

Modelos, símbolos, estruturas e roturas

Rui Vilela Mendes
UTL, CMAF e ICC

1. Modelos e o seu valor adaptativo
2. Símbolos e o valor simbólico dos comportamentos
3. Estruturas e roturas. Caracterização matemática

*(Medidas de estrutura e auto-organização,
Criação de estruturas, sincronização,
criticalidade auto-organizada)*

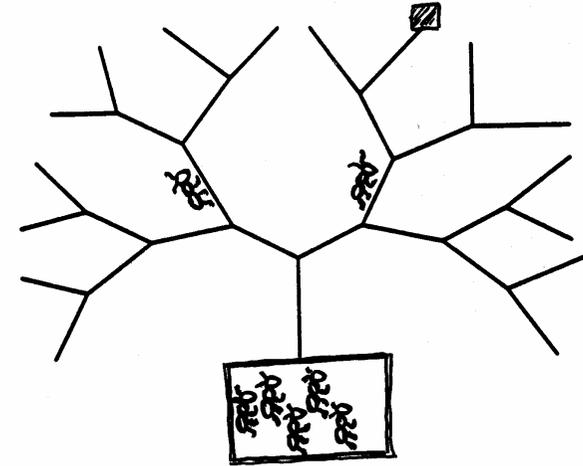
4. Uma rotura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

1. Modelos

- Um modelo é contracção de informação
- Tem valor adaptativo. Permite uma melhor sobrevivência em meio hostil
- A construção de modelos (detecção de padrões) parece ser comum a todos os animais, até às formigas (*Reznikova, Ryabko*)

1. Modelos

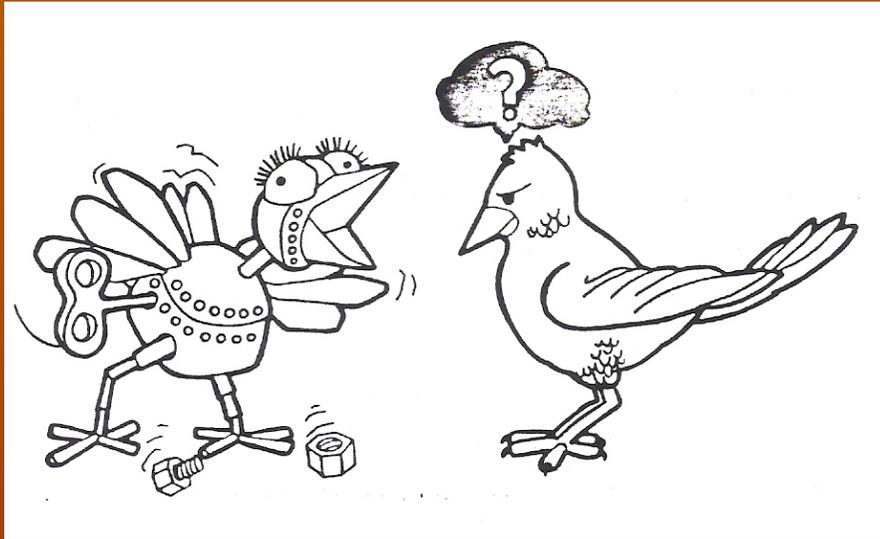
- Um modelo é contracção de informação
- Tem valor adaptativo. Permite uma melhor sobrevivência em meio hostil
- A construção de modelos (detecção de padrões) parece ser comum a todos os animais, até às formigas (*Reznikova, Ryabko*)



NO.	SEQUENCE OF TURNS TO SYRUP	MEAN TIME SEC.	SAMPLE STANDARD DEVIATION	NUMBER OF TESTS
1	LLL	72	8	18
2	RRR	75	5	15
3	LLLLL	84	6	9
4	RRRRR	78	8	10
5	LLLLL	90	9	8
6	RRRRR	88	9	5
7	LRLRLR	130	11	4
8	RLRLRL	135	9	8
9	LLR	69	4	12
10	LRL	100	11	10
11	RLLR	120	9	6
12	RRLRL	150	16	8
13	RLRRRL	180	20	6
14	RRLRRR	220	15	7
15	LRLRL	200	18	5

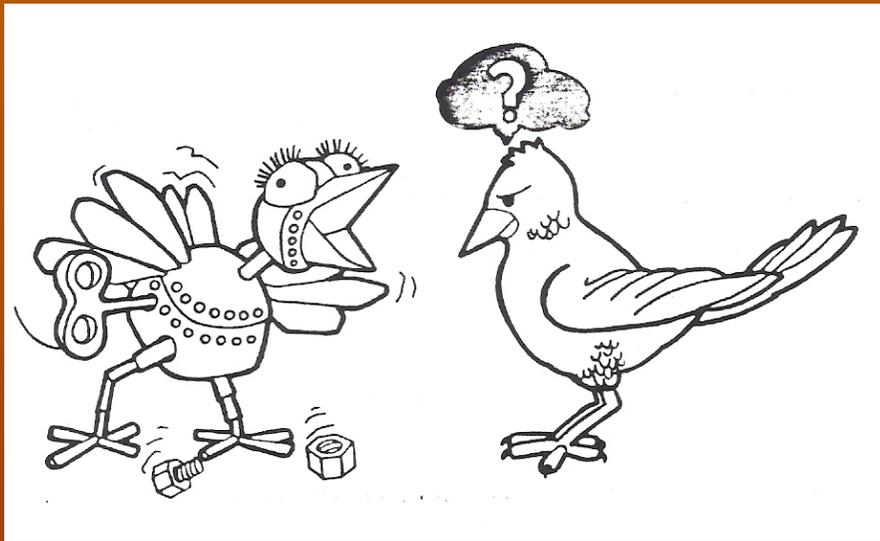
1. Modelos

- Não confundir o modelo com o modelado



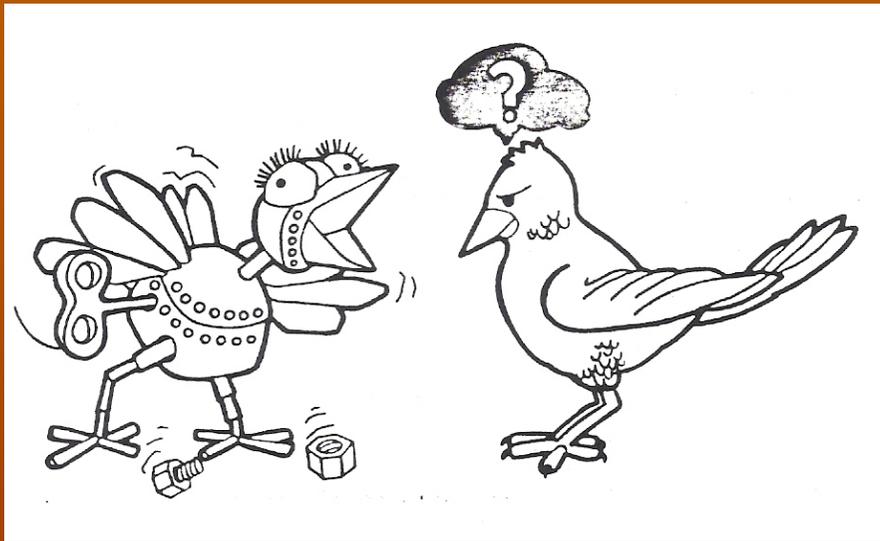
1. Modelos

- Não confundir o modelo com o modelado



1. Modelos

- Não confundir o modelo com o modelado



- Na base da elaboração dos modelos está uma definição de símbolos
- Um mundo de símbolos e comportamentos simbólicos

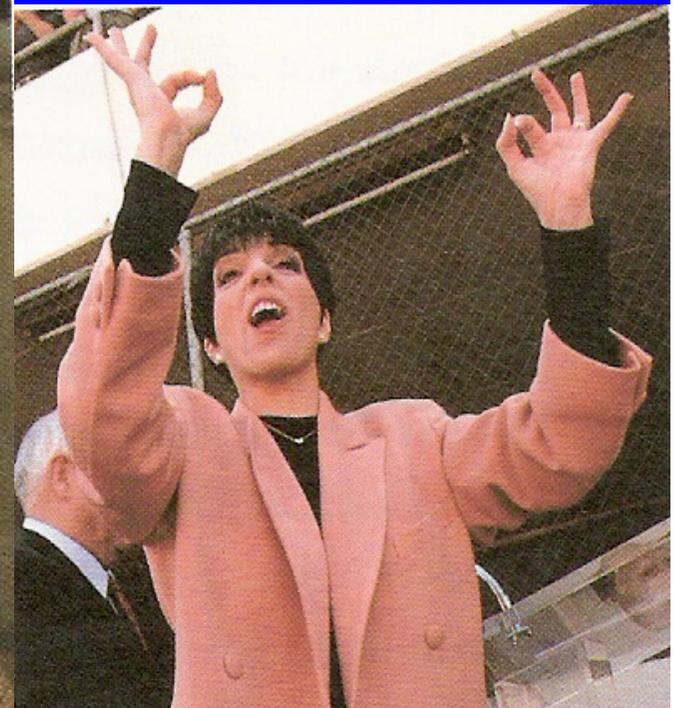
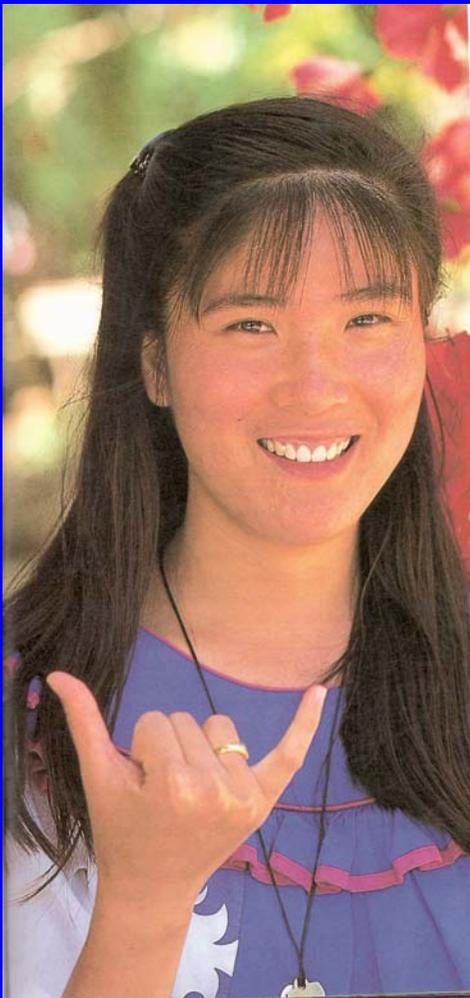
2. Símbolos

- Quer nos modelos quer na vida corrente, o valor dos símbolos depende do contexto



2. Símbolos

- Quer nos modelos quer na vida corrente, o valor dos símbolos depende do contexto

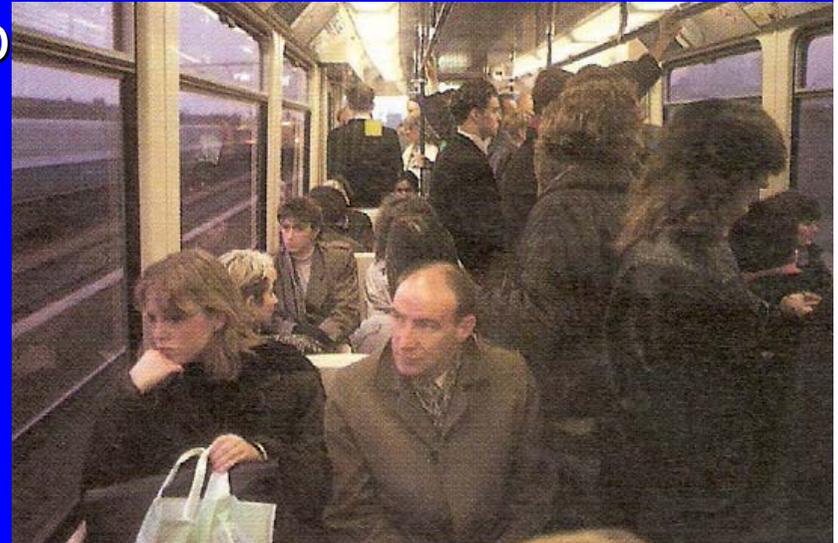


O valor simbólico dos comportamentos

- No final do pleistoceno, um período longo (≈ 190 mil anos), facilita a passagem de comportamentos evolucionariamente estáveis para traços genéticos
- *A tribo de caçadores-recoletores*
- Reciprocidade forte (*Bowles-Gintis*)
- "Network dependence of strong reciprocity", *Adv. Compl. Sys.* 7 (2004) 357
- De qualquer modo o paradigma da *tribo de caçadores* ainda controla simbolicamente os comportamentos (*Desmond Morris*)

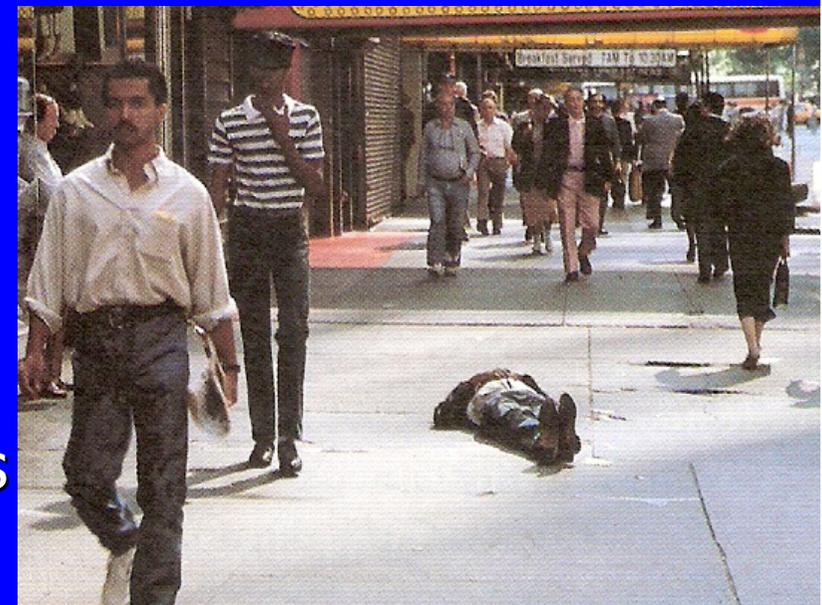
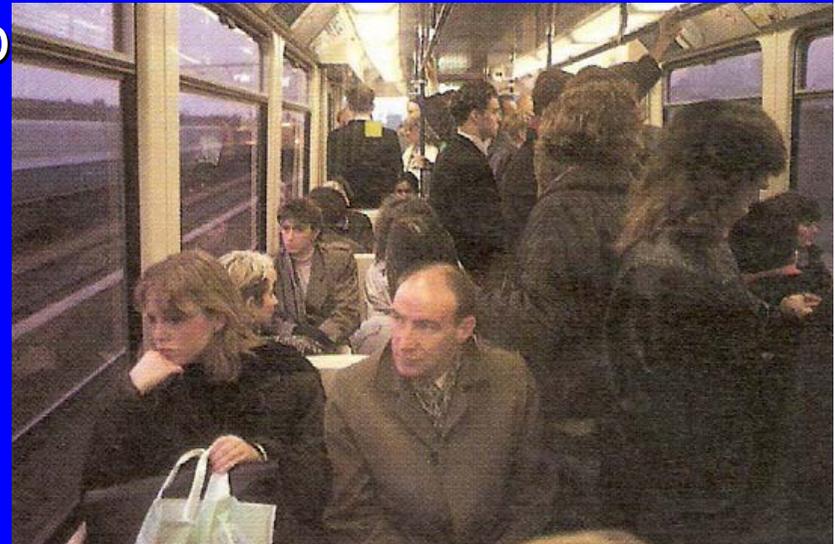
O valor simbólico dos comportamentos

- No final do pleistoceno, um período longo (≈ 190 mil anos), facilita a passagem de comportamentos evolucionariamente estáveis para traços genéticos
- *A tribo de caçadores-recoletores*
- Reciprocidade forte (*Bowles-Gintis*)
- "Network dependence of strong reciprocity", *Adv. Compl. Sys.* 7 (2004) 357
- De qualquer modo o paradigma da *tribo de caçadores* ainda controla simbolicamente os comportamentos (*Desmond Morris*)



O valor simbólico dos comportamentos

- No final do pleistoceno, um período longo (≈ 190 mil anos), facilita a passagem de comportamentos evolucionariamente estáveis para traços genéticos
- *A tribo de caçadores-recoletores*
- Reciprocidade forte (*Bowles-Gintis*)
- "Network dependence of strong reciprocity", *Adv. Compl. Sys.* 7 (2004) 357
- De qualquer modo o paradigma da *tribo de caçadores* ainda controla simbolicamente os comportamentos (*Desmond Morris*)



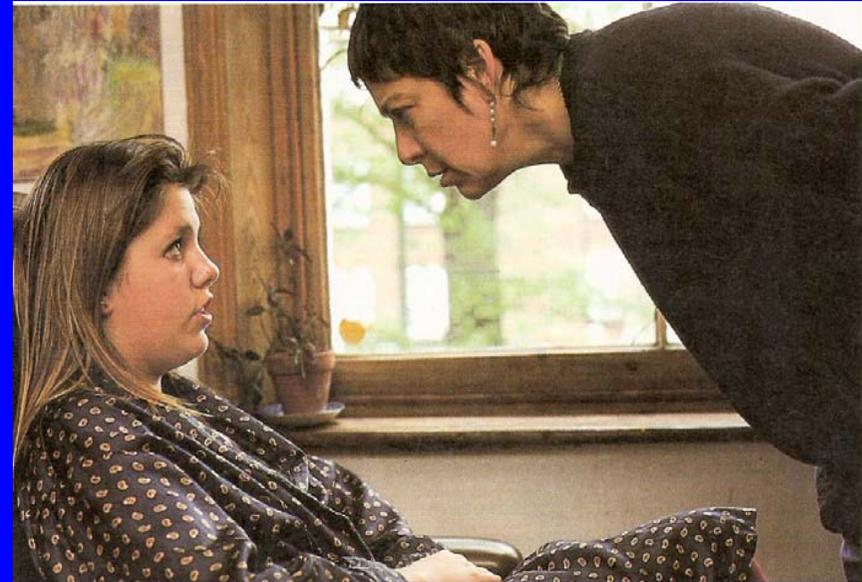
O valor simbólico dos comportamentos

- Conflitos interpessoais (o domínio)



O valor simbólico dos comportamentos

- Conflitos interpessoais (o domínio)

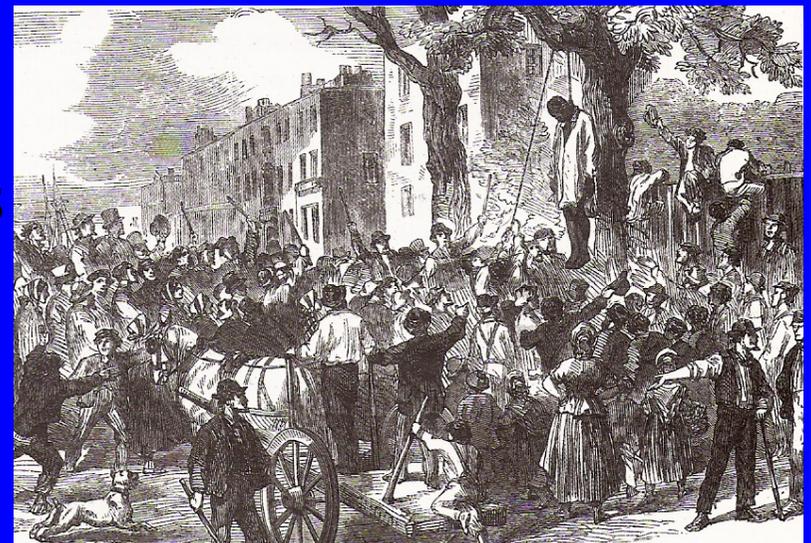


O valor simbólico dos comportamentos

- Conflitos interpessoais (o domínio)



- O comportamento das multidões (a caça)



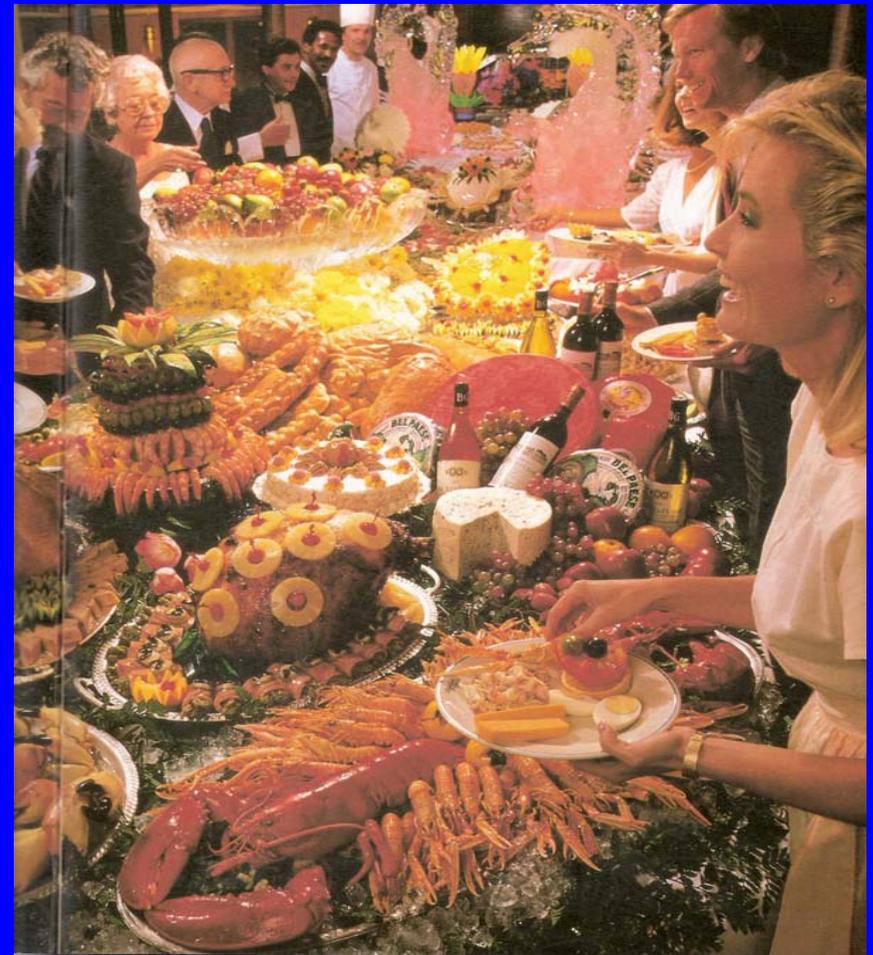
O valor simbólico dos comportamentos

- Depois da caçada a tribo reúne-se alegremente em torno dos despojos



O valor simbólico dos comportamentos

- Depois da caçada a tribo reúne-se alegremente em torno dos despojos



3. Estruturas e roturas

- Conclusão: Vivemos num mundo de modelos e símbolos
- E o que é uma estrutura ? (num sistema multi-agentes)
- Comportamento a uma escala temporal ou espacial de uma ordem de grandeza muito superior às escalas típicas dos agentes
- A noção de estrutura faz parte da estrutura cognitiva do observador
- Rotura = Transição qualitativa de estrutura
- Medidas de estrutura (dinâmica) e exemplos

3. Estruturas e roturas

- Medidas invariantes e *parâmetros ergódicos*

$$I_F(\mu) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T F(f^n x_0)$$

3. Estruturas e roturas

- Medidas invariantes e *parâmetros ergódicos*

$$I_F(\mu) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{n=1}^T F(f^n x_0)$$

- *Expoentes de Lyapunov e expoentes condicionais*

A partir dos blocos $k \times k$ e $(m-k) \times (m-k)$ do Jacobiano, expoentes condicionais são os valores próprios dos limites ou

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (D_k f^{n*}(x) D_k f^n(x))^{1/2n}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (D_{m-k} f^{n*}(x) D_{m-k} f^n(x))^{1/2n}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log \|D_k f^n(x) u\| = \xi_i^{(k)}$$

$$0 \neq u \in E_x^i / E_x^{i+1}$$

- E_x^i é o subespaço de valores próprios $\leq \exp(\xi_i^{(k)})$

3 – Estruturas e roturas

- Índice de estrutura

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_+} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_i} - 1 \right)$$

diverge quando um expoente de Lyapunov tende para zero a partir de cima (emergência de correlações de tempo longo)

3 – Estruturas e roturas

- Índice de estrutura

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_+} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_i} - 1 \right)$$

diverge quando um expoente de Lyapunov tende para zero a partir de cima (emergência de correlações de tempo longo)

- Auto-organização (partição $\Sigma_k = R^k \times R^{m-k}$)

$$I_{\Sigma}(\mu) = \sum_{k=1}^N \{ h_k(\mu) + h_{m-k}(\mu) - h(\mu) \}$$

$$h_k(\mu) = \sum_{\xi_i^{(k)} > 0} \xi_i^{(k)}; h_{m-k}(\mu) = \sum_{\xi_i^{(m-k)} > 0} \xi_i^{(m-k)}; h(\mu) = \sum_{\lambda_i > 0} \lambda_i$$

- A auto-organização é o estabelecimento duma relação dinâmica entre o todo e as suas partes. Por isso $I_{\Sigma}(\mu)$ pode ser considerado uma medida de auto-organização
- É uma medida da liberdade aparente (ou aparente taxa de produção de informação) que cada agente pode inferir a partir da dinâmica local
- A auto-organização é tanto maior quanto maior for a diferença entre a informação local e o comportamento global
- Também podem ser usados para caracterizar a topologia das redes.

- Referências e UECE “connection”:
- “*Characterizing self-organization and coevolution by ergodic invariants*”, Physica A 276 (2000) 550-571
- “*Structure generating mechanisms in agent-based models*”, Physica A295 (2001) 537-561.

(ZiF project “The Sciences of Complexity: From Mathematics to Technology to a Sustainable World”, <http://www.physik.uni-bielefeld.de/complexity/>)

- “*Dynamical characterization of the small-world phase*” (com T. Araújo e João Seixas)

Exemplos

- Um sistema com acoplamento global

$$x_i(t+1) = (1-c) f(x_i(t)) + (c/(N-1)) \sum_{k \neq i} f(x_k(t))$$
$$f(x) = 2x \pmod{1}$$

$$c = 0.495$$

$$c = 0.51$$

Fig. 2

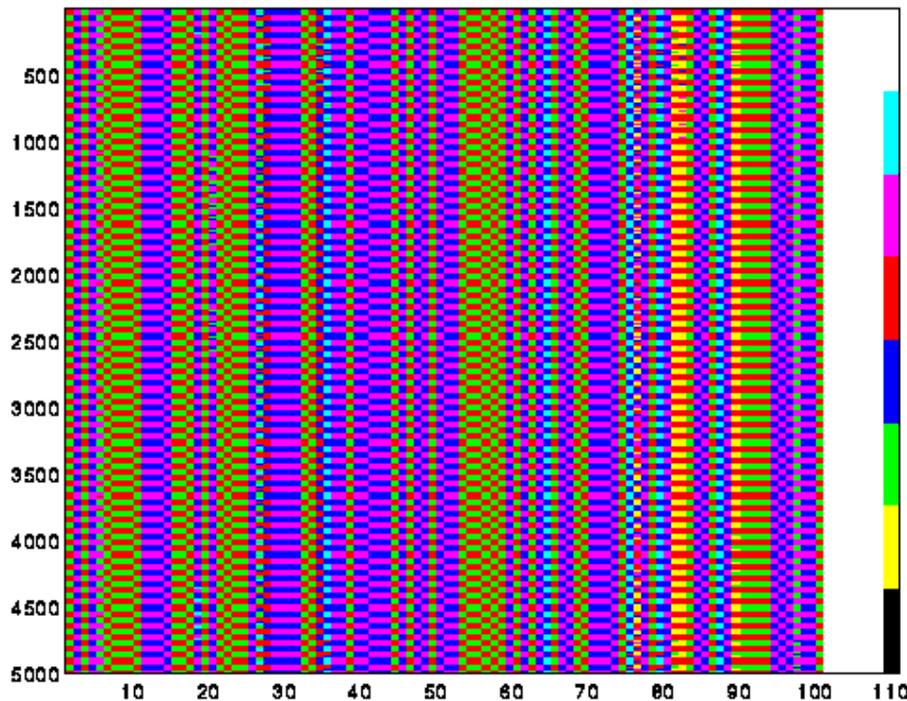
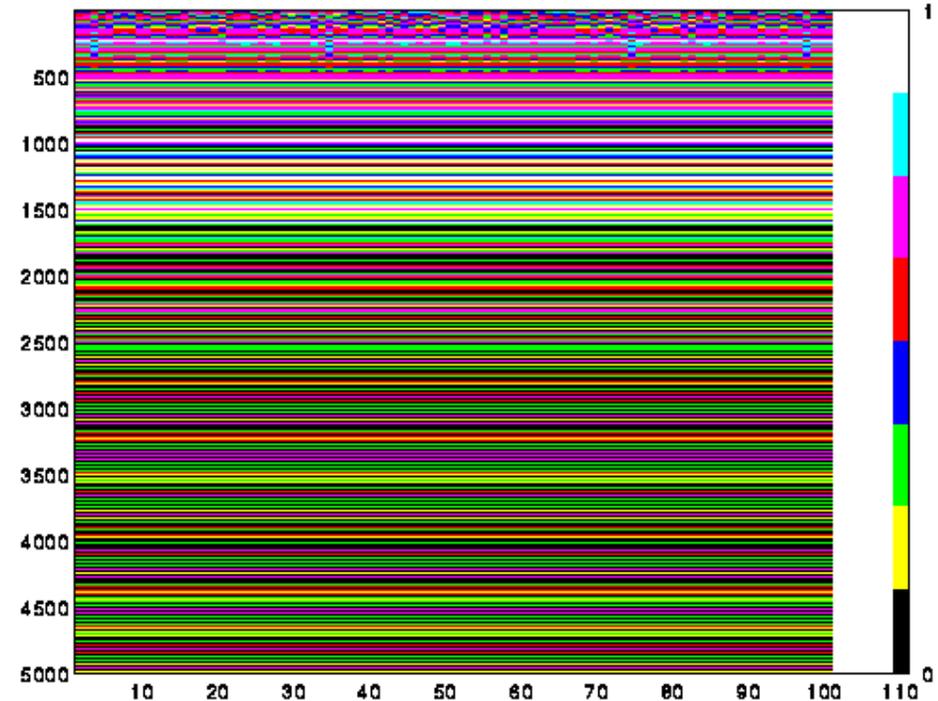
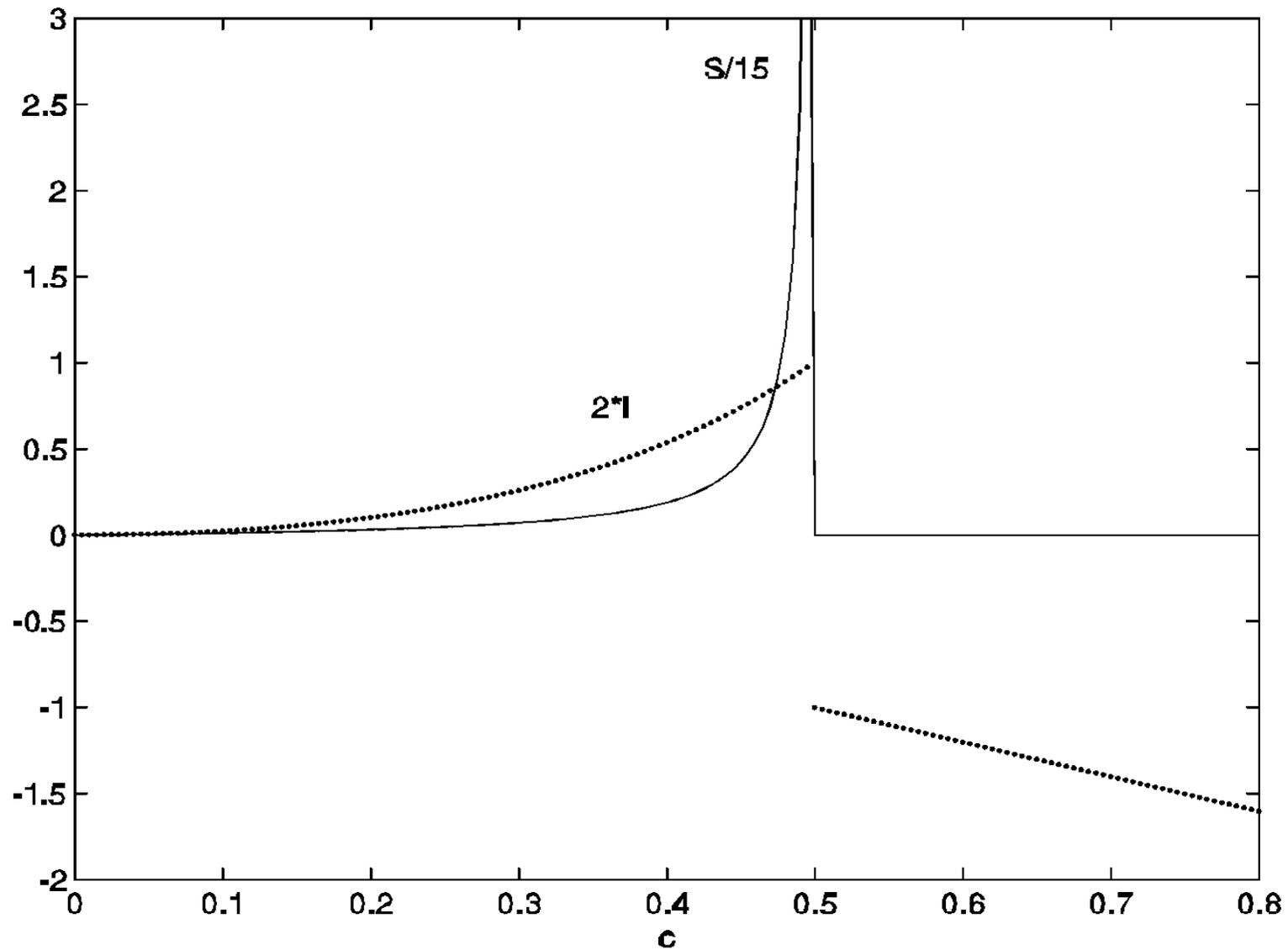


Fig. 3

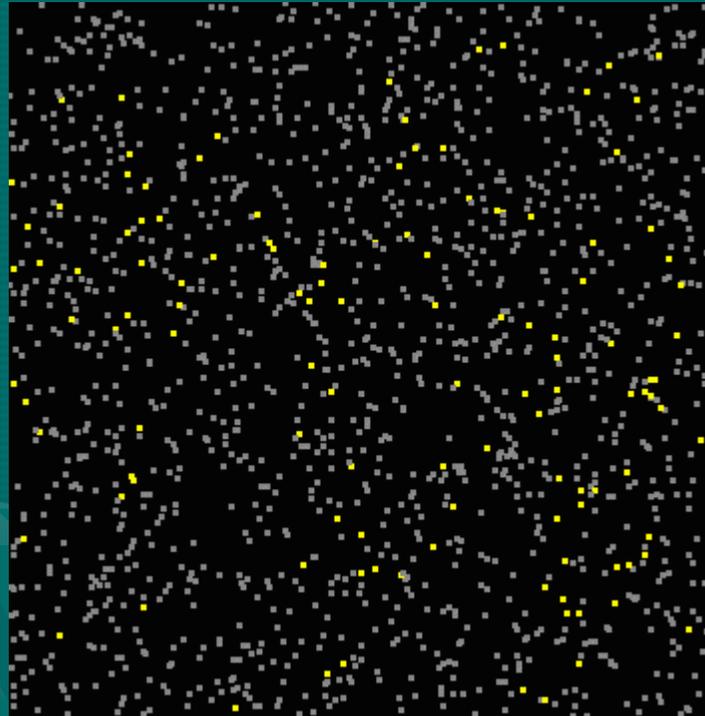


Sistema com acoplamento global. Índices de estrutura e auto-organização



Sincronização e para além da sincronização

- Sincronização das “moscas de fogo”, das células, das modas,



Sincronização e para além da sincronização

- Sincronização

(Modelo clássico: o modelo de Kuramoto)

Um modelo semelhante :

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \omega_i + \frac{k}{N-1} \sum_{j=1}^N f_\alpha(x_j - x_i)$$

$$p(\omega) = \frac{\gamma}{\pi \left[\gamma^2 + (\omega - \omega_0)^2 \right]}$$

$$f_\alpha(x_j - x_i) = \alpha(x_j - x_i) \pmod{1}$$

Sincronização e para além da sincronização

- Sincronização

(Modelo clássico: o modelo de Kuramoto)

Um modelo semelhante :

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \omega_i + \frac{k}{N-1} \sum_{j=1}^N f_\alpha(x_j - x_i)$$

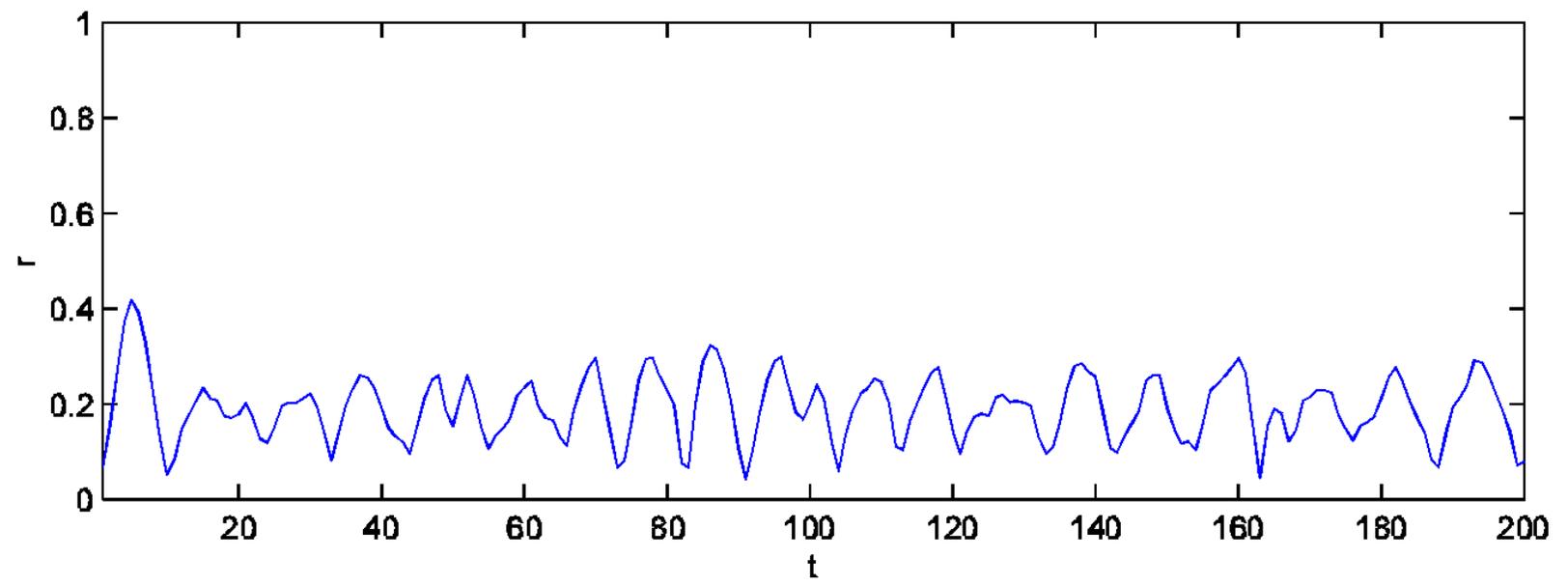
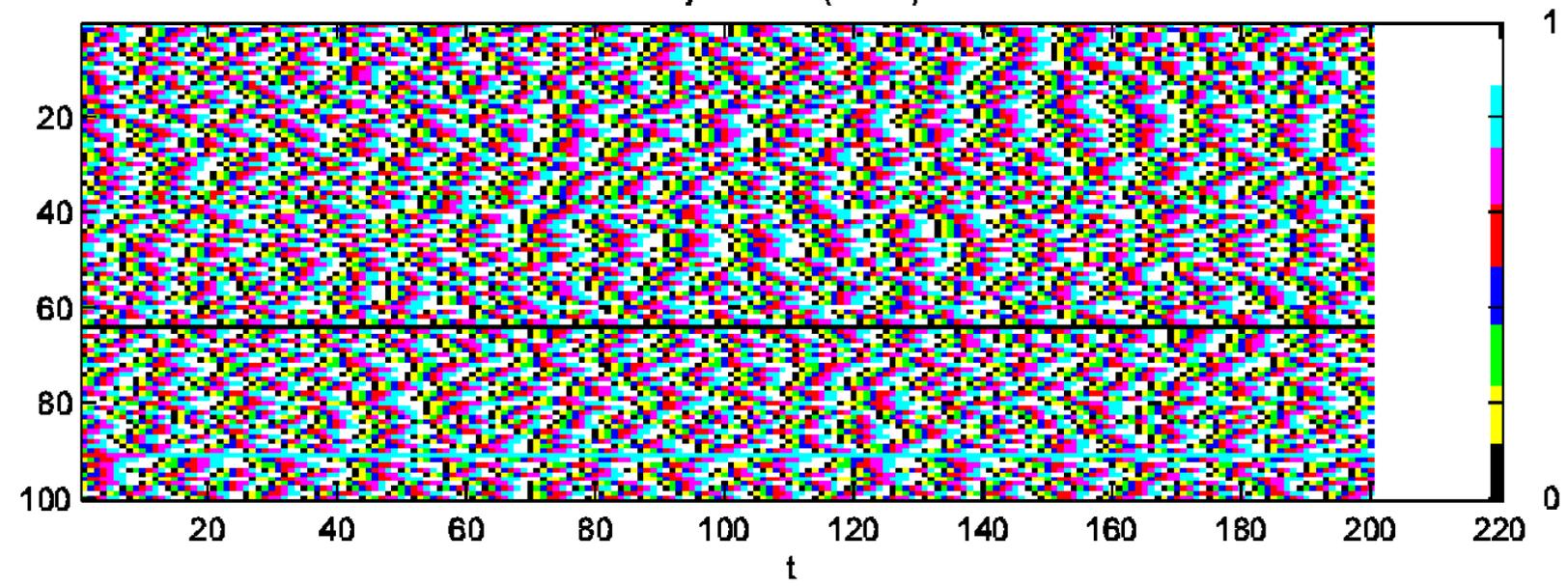
$$p(\omega) = \frac{\gamma}{\pi \left[\gamma^2 + (\omega - \omega_0)^2 \right]}$$

$$f_\alpha(x_j - x_i) = \alpha(x_j - x_i) \pmod{1}$$

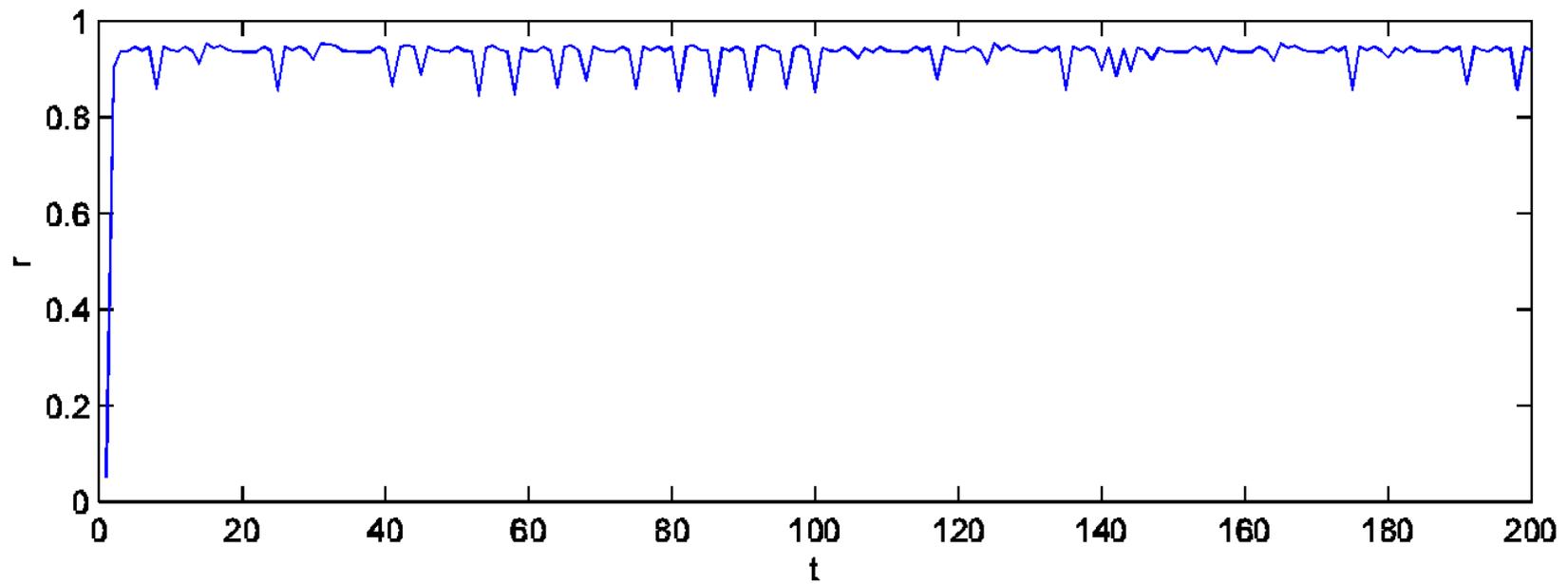
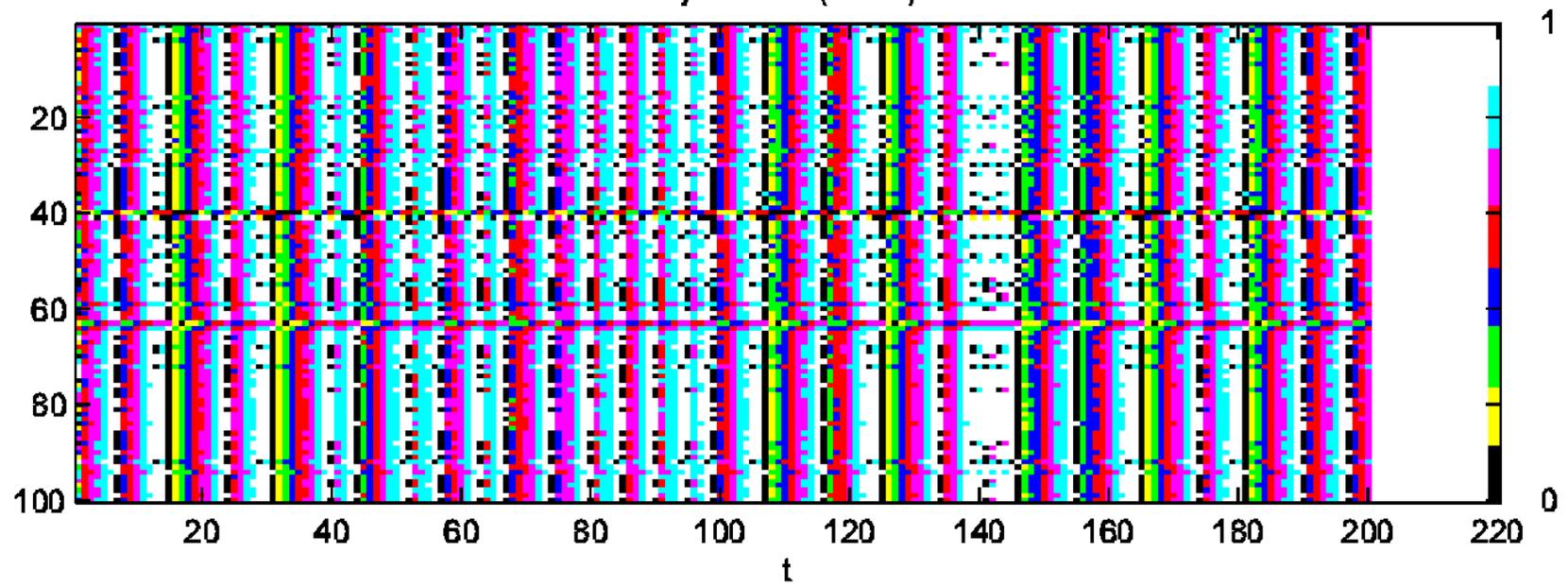
- Parâmetro de ordem

$$r(t) = \left| \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N e^{i2\pi x_j(t)} \right|$$

Syncnet (k=0.1)



Syncnet (k=0.8)



- O espectro de Lyapunov controla a auto-organização dinâmica do sistema

- Neste caso

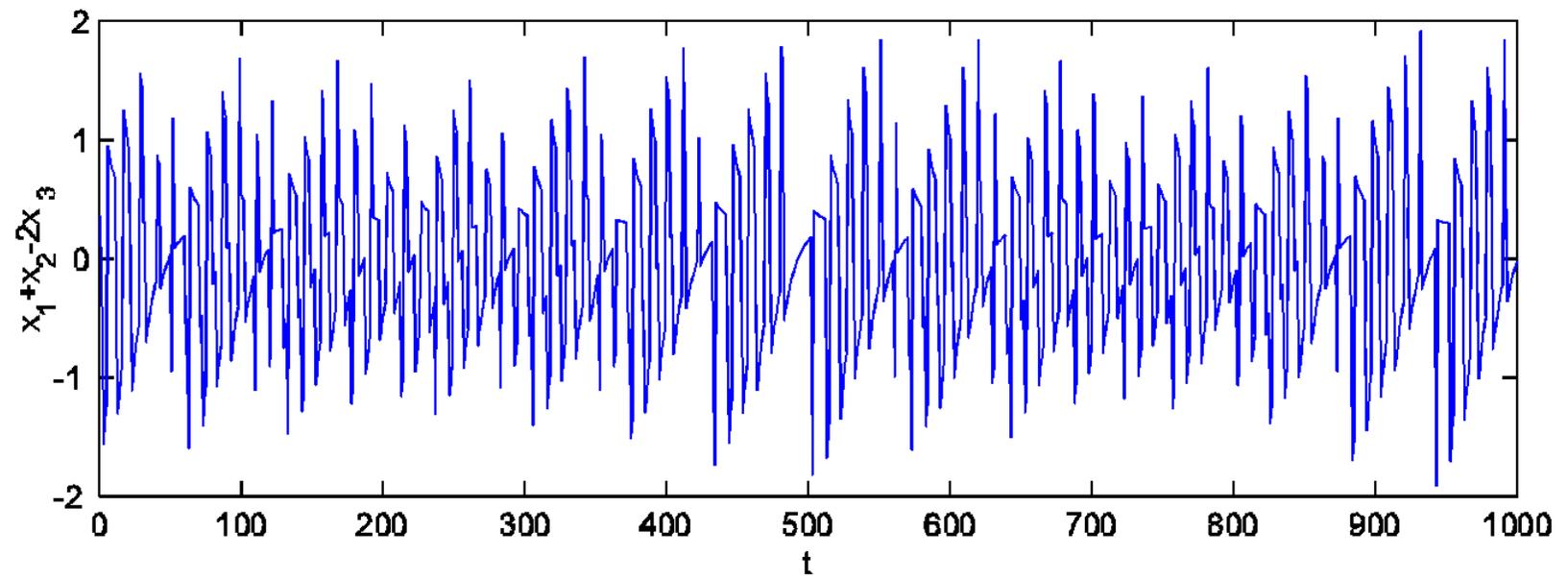
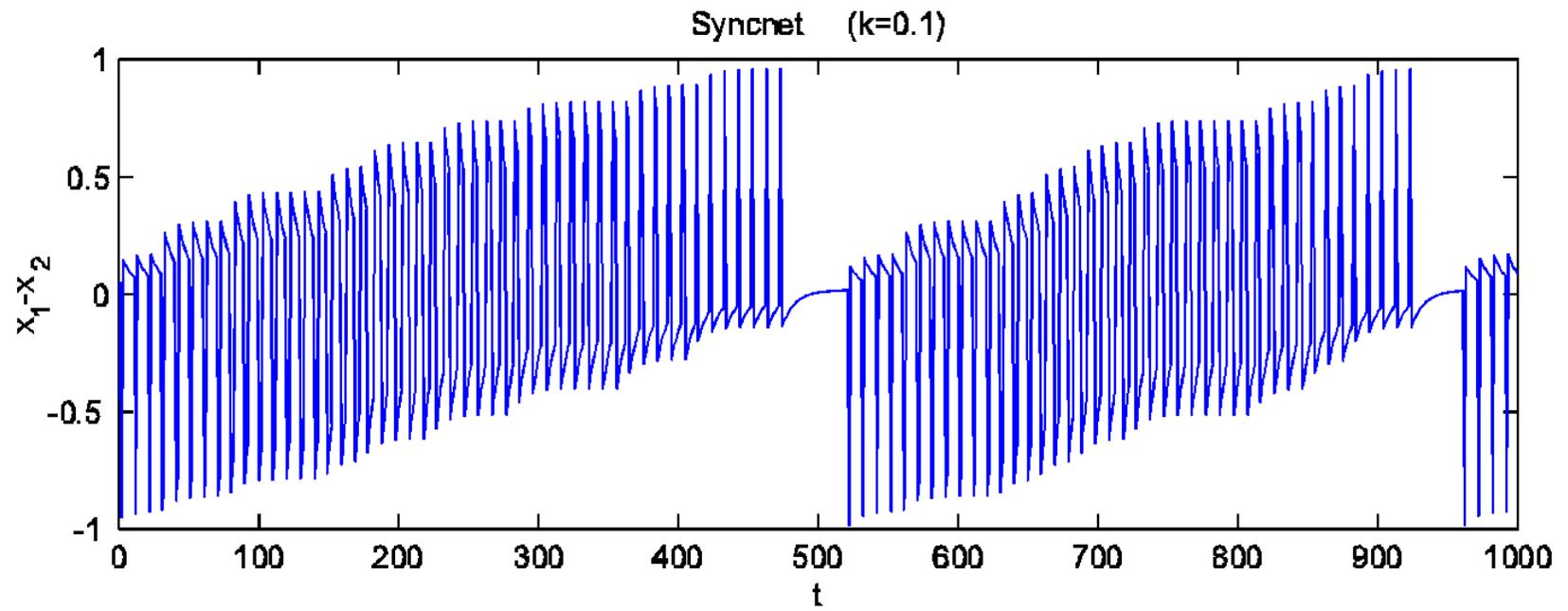
$$\lambda_1 = 0 \text{ e}$$

$$\lambda_i = \log(1 - \alpha \lambda_k (N/N-1)) \quad (N-1) \text{ vezes}$$

N-1 direcções de contracção para qualquer $k \neq 0$

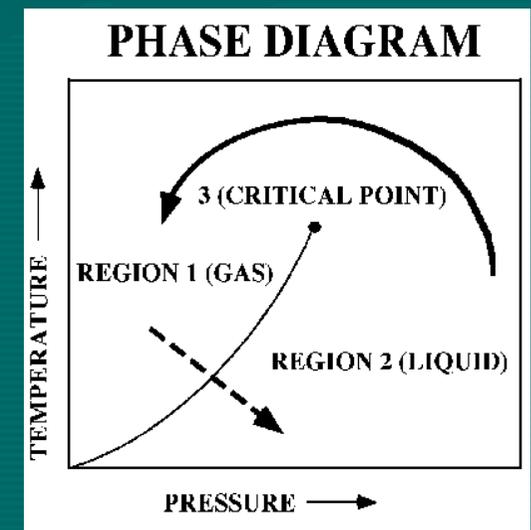
“Sistema efectivamente unidimensional” !

⇒ fortes correlações dinâmicas mesmo muito antes da sincronização



Criticalidade auto-organizada (SOC)

- Uma definição qualitativa :
SOC = mecanismo de acumulação lenta de energia e a sua distribuição rápida (avalanches) conduzindo o sistema para um estado crítico em a que a distribuição do tamanho das avalanches obedece a uma lei de potência, sem que no modelo haja qualquer ajuste dos parâmetros
- Lei de potência → inexistência duma escala natural, excitações de todas as intensidades
- Inexistência de parâmetros ajustáveis ≠ dos pontos críticos das transições de fase
- Será o ponto crítico um atrator ?



Criticalidade auto-organizada (SOC)

- Existência de SOC em muitos domínios

Geofísica

Cosmologia

Biologia evolutiva

Ecologia

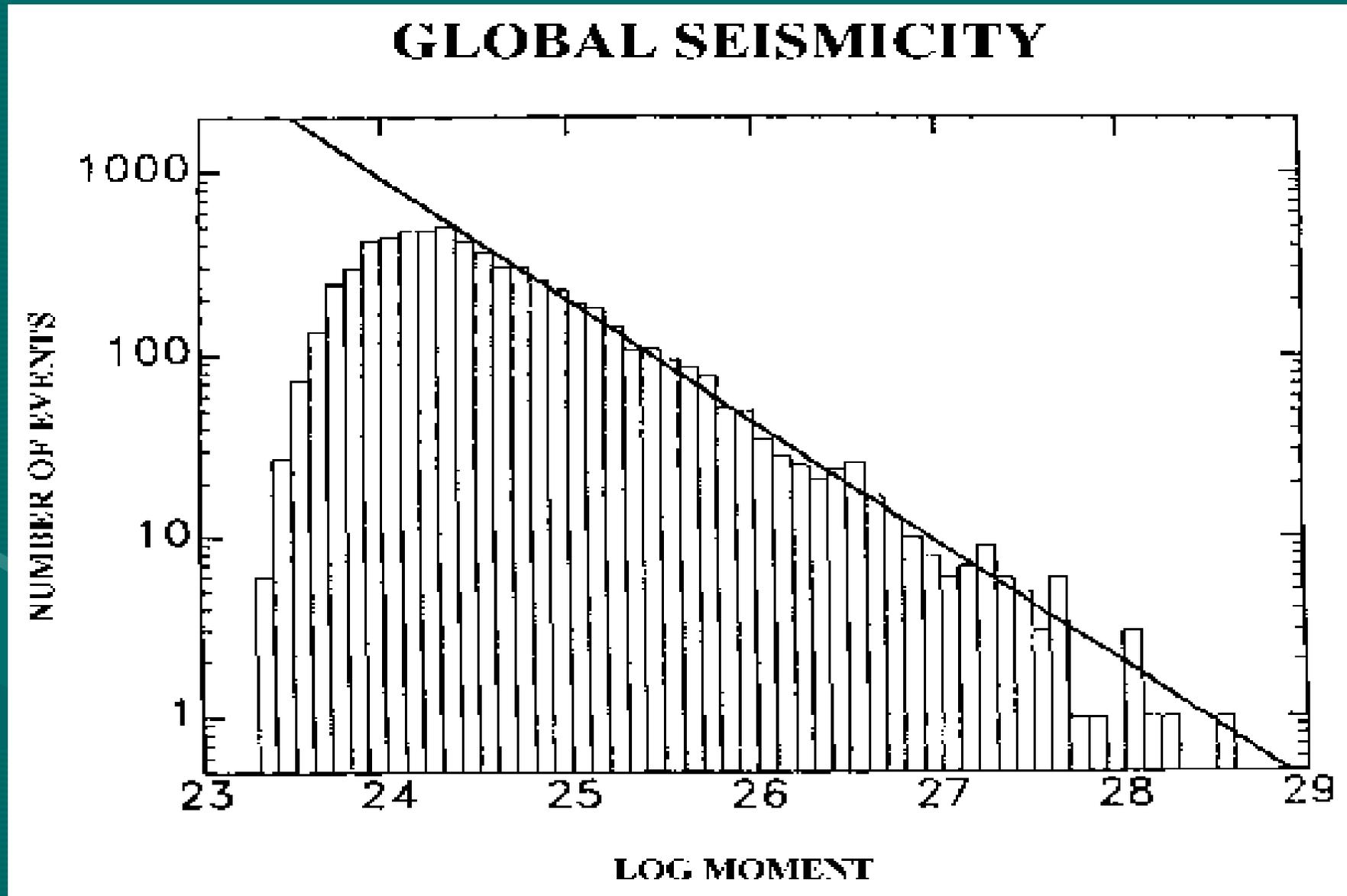
Economia

Sociologia

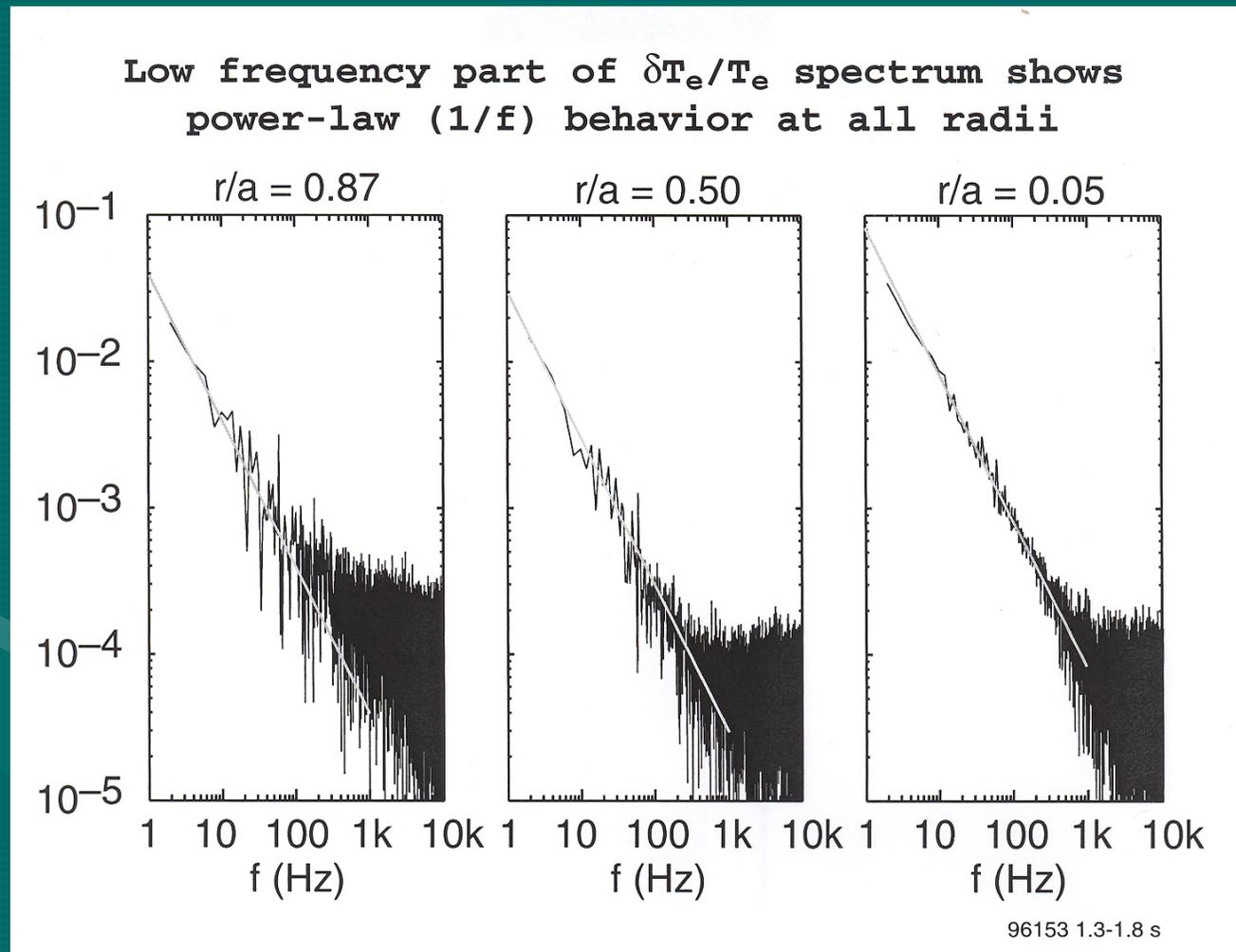
Física solar

...

- *A lei de Gutenberg-Richter (1977-1995)*

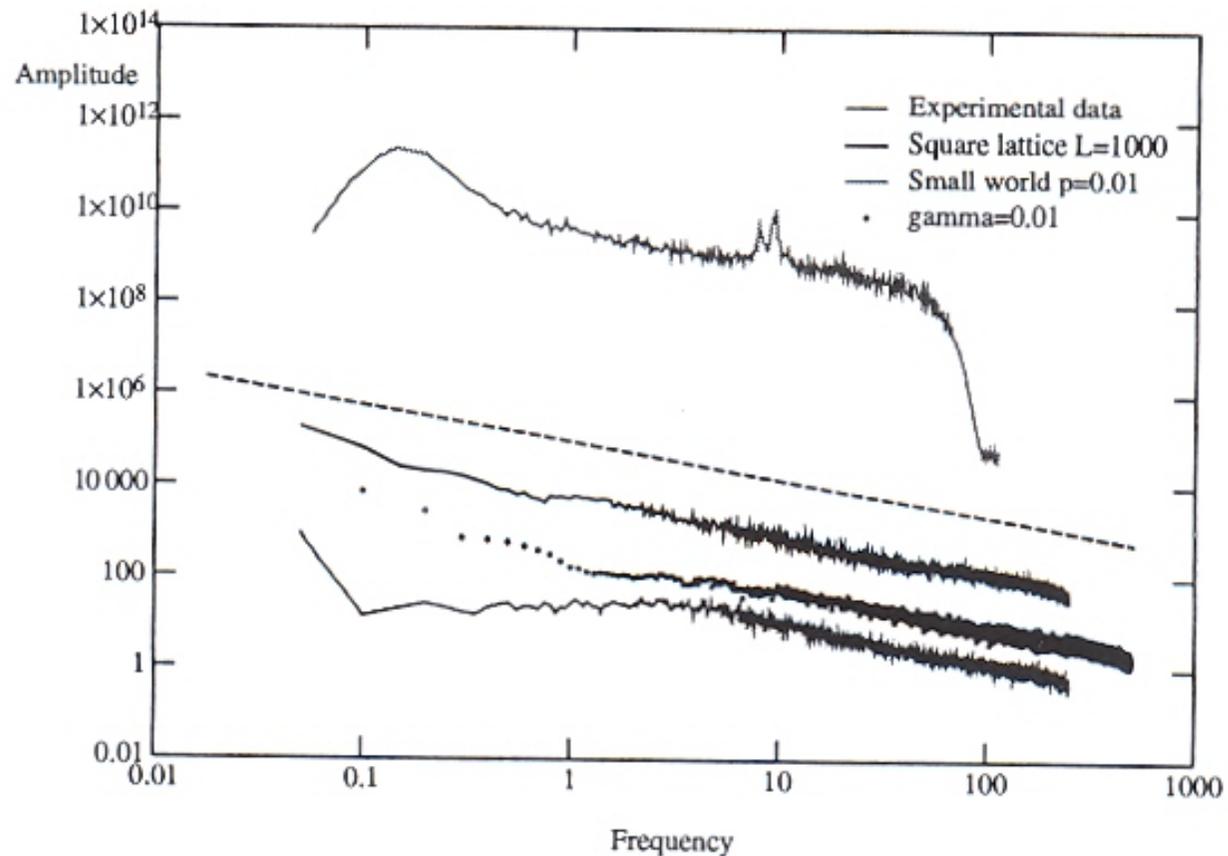


- *Fluctuações da temperatura electrónica num plasma confinado*
(Politzer, PRL 84 (2000) 1192)

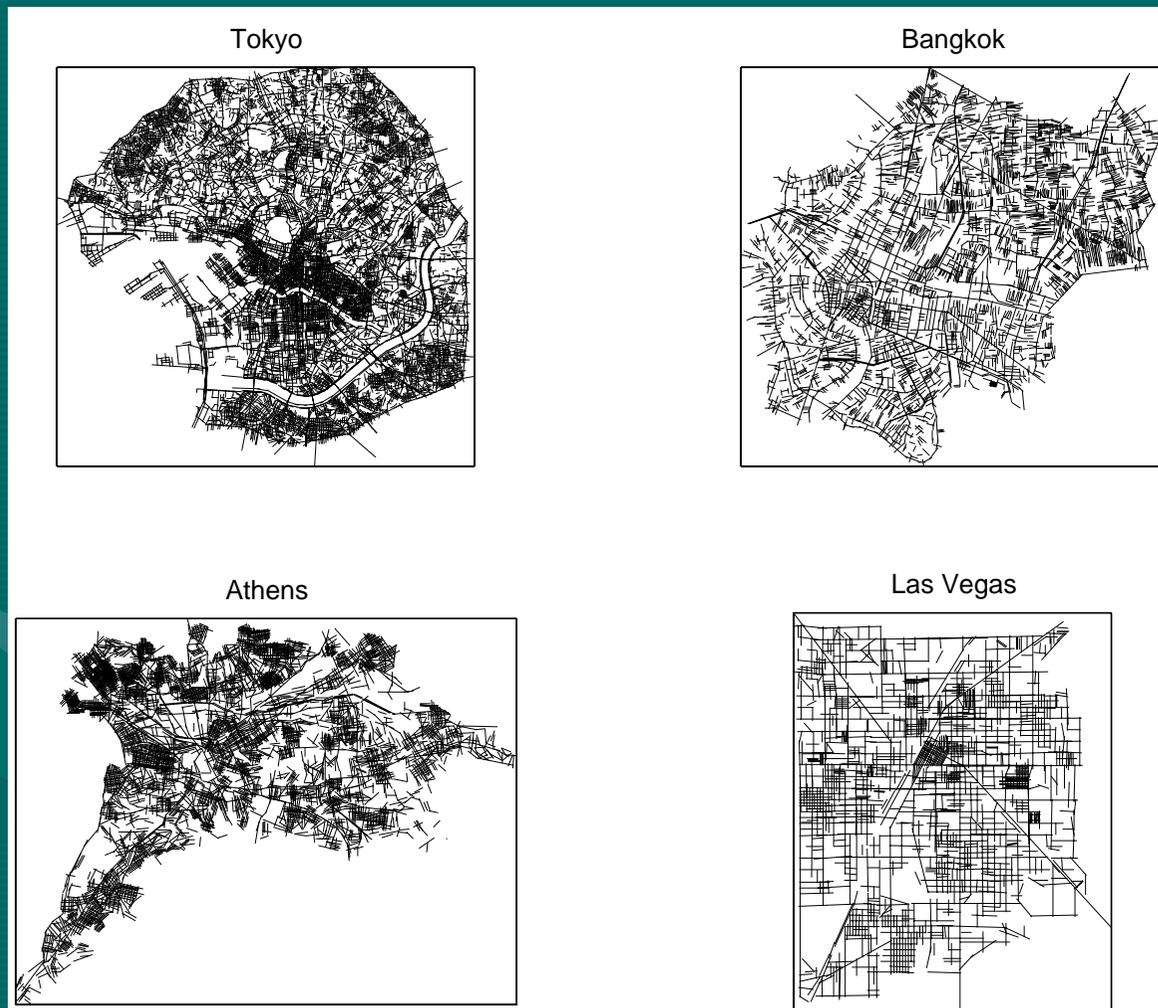


- *Avalanches nos neurónios*
Dados de magnetoencefalografia e comparação com modelos

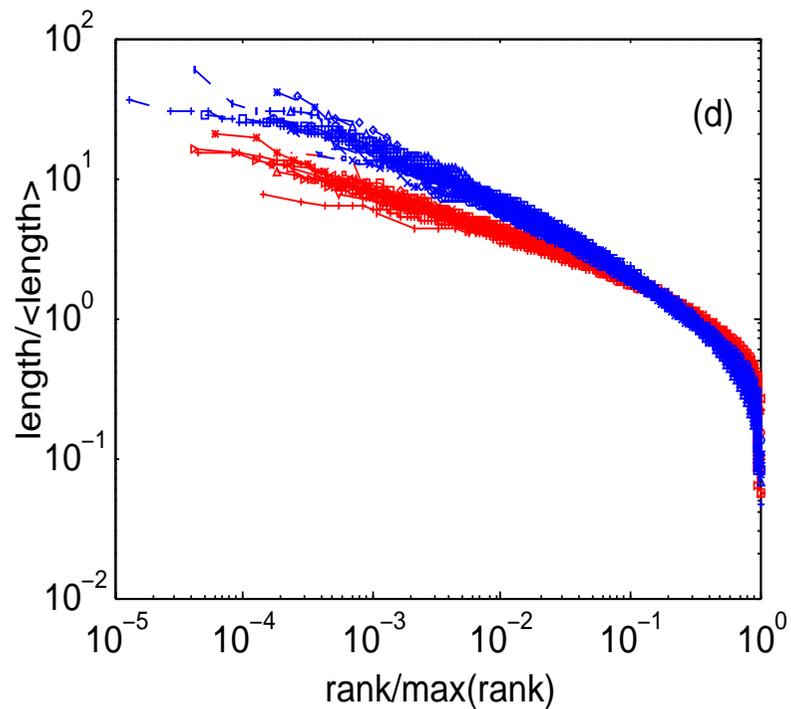
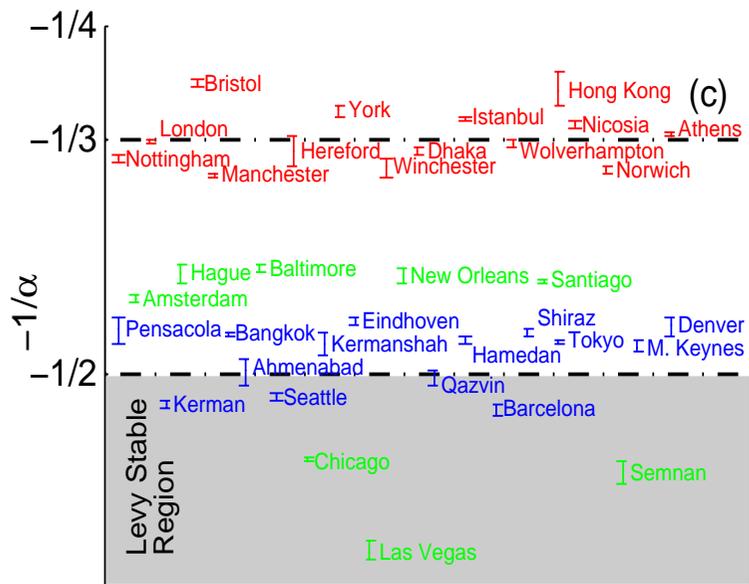
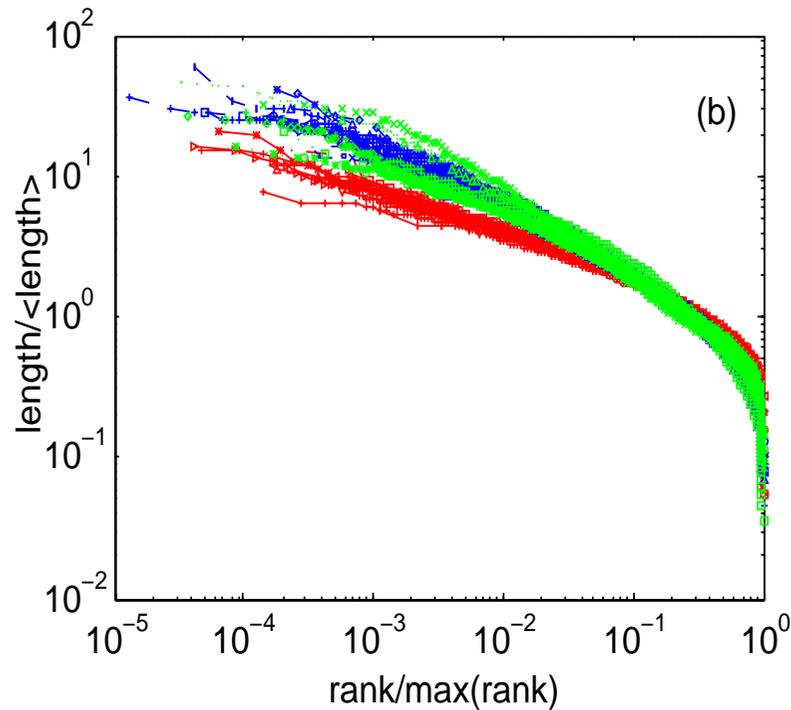
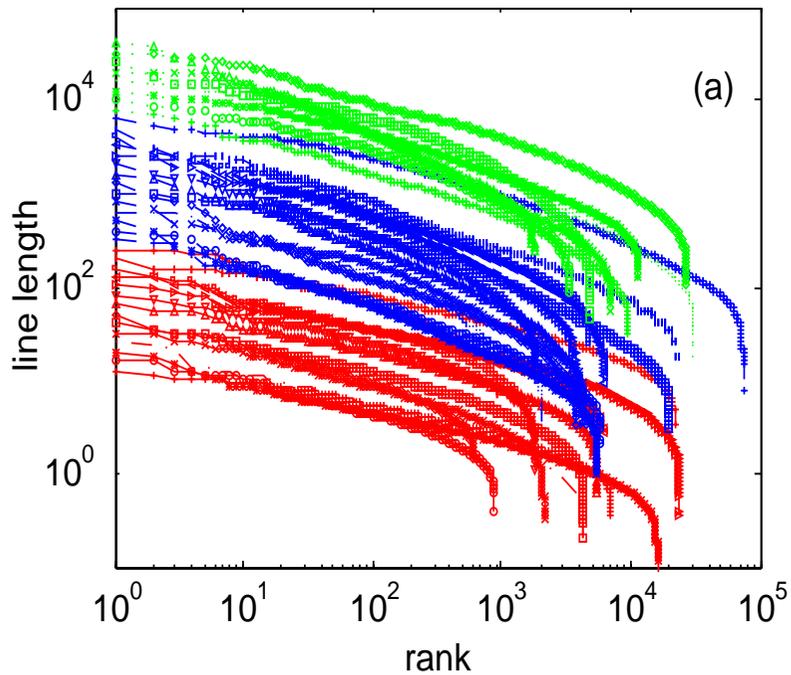
(de Arcangelis et al. PRL 96 (2006) 028107)



- *Distribuição do comprimentos de espaços abertos em ambiente urbano*
(Carvalho e Penn, Physica A 332 (2004) 539)

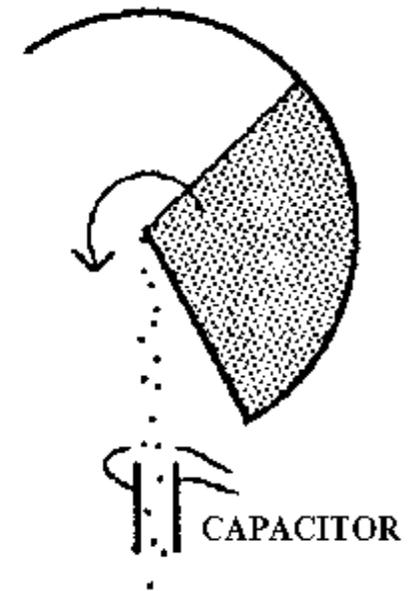
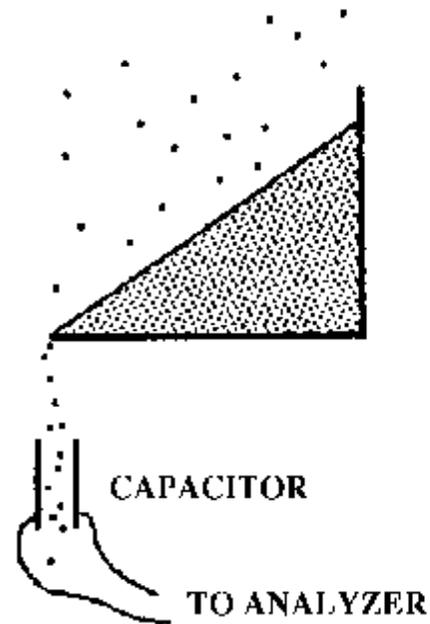
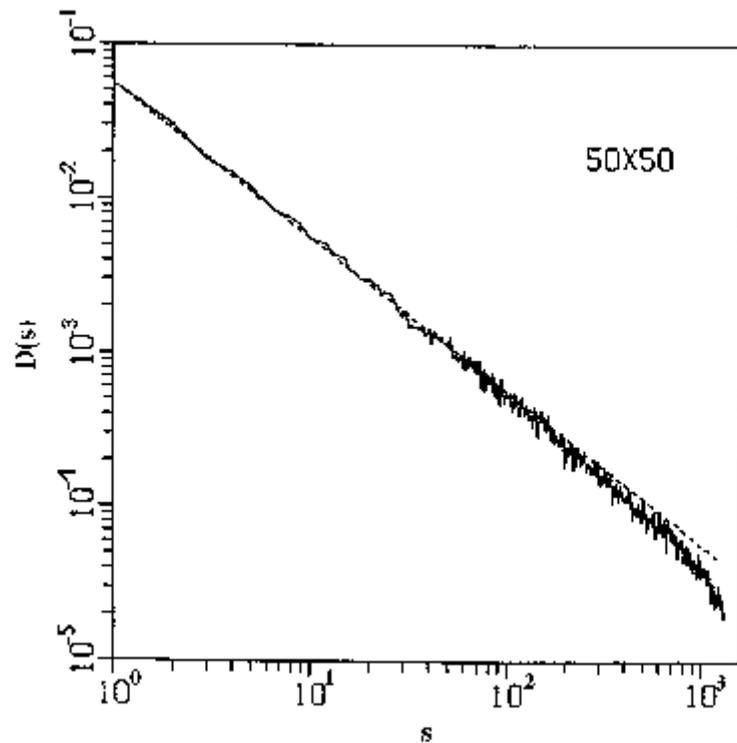


- Bristol
- Hereford
- London
- Manchester
- Norwich
- Nottingham
- Winchester
- Wolverhampton
- York
- Athens
- Nicosia
- Dhaka
- Hong Kong
- Istanbul
- Milton Keynes
- Eindhoven
- Barcelona
- Denver
- Pensacola
- Seattle
- Hamedan
- Kerman
- Kermanshah
- Qazvin
- Shiraz
- Ahmenabad
- Bangkok
- Tokyo
- Amsterdam
- Hague
- Baltimore
- Chicago
- Las Vegas
- New Orleans
- Santiago
- Semnan



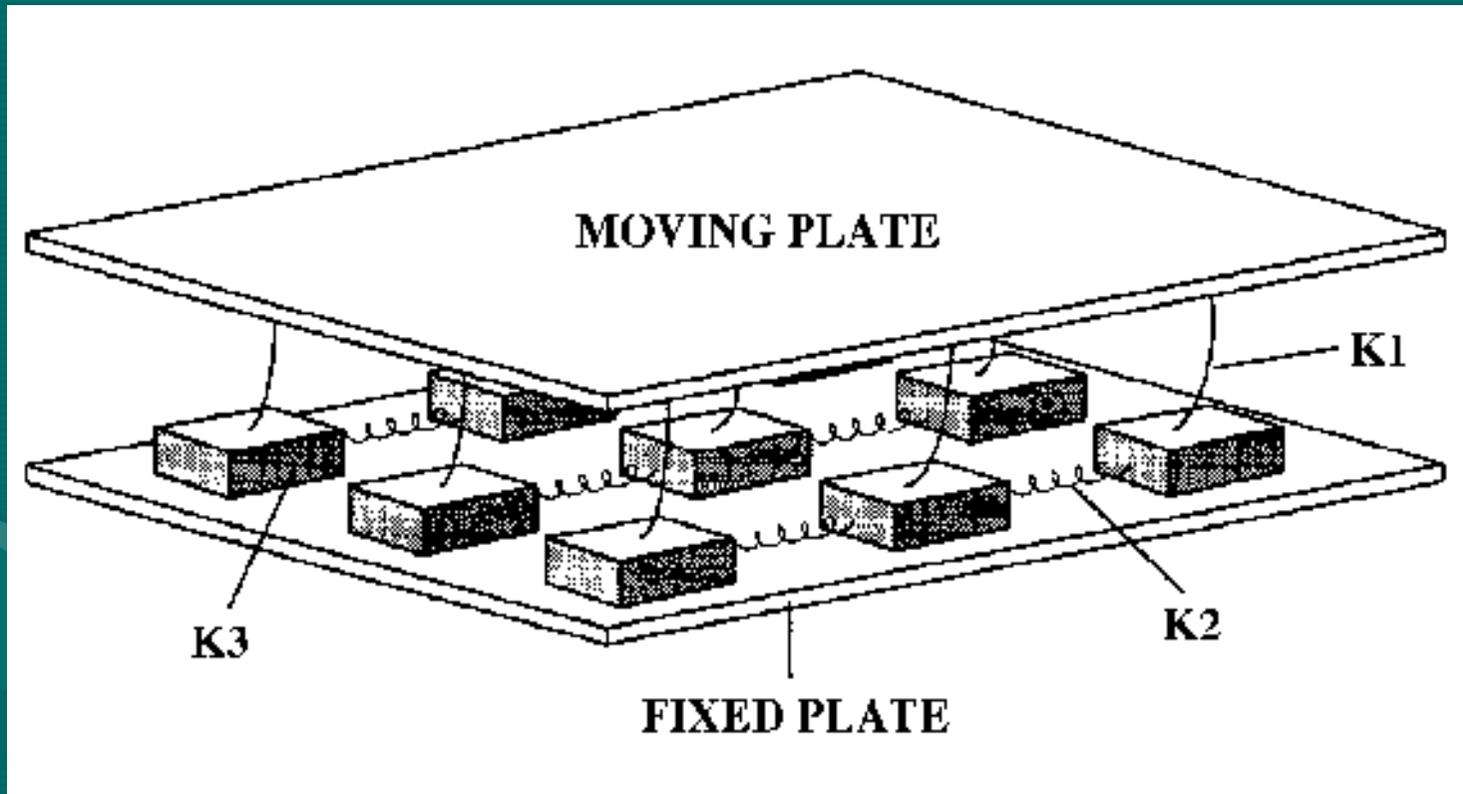
Modelos de SOC

- Pilhas de areia no computador e no laboratório



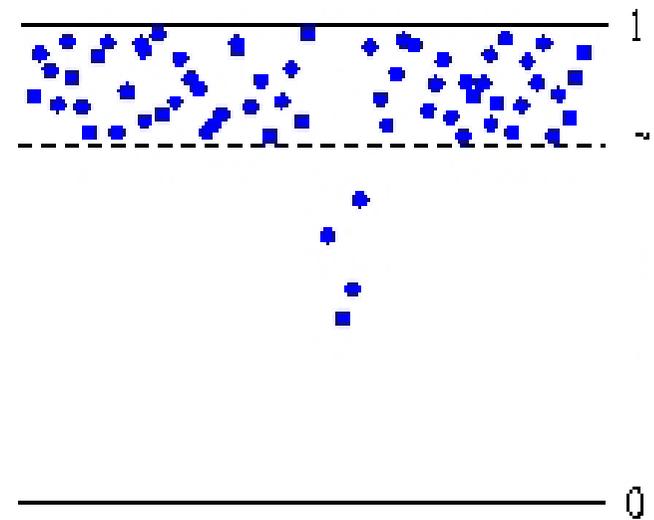
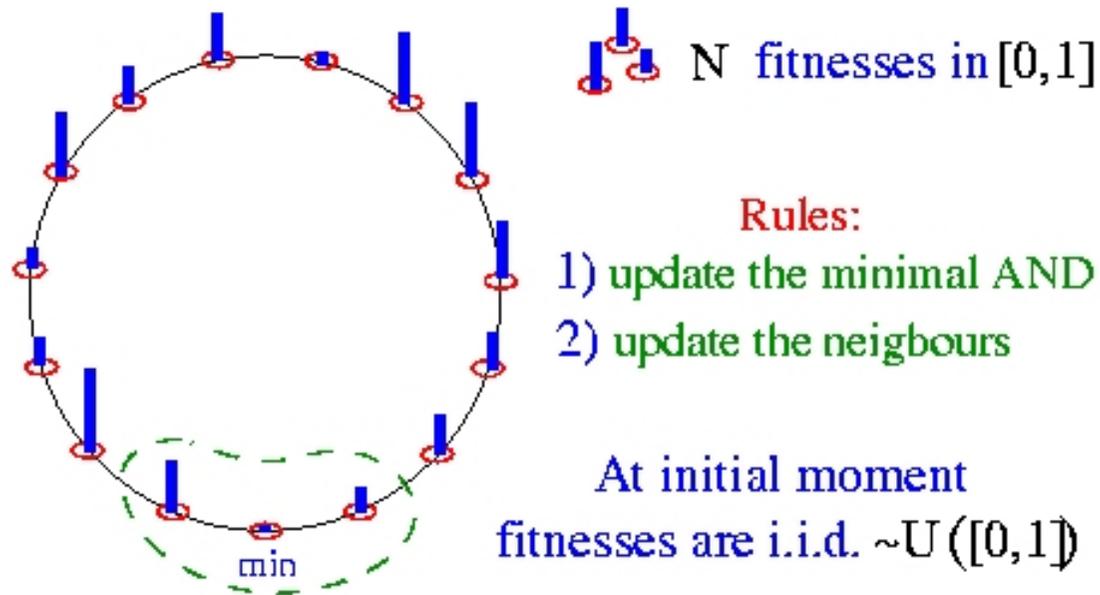
Modelos de SOC

- Fricção e molas



Um modelo matemático : Bak-Sneppen (BS)

- *Um modelo de evolução das espécies*



- Após período transitório curto, auto-organiza-se. Maioria das espécies acima de 0.667
- As avalanches seguem uma lei de potência

SOC e o espectro de Lyapunov

- *A maioria dos modelos de SOC têm :*
 - Comportamento instável da dinâmica local
 - Dinâmica extremal
- *Teorema : Se, num modelo de N agentes,*
 - *A dinâmica individual tem expoentes de Lyapunov positivos e*
 - *A dinâmica global é extremal com alcance finito*

então, no limite $N \rightarrow \infty$, o espectro de Lyapunov converge para 0^+
- No limite $T \rightarrow \infty$, usado para calcular o espectro de Lyapunov, o mapa tangente tem só blocos não triviais finitos durante um tempo médio da ordem de $(2r+1)T/N$
- Com o espectro de Lyapunov a convergir para 0^+ não há escalas dinâmicas. No limite $N \rightarrow \infty$, o sistema tem SOC

Uma versão determinista do modelo B-S

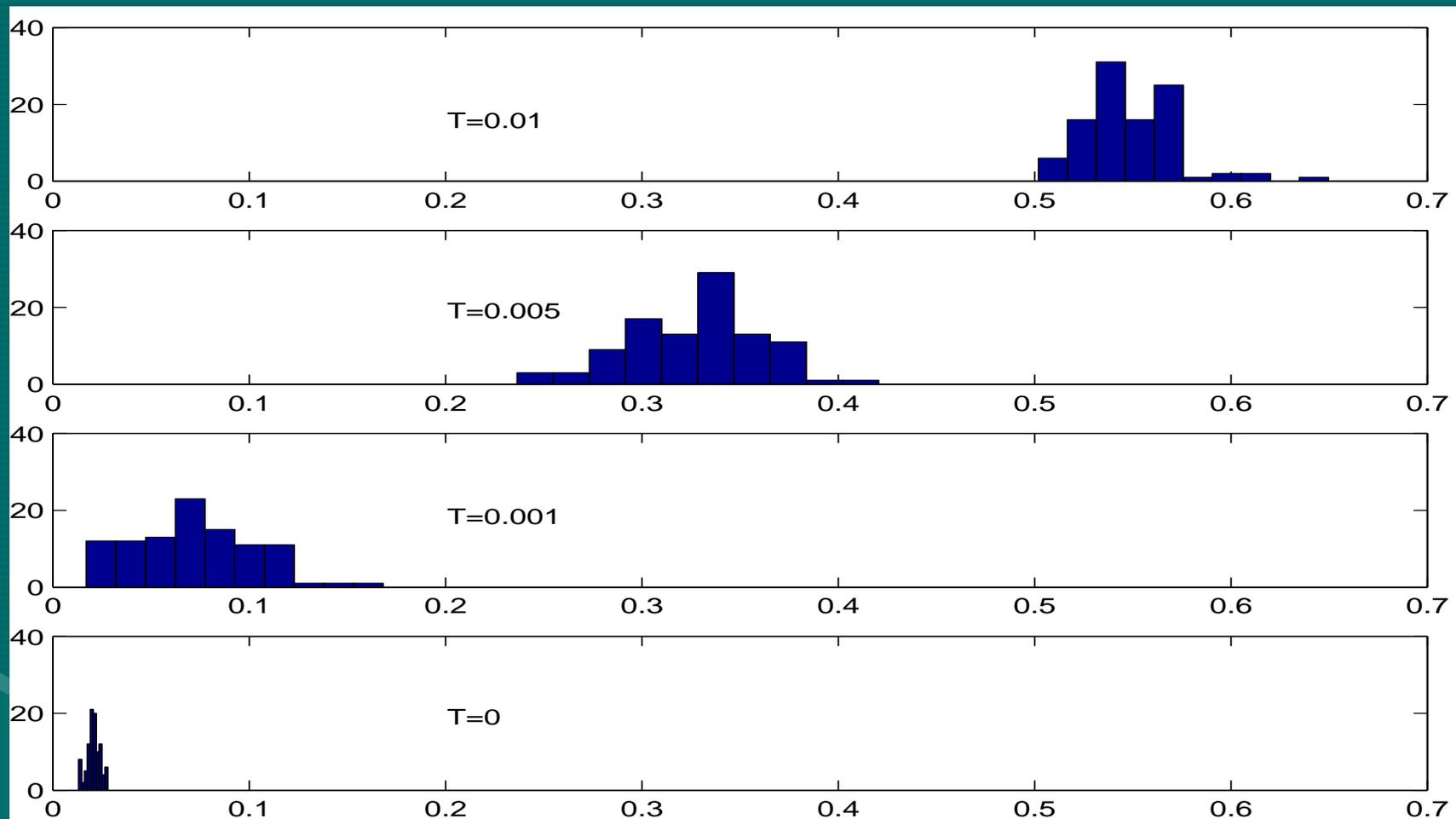
$$x_i(t+1) = \Gamma_i(\tilde{x}) x_i(t) + \left(1 - \Gamma_i(\tilde{x})\right) f(x_i(t))$$

- $\Gamma_i(\mathbf{x})$ é uma função que é aproximadamente 0 se i corresponder ao menor valor de \mathbf{x} ou a um dos seus $2n+1$ vizinhos e é aproximadamente 1 no caso contrário

$$\Gamma_i^{(2)}(\tilde{x}) = \prod_{j=i-n_V}^{j=i+n_V} \left(1 - \frac{e^{-x_i/T}}{\sum_{j=1}^N e^{-x_j/T}}\right)$$

- No limite $T \rightarrow 0$ é o modelo B-S

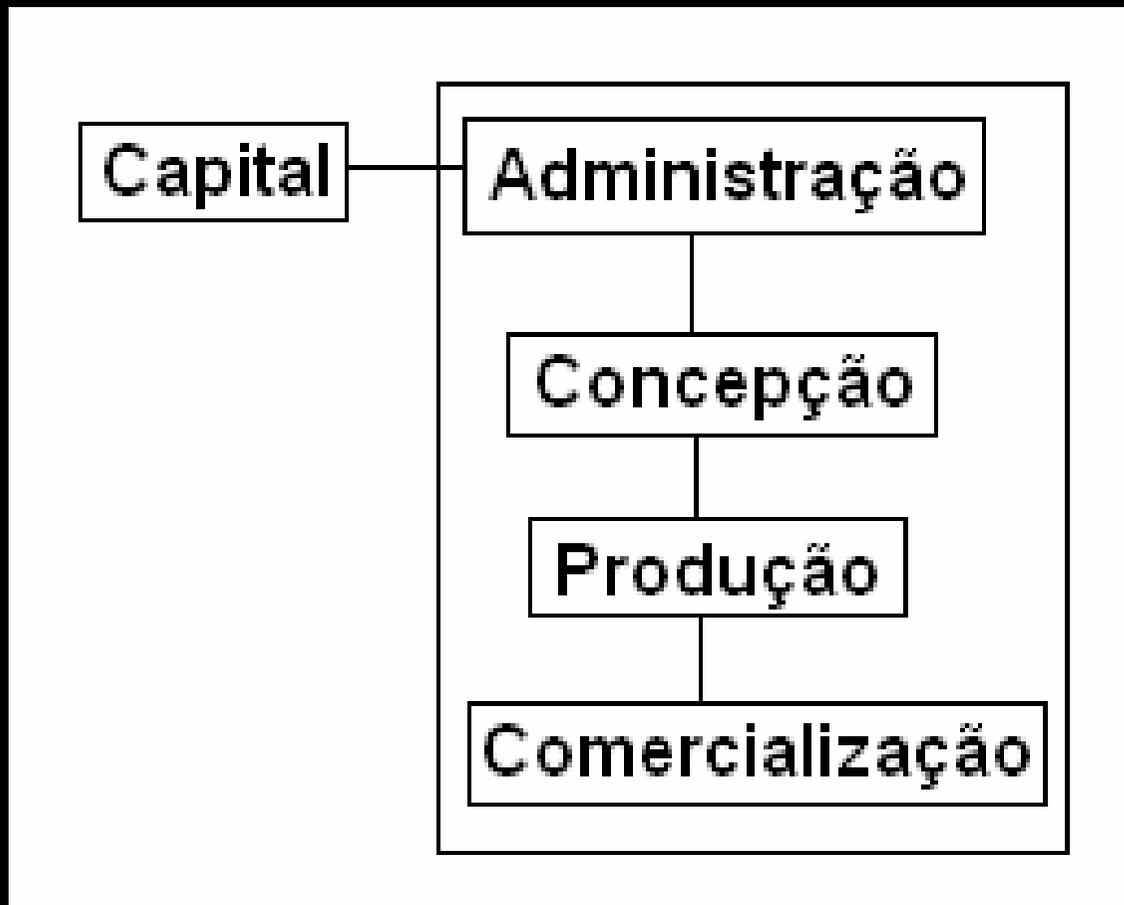
Uma versão determinista do modelo B-S



- Confirmação de que a ausência de leis de potência para T diferente de zero está relacionada com o espectro de Lyapunov

4. Uma ruptura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- A estrutura da empresa na sociedade industrial



4. Uma ruptura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- *Empresa da sociedade industrial*

- **Objectivo: Rendimento (R) máximo estável**

M = Vendas – Custos

C = Capital

$$R = \frac{M}{C}$$

- **Estabilidade → Diversificação de produtos**

- **Política da empresa definida principalmente por gestores profissionais da administração**

- **Objectivo dos gestores: Máximo rendimento estável para maior salário**

- **Política moderada de corte de custos para evitar instabilidade laboral que afecta a produção**

- **Fidelização de assalariados por entrega de acções e garantia de emprego**

-

4. Uma rotura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- *Empresa da sociedade industrial*
- Objectivo: Rendimento (R) máximo estável
M = Vendas – Custos
C = Capital

$$R = \frac{M}{C}$$

- Estabilidade → Diversificação de produtos
- Política da empresa definida principalmente por gestores profissionais da administração
- Objectivo dos gestores: Máximo rendimento estável para maior salário
- Política moderada de corte de custos para evitar instabilidade laboral que afecta a produção
- Fidelização de assalariados por entrega de acções e garantia de emprego

$$\frac{dR}{dM} = \frac{1}{C}$$

4. Uma ruptura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- *A empresa da sociedade pós-industrial*

$$R^* = \frac{M + \Delta C(R^*)}{C + \Delta C(R^*)}$$

- $\Delta C(R^*)$ = valorização na bolsa

4. Uma rotura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- *A empresa da sociedade pós-industrial*

$$R^* = \frac{M + \Delta C(R^*)}{C + \Delta C(R^*)}$$

- $\Delta C(R^*)$ = valorização na bolsa

- Seja $\Delta C(R^*) \approx kR^*$

- $$R^* = \frac{1}{2k} \left\{ k - C + \sqrt{(C - k)^2 + 4kM} \right\}$$

4. Uma rotura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- *A empresa da sociedade pós-industrial*

$$R^* = \frac{M + \Delta C(R^*)}{C + \Delta C(R^*)}$$

- $\Delta C(R^*)$ = valorização na bolsa

- Seja $\Delta C(R^*) \approx kR^*$

- $$R^* = \frac{1}{2k} \left\{ k - C + \sqrt{(C - k)^2 + 4kM} \right\}$$

- Então $\frac{dR^*}{dM} = \frac{1}{\sqrt{(C-k)^2 + 4Mk}} > \frac{dR}{dM} = \frac{1}{C}$ se $C - 2M > \frac{k}{2}$

- Portanto a redução de M torna-se ainda mais apetecível

4. Uma ruptura: A desagregação vertical na sociedade pós-industrial

- **Redução de M → Redução de custos → Deslocalização da produção e quando possível da concepção do produto também**
- **Esta estratégia só se torna viável se grandes sectores unificados de capital possam ser determinantes na política da empresa**
- **O papel dos fundos de investimento**
- **Estabilidade do rendimento não é tão importante como antes porque a diversificação é feita em bolsa, permitindo que as empresas se especializem nos seus melhores sectores**
- **Por outro lado, para um grupo de vocação bolsista (e numa perspectiva de venda da empresa a curto prazo), M pode só ser importante pelo seu efeito em ΔC**
- **Em princípio esta estratégia seria desfavorável aos gestores pela consequente instabilidade de rendimento salarial se indexado a M e pela instabilidade do emprego numa política de redução de custos**
- **Como se consegue a cumplicidade dos gestores ?**
Stock options

Referências adicionais

- ***“The human animal”*** Desmond Morris
- ***“Tools for network dynamics”***, Int. J. Bifurc. and Chaos 15 (2005) 1185-1213
- ***“Deterministic Bak-Sneppen model. Lyapunov spectrum and avalanches as return times”***, Physica D 214 (2006) 182-186
- ***“Trois leçons sur la société post-industrielle”***, Daniel Cohen

- E para quem teve a paciência de me ouvir eu termino com uma colecção de símbolos

شكرا

고맙습니다

Спасибо

धन् यवा द

ευχαριστώ

תודה