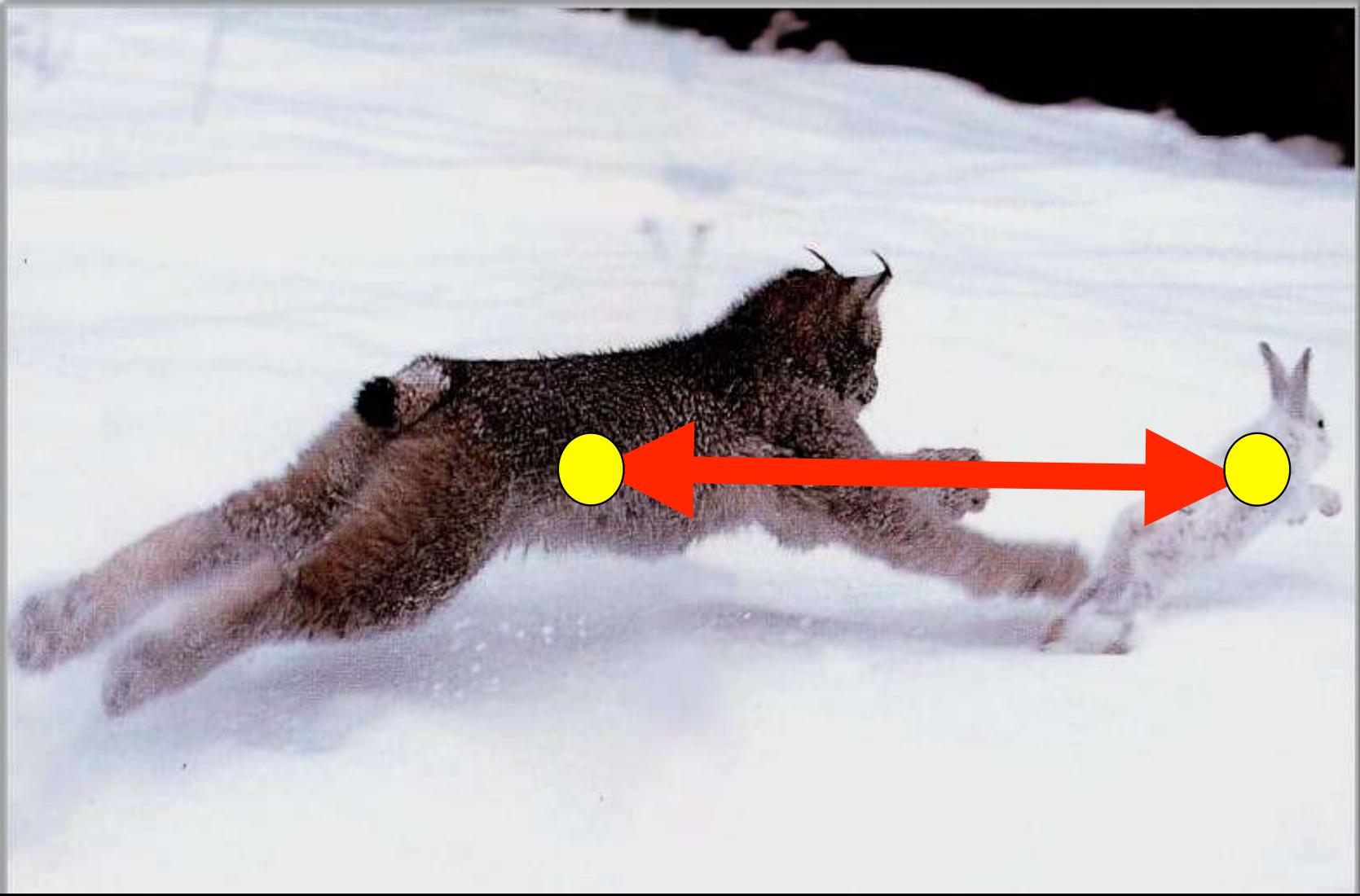




impacto do consumidor sobre a presa

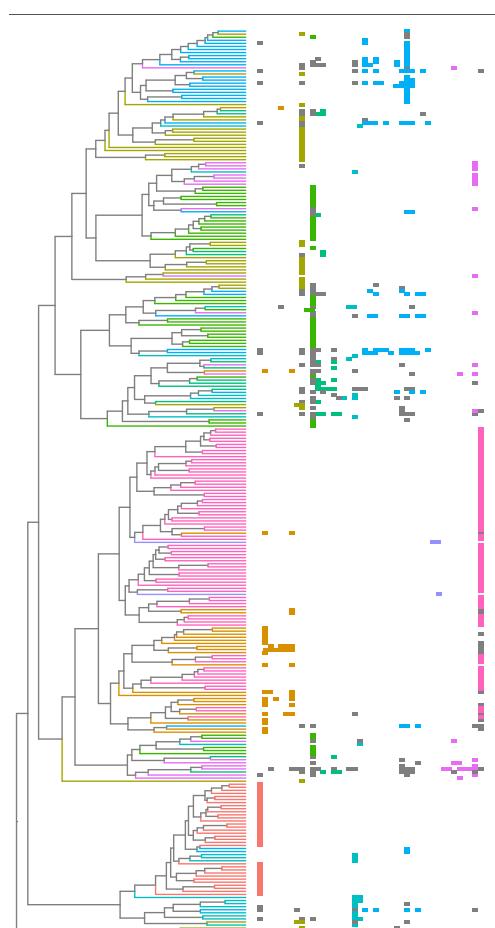


fluxo de energia e matéria da presa para o predador

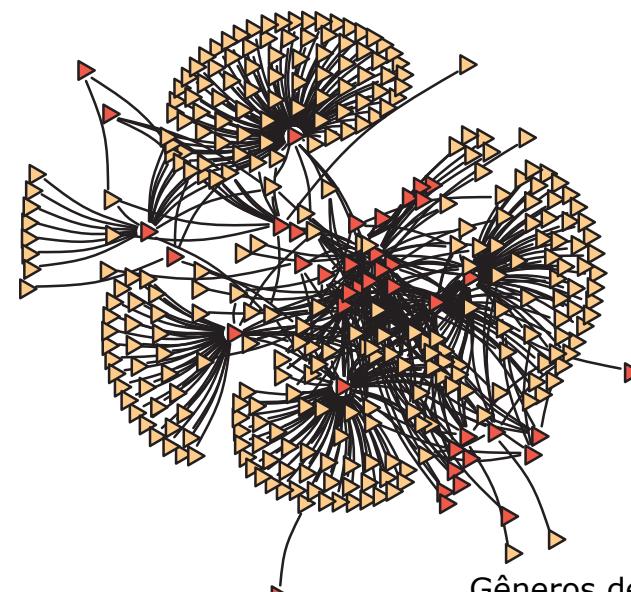


efeitos demográficos ou evolutivos da interação

Braga et al. 2018



Redes entre clados

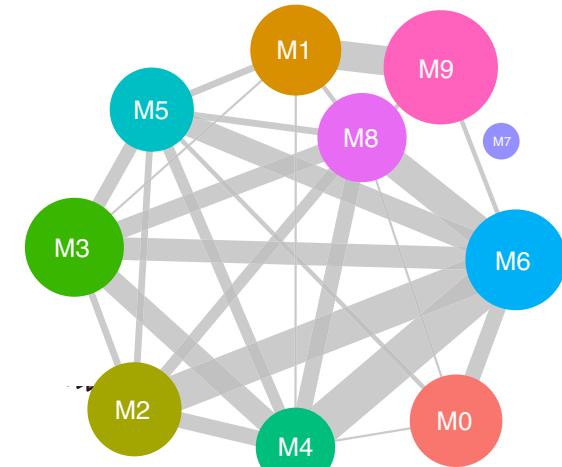


Gêneros de borboletas e ordens de plantas

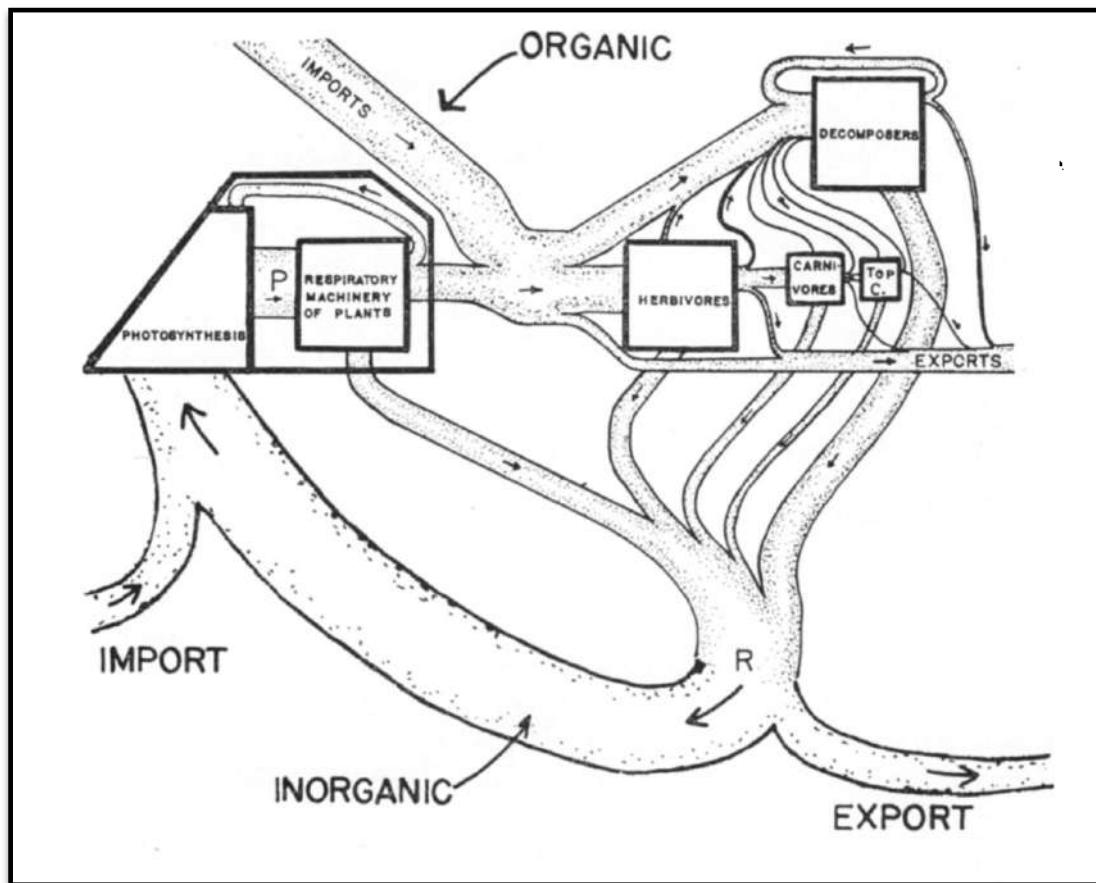
► Nymphalid butterfly

► Host plant

Braga et al. 2018



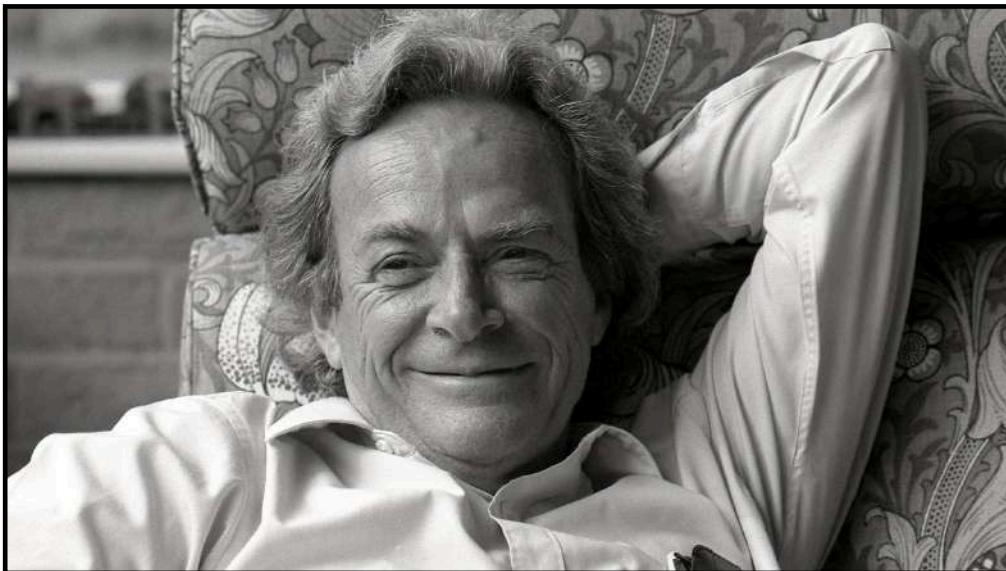
Qual o nível de detalhe?



Odum 1960

Quanto deta~~l~~he importa?

*First, **we guess it**. Then, **we compute** the consequences of the guess and then **we compare** the computation results to Nature. If it disagrees, it's wrong.*



Richard Feynman

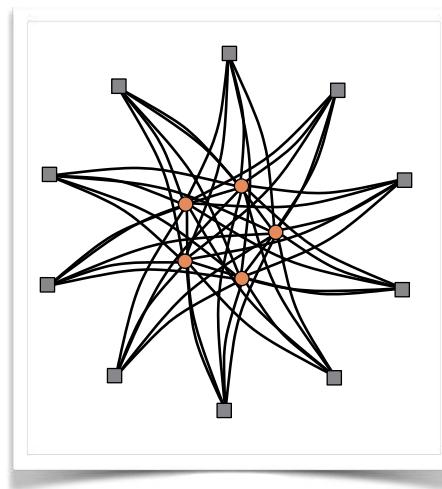
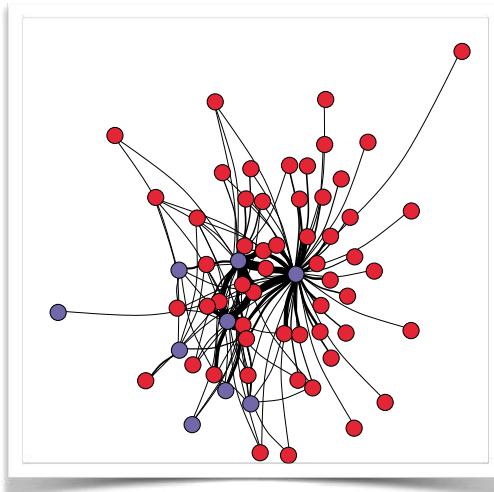
Aula 1: Introdução

- O que é uma rede?
- **As duas perguntas do estudo de redes**
- A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas
- Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias
- Resumo



R. Albert

“... complex systems must display some organizing principles, which should be at some level encoded in their topology”



A. L. Barabási

Albert & Barabási 2002. Rev. Mod. Phys.

Três princípios do estudo de redes (I)

Três aspectos fundamentais do estudo de redes ecológicas

1. Estrutura está sempre associada à inferências sobre dinâmica

As duas perguntas fundamentais

- Como processos moldam a estrutura observada?
- Como a estrutura observada molda processos?

As duas perguntas fundamentais

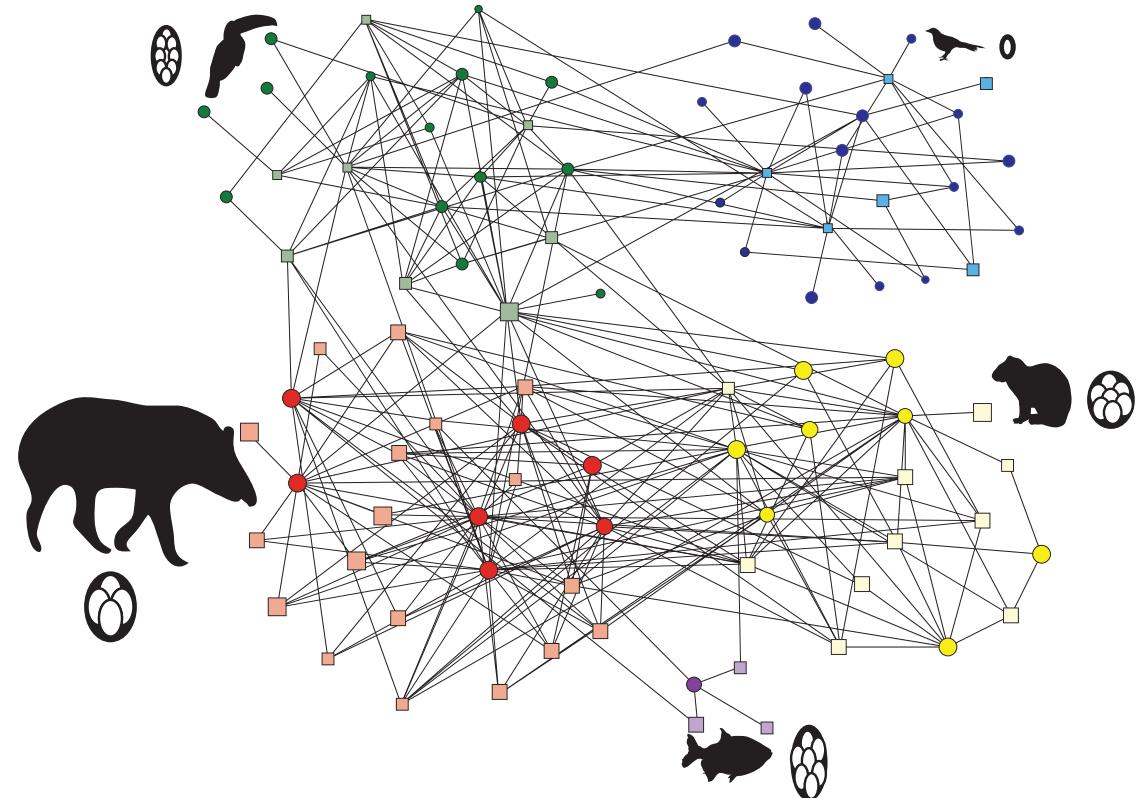
- **Como processos moldam a estrutura observada?**
- Como a estrutura observada molda processos?

A dinâmica da rede

A rede é uma pista sobre os processos que organizam o sistema



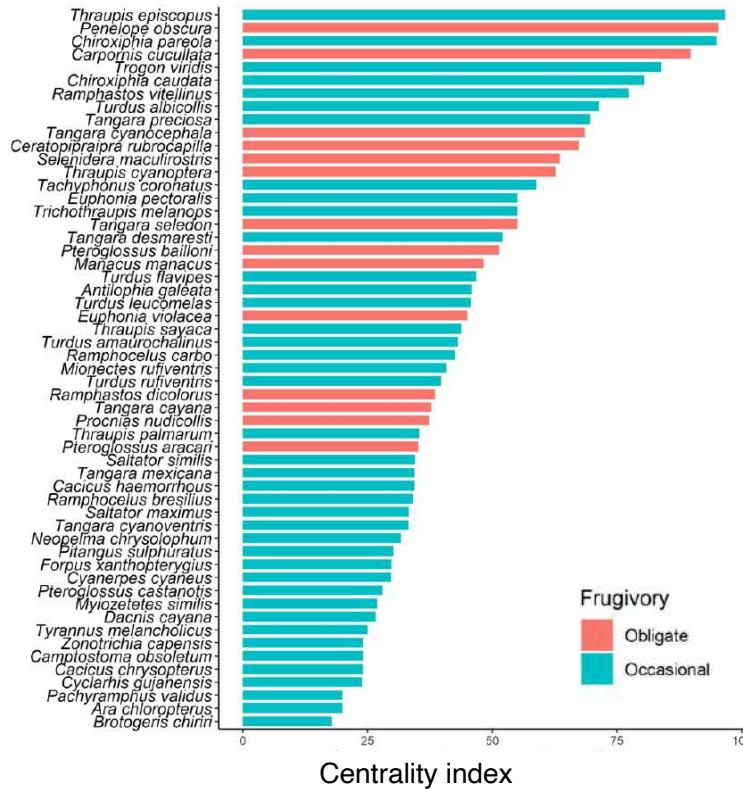
Camila Donatti



Donatti et al. 2011. Ecology Letters



Quais são as espécies super-conectadas?



Frugivory
Obligate
Occasional

Centrality index



Fernando Bonfim



Eliana Cazetta

Bonfim et al. 2023. Oikos

As duas perguntas fundamentais

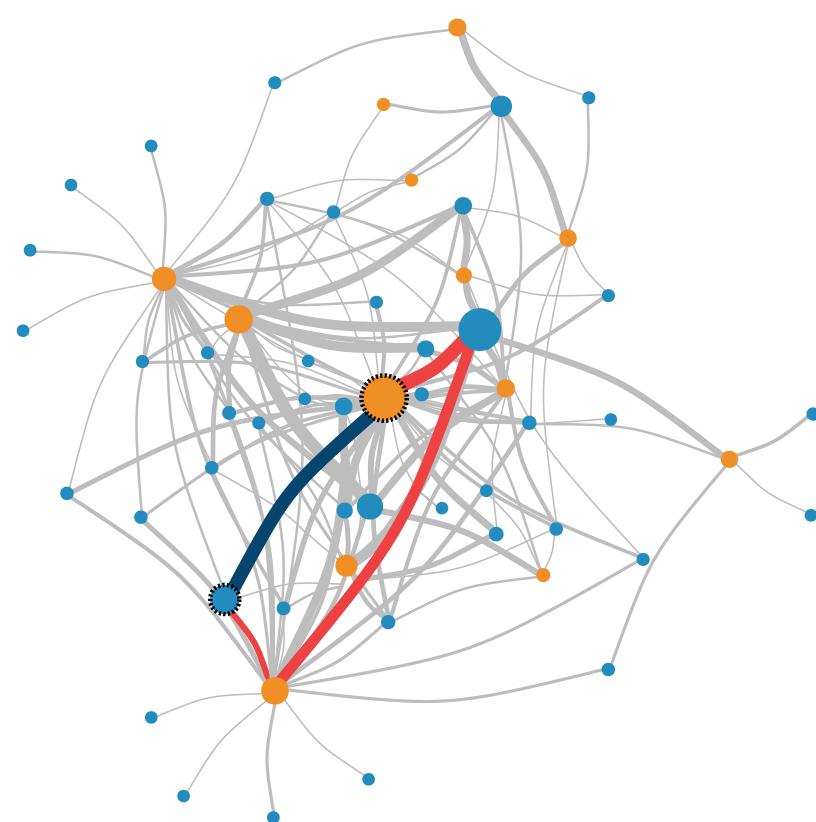
- Como processos moldam a estrutura observada?
- **Como a estrutura observada molda processos?**

A dinâmica na rede

A rede são os caminhos por onde o processo de interesse flui



Mathias Pires



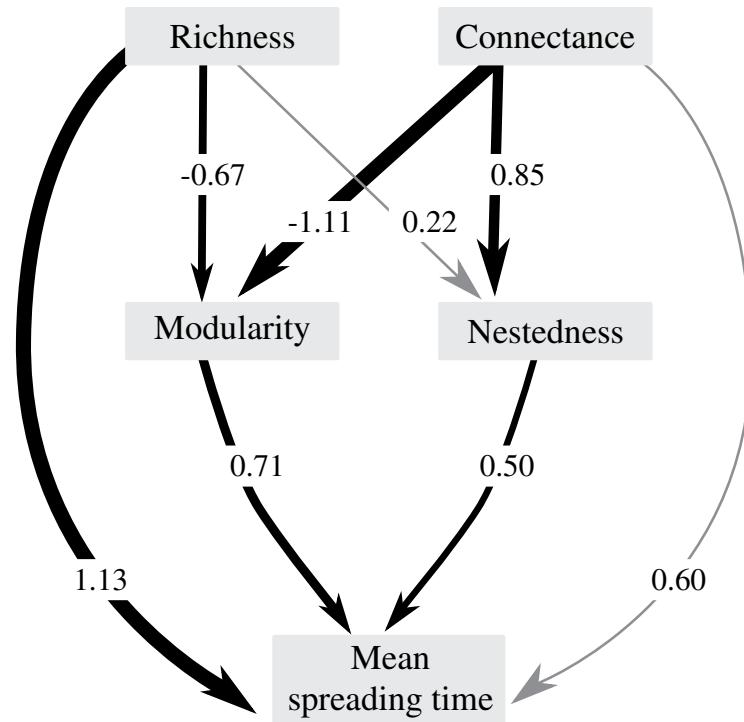
Pires et al. 2020. Ecology

A dinâmica na rede

A rede são os caminhos por onde o processo de interesse flui



Marília Gaiarsa



Gaiarsa & Guimarães. 2019. Scientific Reports

Aula 1: Introdução

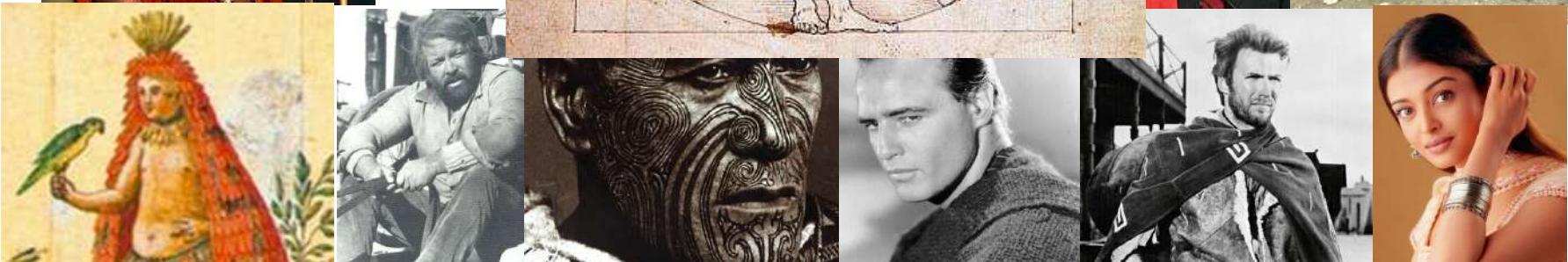
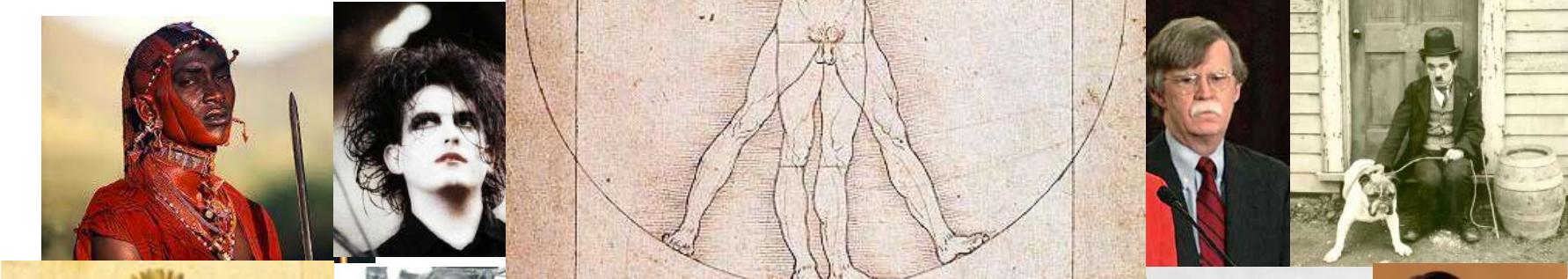
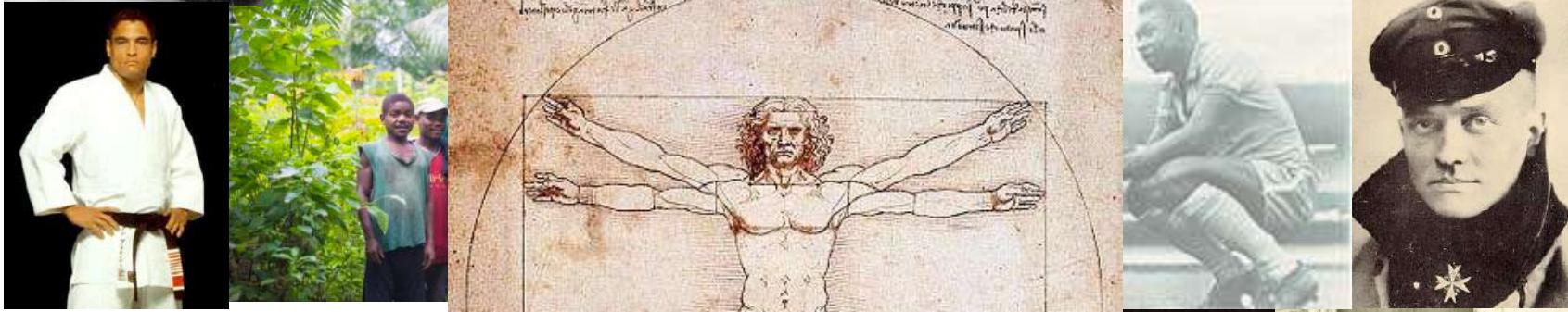
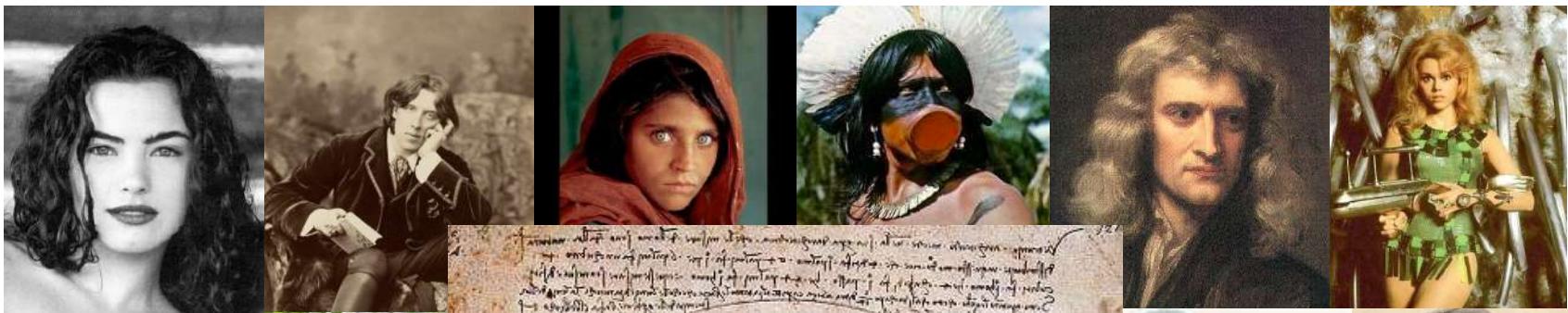
- O que é uma rede?
- As duas perguntas do estudo de redes
- **A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas**
- Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias
- Resumo

Alguns princípios

II. Campo médio

- Mecânica Estatística
- Ao invés de descrever o padrão de interações de cada elemento...
- ... descrevemos a **média**
- Simetria
- Múltiplos corpos —> um corpo





Alguns princípios

III. Lei da ação de massas

- Supondo campo médio
- O efeito é proporcional ao produto das concentrações
- Equações da Físico-Química
- A base das equações de Lotka-Volterra



Redes aleatórias

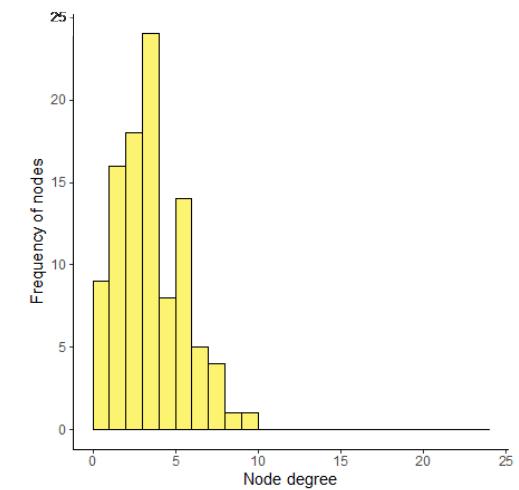
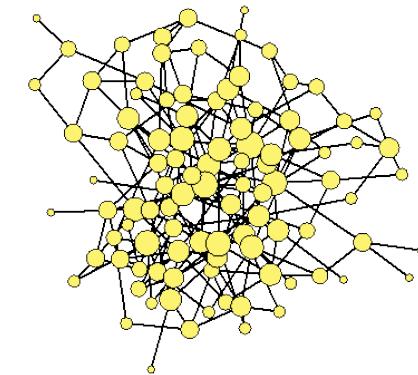
Grafos de Erdös-Rényi

- Probabilidade de conexão
- Dois parâmetros: **Número de pontos** e a **probabilidade de conexão** fixa e idêntica para os pares
- Redes homogêneas

Redes aleatórias

Grafos de Erdös-Rényi

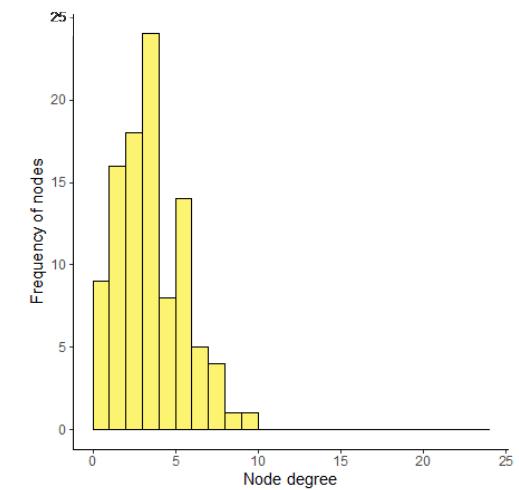
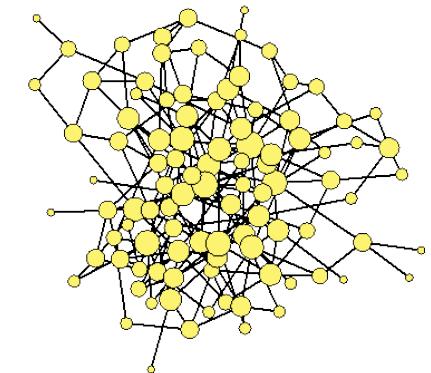
- Probabilidade de conexão
- Dois parâmetros: **Número de pontos** e a **probabilidade de conexão** fixa e idêntica para os pares
- Redes homogêneas
- Redes com uma **escala definida**



Redes aleatórias

Grafos de Erdös-Rényi

- Probabilidade de conexão
- Dois parâmetros: **Número de pontos** e a **probabilidade de conexão** fixa e idêntica para os pares
- Redes homogêneas
- Redes com uma escala definida
- **Muito mais simples de caracterizar**



Aula 1: Introdução

- O que é uma rede?
- As duas perguntas do estudo de redes
- A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas
- **Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias**
- Resumo

Duas implicações inesperadas

Redes aleatórias geram padrões relevantes

- O efeito mundo-pequeno
- A emergência da componente gigante

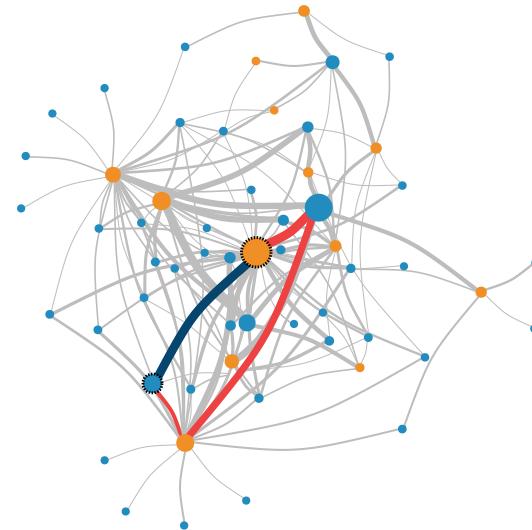
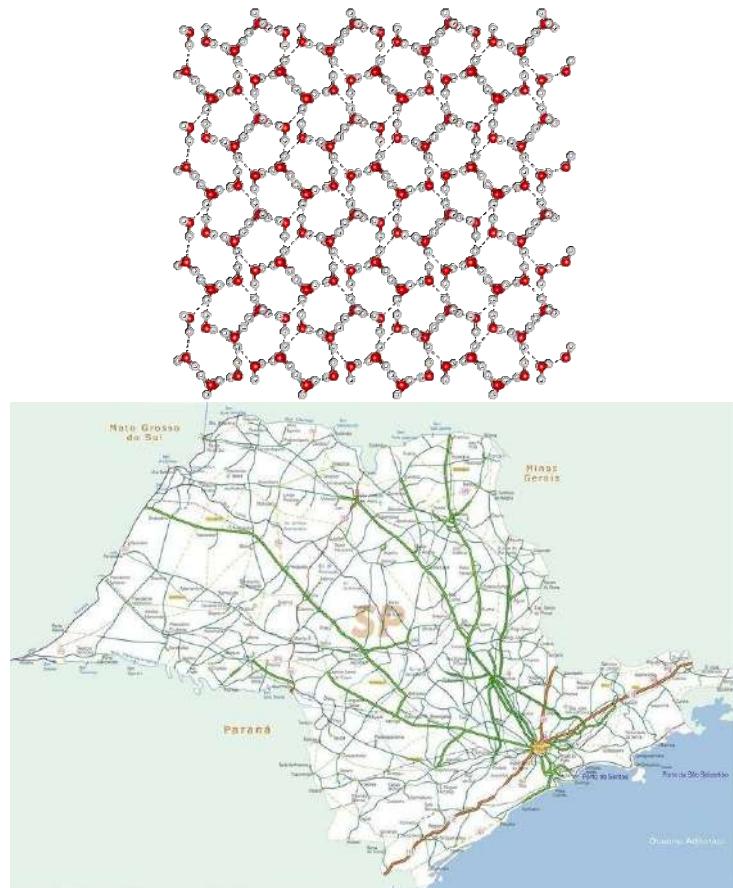
Duas implicações inesperadas

Redes aleatórias geram padrões relevantes

- O efeito mundo-pequeno
- A emergência da componente gigante

O efeito mundo pequeno

Caminhos curtos ligam pontos em redes ecológicas

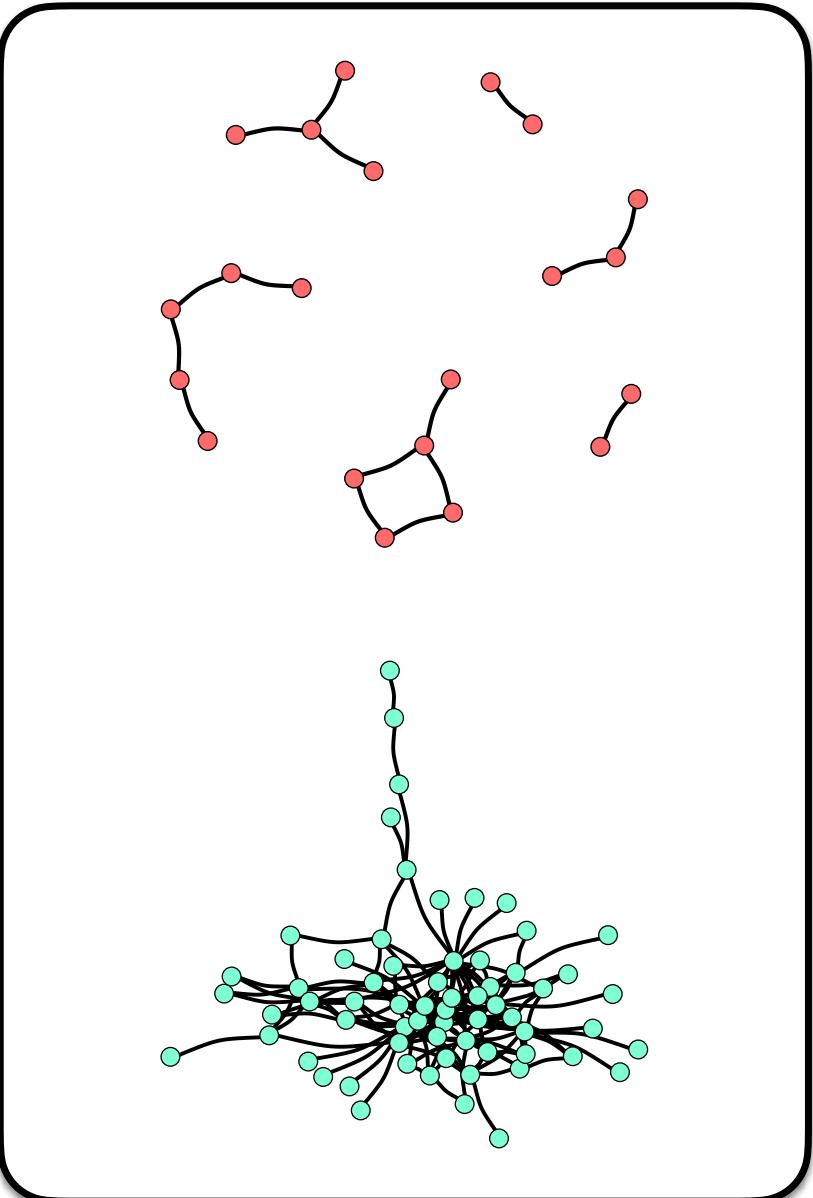


Netlogo - SmallWorlds

Duas implicações inesperadas

Redes aleatórias geram padrões relevantes

- O efeito mundo-pequeno
- A emergência da componente gigante

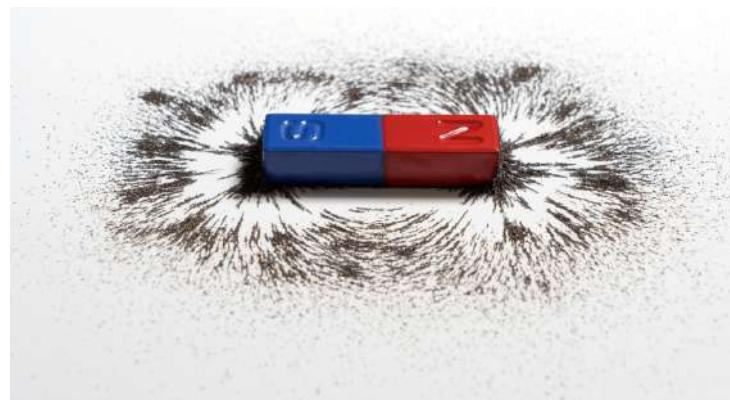


**Redes desconectadas
(componentes múltiplos)**

**Redes conectadas
(a componente gigante)**

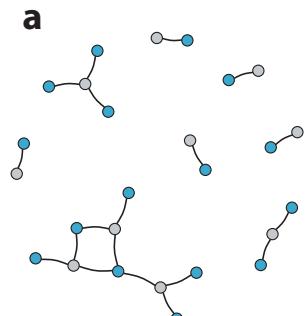
A emergência da componente gigante

Uma transição de fase em redes (aleatórias)

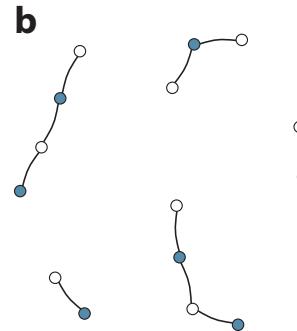


Giant Component

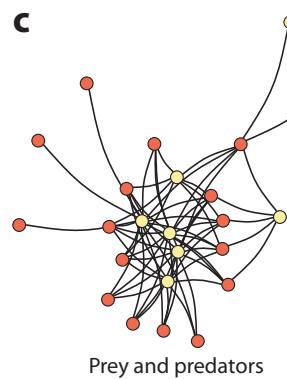
Redes conectadas e desconectadas



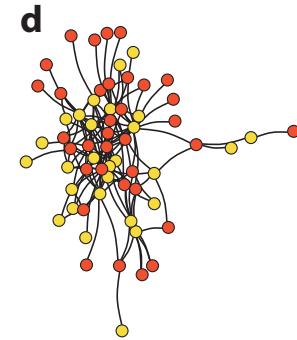
Plants and galling insects



Myrmecophytes and ants



Prey and predators



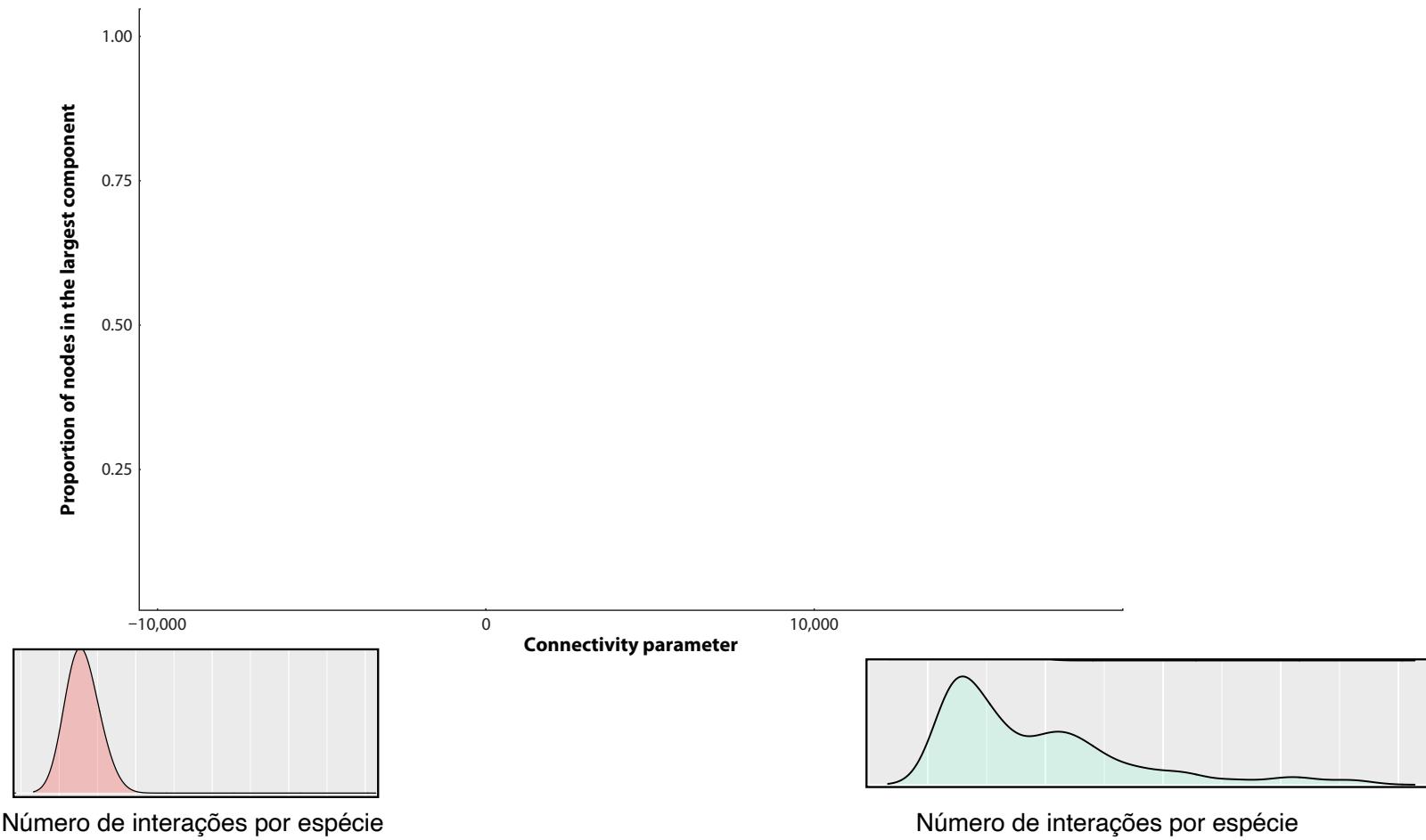
Plants and frugivores



Foto: Motta Jr

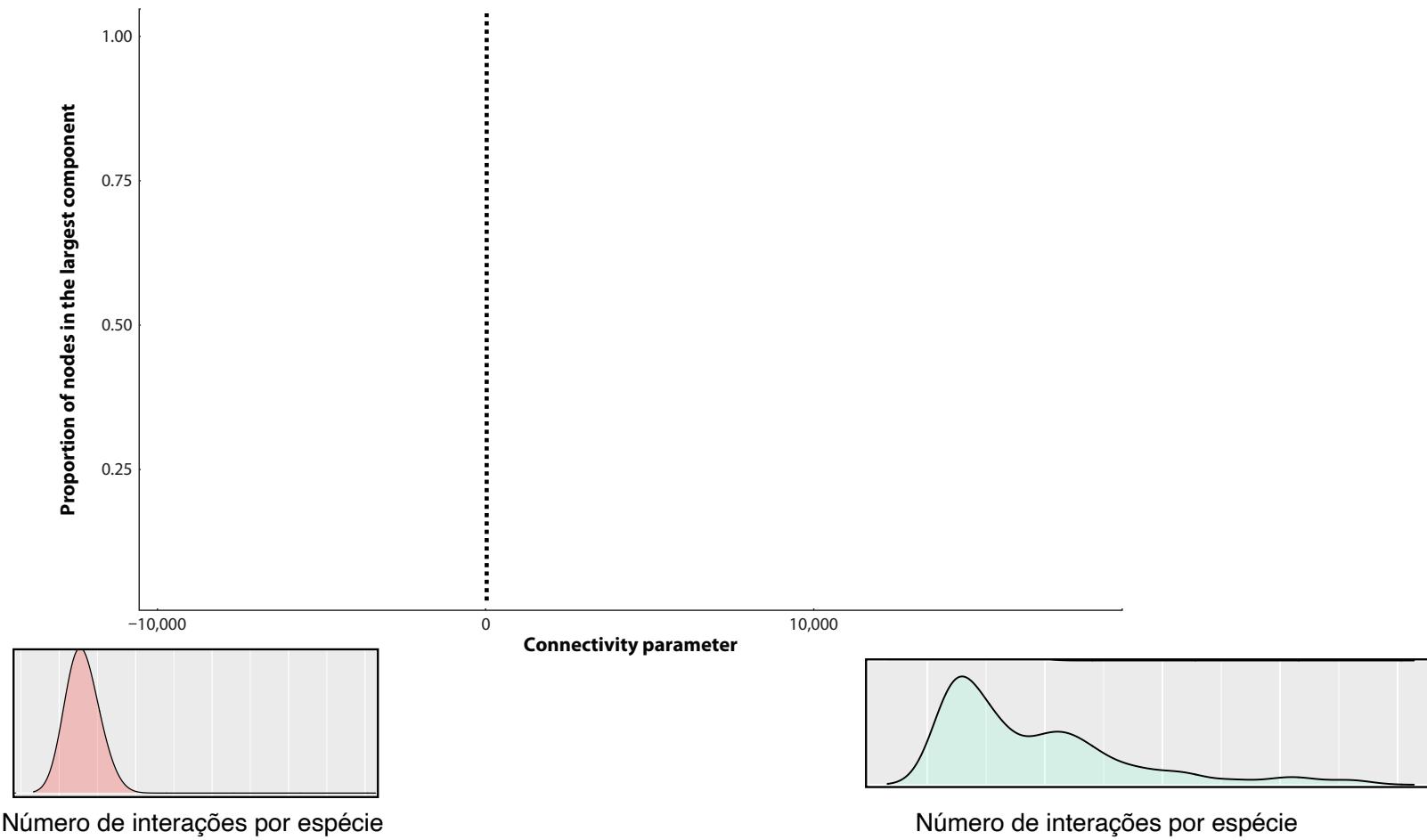
Fontaine et al. 2011. Ecology letters, Pires & Guimarães 2013. Interface

Transição crítica nas redes ecológicas



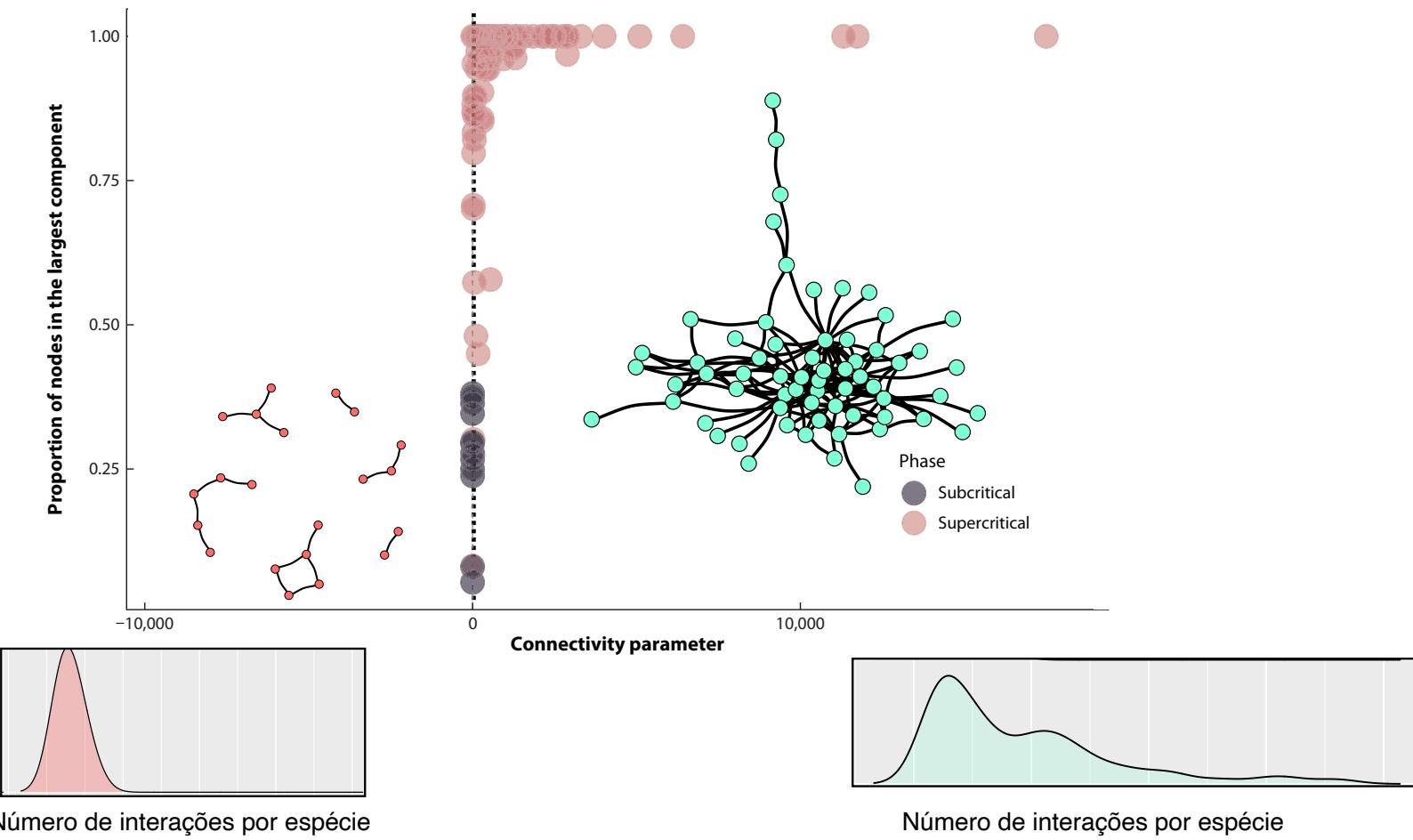
Guimarães 2020. AREES

Transição crítica nas redes ecológicas



Guimarães 2020. AREES

Transição crítica nas redes ecológicas



Guimarães 2020. AREES

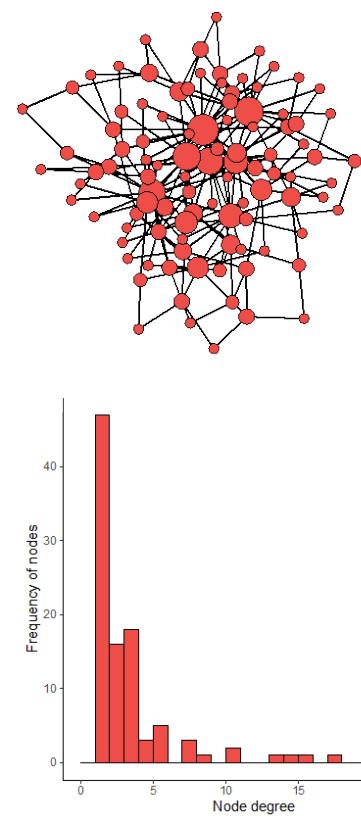
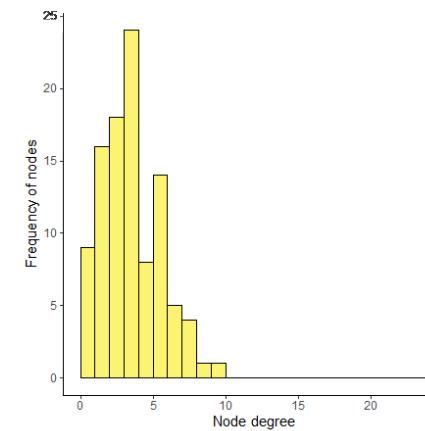
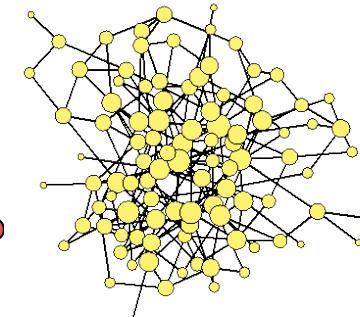
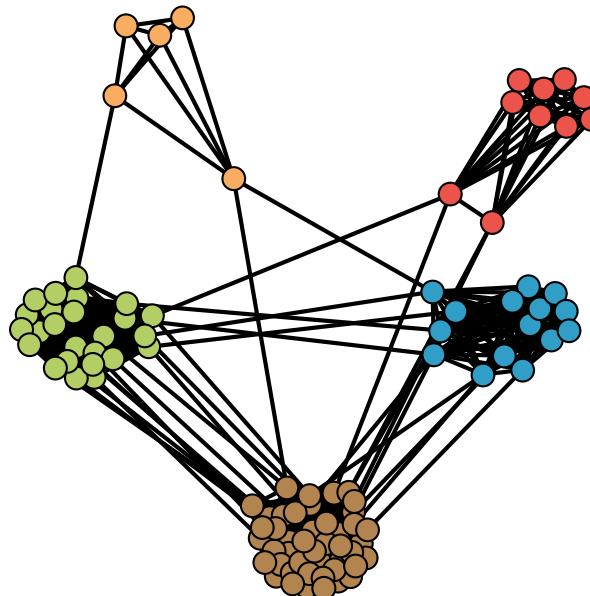
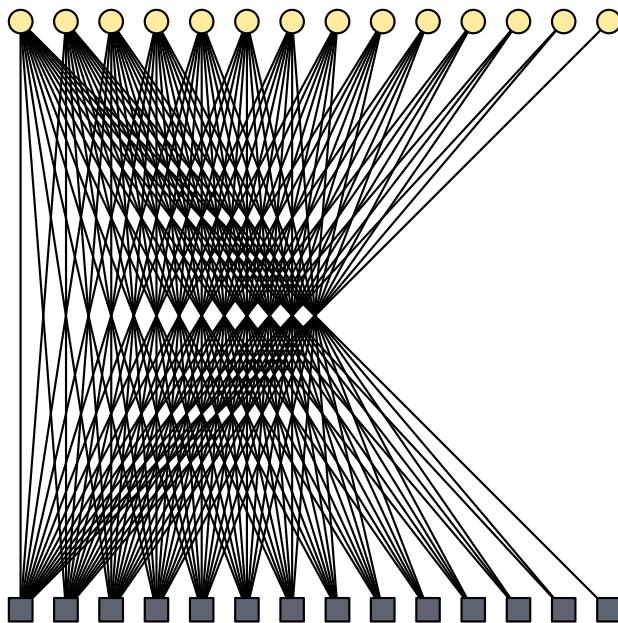
Duas implicações inesperadas

Redes aleatórias geram padrões relevantes

- O efeito mundo-pequeno
- A emergência da componente gigante
- Implicação: **limitam aplicações que não consideram a rede explicitamente**

Uma outra limitação

Redes empíricas desviam da aleatoriedade



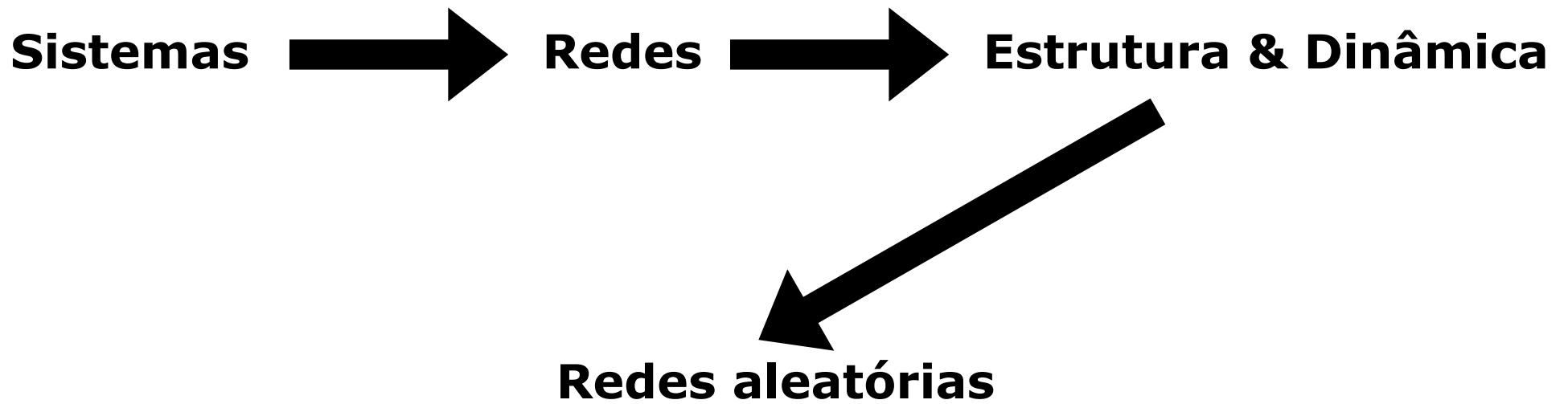
Aula 1: Introdução

- O que é uma rede?
- As duas perguntas do estudo de redes
- A rede implícita: campo médio e lei de ação de massas
- Duas implicações inesperadas das redes - mesmo aleatórias
- **Resumo**

Sistemas

Sistemas  **Redes**

Sistemas → **Redes** → **Estrutura & Dinâmica**



Sistemas → **Redes** → **Estrutura & Dinâmica**

Redes aleatórias ← → **Campo médio**

Sistemas → **Redes** → **Estrutura & Dinâmica**

**Estruturas
surpreendentes** ← **Redes aleatórias** → **Campo médio**

Sistemas → **Redes** → **Estrutura & Dinâmica**

