

Sistemas complexos:

como esta abordagem teórica pode ser usada para analisar dados quantitativos de algumas peculiaridades da vida e da cultura da Bahia

Roberto Fernandes Silva Andrade

IFUFBa

TÓPICOS

- Uma questão de modismo (?)
- Conceituação de sistemas complexos
- Reduccionismo lida com sistemas complexos?
- Paradigma da complexidade
- Medidas de complexidade
- Alguns resultados do nosso grupo
- Sistemas complexos que podemos estudar – motivações locais

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)

- Criação recente na ciência das últimas duas décadas
- Diversas instituições em diversos países

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)

Video: From democratic consensus to cannibalistic hordes | Santa Fe Institute

ABOUT RESEARCH EDUCATION EVENTS BUSINESS NETWORK SUPPORT SFI OMIDYAR FELLOWSHIP

Home > News > Video: From democratic consensus to cannibalistic hordes



Video: From democratic consensus to cannibalistic hordes

July 5, 2011 2:24 p.m.

[SFI News Release](#)

In an SFI Community Lecture June 29 in Santa Fe titled "From democratic consensus to cannibalistic hordes: The principles of collective animal behavior," Iain Couzin, assistant professor of ecology and evolutionary biology at Princeton University, described how individual behavior produces group dynamics.

Watch the lecture (72 minutes)

Collective organization is everywhere, both around us and within us. In the brain, millions of interconnected cells produce coordinated action, and thought, through chemical and electrical signals. Hundreds of thousands of blind army ants coordinate a massive raid across the rainforest floor. A fish school convulses, as if it is a single entity, when attacked by a predator.

How can animal groups move in unison? Do they function as a "collective mind"?

From locust swarms to bird flocks, from cells to human societies, Couzin described how, and why, individual behavior produces group dynamics.

Generous support for this lecture was provided by Los Alamos National Bank, and by the Allene and Jerome Lapides Foundation in honor of the Santa Fe Animal Shelter.

Watch the lecture (72 minutes)

Filed in: [SFI News Release](#)

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

A red rectangular banner with a white, glowing network pattern in the background. The text is in a bold, white, sans-serif font.

**COPING WITH CRISES
IN COMPLEX SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS**

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



1

■ PRESENTATION AND RESEARCH LINES

IFISC (Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems) is a joint research Institute of the [University of the Balearic Islands \(UIB\)](#) and the [Spanish National Research Council \(CSIC\)](#) created in 2007 building upon the former Cross-Disciplinary Physics Department of IMEDEA (Mediterranean Institute for Advanced Studies) dating from 1995. Its creation foresees that important avenues of scientific

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



POLITÉCNICA
Ingeniamos el futuro

Universidad Politécnica de Madrid

OBSERVATORIO I+D+i UPM

[← Volver atrás](#)

Estructuras de investigación UPM

- Investigadores
- Grupos de Investigación
- Departamentos
- Centros I+D+i e Institutos de investigación
- Lista de Centros UPM
- Cátedras Universidad-Empresa

Propiedad Intelectual:

- Patentes
- Software

Memorias de Inv:

- Lista de Memorias
- Buscador de Actividades

Grupo de Investigación

Grupo de Sistemas Complejos

Investigador Responsable:	ROSA MARIA BENITO ZAFRILLA
Centro UPM:	E.T.S. DE INGENIEROS AGRONOMOS
Otros Centros implicados:	- E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES. - E.U. ARQUITECTURA TECNICA. - E.U. DE ING. TECNICA AGRICOLA. - E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS.
Web:	
E-mail:	gi.gsc@upm.es
Teléfono:	91 336 56 46
Fax:	

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



Institute for Complex Systems and Mathematical Biology (ICSMB)

"To understand biology at the system level, we must examine the structure and dynamics of cellular and organismal function, rather than the characteristics of isolated parts of a cell or organism."

Hiroaki Kitano

UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)



UMA QUESTÃO DE MODISMO(?)

- Criação recente na ciência das últimas duas décadas
- Diversas instituições em diversos países
- Diversos temas interdisciplinares
- Cientistas de diversas formações, preponderância de físicos (?)

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS

- Sistema cujo comportamento temporal e espacial, embora determinístico, adquire padrões inusitados (não facilmente previsíveis)
- Sistema cujo comportamento temporal e espacial é bastante complicado e requer uma descrição aleatória, mas existe correlação entre as diferentes partes do sistema ou entre diferentes instantes de tempo
- Conceituação remete a “determinismo” $\Rightarrow$ mecanicismo $\Rightarrow$ leis da física $\Rightarrow$ Newton $\Rightarrow$ Galileu $\Rightarrow$...
- Conceituação remete a “aleatório” $\Rightarrow$ probabilidade $\Rightarrow$ Gauss $\Rightarrow$ Laplace $\Rightarrow$ Pascal
- Conceituação remete a “processos com correlação” $\Rightarrow$ distribuições não-Gaussianas $\Rightarrow$ Levy $\Rightarrow$ Mandelbrot $\Rightarrow$...

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS

- Sistema cujo comportamento temporal e espacial, embora determinístico, adquire padrões inusitados (não facilmente previsíveis)
- Sistema cujo comportamento temporal e espacial é bastante complicado e requer uma descrição aleatória, mas existe **correlação** entre as diferentes partes do sistema ou entre diferentes instantes de tempo
- Conceituação remete a “determinismo” $\Rightarrow$ mecanismos – leis da física
Newton $\Rightarrow$ Galileu $\Rightarrow$...
- Conceituação remete a “aleatório” $\Rightarrow$ probabilidade $\Rightarrow$ Gauss $\Rightarrow$ Laplace $\Rightarrow$ Pascal
- Conceituação remete a “processos com correlação” $\Rightarrow$ distribuições não Gaussianas $\Rightarrow$ Lévy $\Rightarrow$ Mandelbrot $\Rightarrow$...

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS

- Sistema cujo comportamento temporal e espacial, embora determinístico, adquire padrões inusitados (não facilmente previsíveis)
- Sistema cujo comportamento temporal e espacial é bastante complicado e requer uma descrição aleatória, mas existe **correlação** entre as diferentes partes do sistema ou entre diferentes instantes de tempo
- Conceituação remete a “determinismo” $\Rightarrow$ mecanicismo $\Rightarrow$ leis da física $\Rightarrow$ Newton $\Rightarrow$ Galileu $\Rightarrow$...
- Conceituação remete a “aleatório” $\Rightarrow$ probabilidade $\Rightarrow$ Gauss $\Rightarrow$ Laplace $\Rightarrow$ Pascal
- Conceituação remete a “processos com correlação” $\Rightarrow$ distribuições não Gaussianas $\Rightarrow$ Lévy $\Rightarrow$ Mandelbrot $\Rightarrow$...

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS

- Galileu:
 - ◆ Observação experimental tem primazia sobre especulação filosófica
 - ◆ Matemática é a linguagem da natureza
- Newton:
 - ◆ Determinismo expresso pelo cálculo $\Rightarrow$ relações estritas de causa e efeito
- Pascal, Laplace , Gauss:
 - ◆ Probabilidade de eventos **não** correlacionados $\Rightarrow$ curva normal $\Rightarrow$ lei dos grandes números

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS

- Galileu:

- ◆ Observação experimental tem primazia sobre especulação filosófica
- ◆ Matemática é a linguagem da natureza

- Lorenz:

- ◆ Determinismo expresso por relações de causa e efeito mas com forte sensibilidade com relação às condições iniciais

- Lévy, Mandelbrot, Hurst,...:

- ◆ Probabilidade de eventos correlacionados $\Rightarrow$ distribuições não Gaussianas $\Rightarrow$ caudas largas (fat tails) $\Rightarrow$ persistência $\Rightarrow$ ruído $1/f \Rightarrow \dots$

REDUCCIONISMO LIDA COM SISTEMAS COMPLEXOS?

- Leis da física
- Equações relacionando causa e efeito:
 - ◆ Caráter universal, válido em quais quer situações
 - ◆ Leis de Newton, leis da termodinâmica, eletrodinâmica
- Equações fenomenológicas
 - ◆ Leis obtidas diretamente de um experimento específico, validade restrita
 - ◆ Lei dos gases ideais, lei de Curie para magnetismo,

REDUCCIONISMO LIDA COM SISTEMAS COMPLEXOS?

- Reduccionismo
- Estudar sistema através das propriedades de suas partes
 - ◆ Propriedades das partes são mais simples
 - ◆ Desmontar para depois remontar
- Exemplos
 - ◆ Movimento dos planetas
 - ◆ Eletromagnetismo
 - ◆ Teoria atômica

REDUCCIONISMO LIDA COM SISTEMAS COMPLEXOS?

- Reduccionismo
- Sucesso:
 - ◆ Linearidade
 - ◆ Simetria de inversão temporal
- Problemas
 - ◆ Simplificação excessiva não leva em conta efeitos pequenos mas relevantes a longo prazo: sistema sol + terra + lua
 - ◆ Problema da estabilidade do sistema solar: Poincaré

REDUCCIONISMO LIDA COM SISTEMAS COMPLEXOS?

- Reduccionismo
- Contraposição ao holismo
 - ◆ Propriedades das partes não explicam o todo
 - ◆ Falta de um esquema factível para implementar abordagem holística
- Experiências holísticas
 - ◆ Termodinâmica x Mecânica Estatística

PARADIGMA DA COMPLEXIDADE

- Algumas reflexões (Baranger - Chaos, Complexity, and Entropy: A physics talk for non-physicists)
- Da física teórica do século XX saiu a revolução relativista e a revolução da mecânica quântica. Era tudo sobre simplicidade e continuidade (apesar de saltos quânticos). Sua principal ferramenta foi cálculo. Sua expressão final foi a teoria de campo.
- Da física teórica do XXI século está saindo a revolução do caos e da complexidade. Sua principal ferramenta será o computador. Sua expressão final continua a ser encontrado. A termodinâmica, como uma parte essencial da física teórica, vai participar nesta transformação
- A Teoria da complexidade evolui da Teoria Geral dos Sistemas, que emergiu no início dos anos 1950.

PARADIGMA DA COMPLEXIDADE

- Atualmente, a abordagem sistêmica está sendo atualizada à luz dos recentes desenvolvimentos conceituais e metodológicos em praticamente todos os campos do conhecimento.
- Teoria dos Sistemas foi concebido em oposição ao reducionismo cartesiano (paradigma de simplicidade) que, em muitas disciplinas científicas, tecnológica e da política, esgotou sua capacidade de apreender complexas realidades concretas de natureza, história e cultura humana.
- Pensadores e cientistas de diversas origens propuseram formas alternativas para superar as fragilidades do reducionismo, entre eles:
- Norbert Wiener, Ludwig von Bertalanffy, Ilya Prigogine, René Thom, Ken Boulding, Humberto Maturana, Herbert Simon, Henri Atlan, Edward Lorenz, Edgar Morin

PARADIGMA DA COMPLEXIDADE

- "Complexidade" se tornou um termo amplamente utilizado em grande número de ramos do conhecimento humano.
- Vários significados diferentes são atribuídos bem como várias metodologias são propostas para abordar complexidade.
- Conceitos variam desde atributos subjetivos e valores sociais da complexidade humana até restrições matemáticas mais precisas como não-linearidade, inter-conectividade e assimetria.
- Conceitos partem de construções ideológicas (como as noções de holismo e sinergia) para elementos estruturais tais como: sistema, hierarquia, rede, etc.
- Apesar da riqueza conceptual, tecnicamente o paradigma da complexidade está centrada nos seguintes conceitos:
 - ◆ não-linearidade e caos, sistemas dinâmicos, emergência, fractalidade e redes

MEDIDAS DE COMPLEXIDADE

- O instrumento matemático de cada revolução científica foi construído ou aperfeiçoado “pari passu” com conceitos e necessidades específicas
 - ◆ Mecânica newtoniana $\Rightarrow$ cálculo diferencial e integral
 - ◆ Eletromagnetismo $\Rightarrow$ cálculo vetorial, tensores
 - ◆ Mecânica quântica $\Rightarrow$ operadores, espaço de funções,
 - ◆ Relatividade $\Rightarrow$ geometria não euclidiana, tensores,
- O estudo de sistemas complexos encontra mesmo desafio. Questões adicionais
 - ◆ Multiplicidade de conceitos e sistemas complexos
 - ◆ Tipo de informação que pode ser extraída dos dados e modelos
 - ◆ Medidas específicas para cada tipo de informação

MEDIDAS DE COMPLEXIDADE

- Desde a década de 1970 diversas abordagens, com suas respectivas técnicas, foram introduzidas para estudo de sistemas complexos
 - ◆ Estruturas dissipativas
 - ◆ Geometria fractal e multifractal
 - ◆ Conceito de invariância de escala
 - ◆ Análise de escala de tamanho finito
 - ◆ Não linearidade e caos
 - ◆ Análise de séries correlacionadas, estacionárias e não estacionárias
 - ◆ Redes
 - ◆ Criticalidade auto organizada
 - ◆ Autômatos celulares e agentes autônomos
 - ◆ Não extensividade

MEDIDAS DE COMPLEXIDADE

- A onipresença de computadores e permite investigação numérica baseada em algoritmos específicos
- Problemas matemáticos ligados a computabilidade de soluções de problemas
 - ◆ Sensibilidade às condições iniciais e estabilidade de soluções
 - ◆ Compressibilidade algoritma
 - ◆ Computabilidade matemática em tempo polinomial ou não polinomial ($P \times NP$)
 - ◆ Algoritmos para computação quântica

ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC

- ◆ Ernesto Pinheiro Borges
- ◆ José Garcia Vivas Miranda
- ◆ Roberto Fernandes Silva Andrade
- ◆ Suani Tavares Rubim de Pinho
- ◆ Thierry Petit Lobão

ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Diferentes tópicos vem sendo investigados há muito tempo
- Arqueologia

The screenshot shows the homepage of the Brazilian Journal of Physics. The left sidebar contains a navigation menu with the following items: HOME, EDITORIAL BOARD, ISSUES, OLD ISSUES (1 - 25), SUBSCRIPTION, INSTRUCTIONS FOR AUTHORS, ONLINE SUBMISSION, SPONSORS, and CONTACT INFO. Three red arrows point from the text in the list to the corresponding links in the sidebar: the first arrow points to EDITORIAL BOARD, the second to CONTACT INFO, and the third to SUBSCRIPTION. The main content area features the journal's logo, ISSN 0103-9733, and search options. Below this, it displays 'Volume 24 (1994) - nº 4' and lists articles under the heading 'Regular Articles'. The articles listed are: 'High Temperature Dynamics of the Linear Chain Spin-One Model in a Transverse Field' (Barreto, F. C. Sá), 'Thermodynamic Behavior of Polymers on the Anisotropic Husimi Lattice' (Machado, Kleber Daum; Stielck, Jürgen F.), 'On the SU(2) Skyrme Model with the Pion Mass Term' (Mignaco, Juan A.; Wulck, Stenio), 'Path Integral over Velocities for Relativistic Particle Propagator' (Gitman, D. M.; Sivartsman, Sh. M.; Cruz, W. da), 'Evolution' (Jan, Naem), 'Two-Dimensional Pattern Formation in C O Oxidation on Pt(100)' (Lima, D.; Andrade, R. F. S.), 'Complexity, Dissipation, Order Out of Chaos and Chaos Out of Order' (Luzzi, Roberto; Vasconcellos, Aurea Rosas), 'Monte Carlo Simulation for Biological Aging' (Stauffer, Dietrich), 'Spin Glass: An Unfinished Story' (Almeida, J. R. L. de; Coutinho, S.), 'Complexity and Extremal Dynamics' (Bak, Per; Paczuski, Maya; Maslov, Sergei), 'Granular Media Lattice Gas' (Kertész, Janos; Károlyi, Antal), and 'A View On Chaotic Dynamical Systems' (Palis, J.). Below these, there is a section for 'Computer simulations in Physics: Electron Structure of Matter' with one article: 'First-Principles Molecular Dynamics' (Mohallem, José R.; Vianna, Reinaldo O.; Chacham, Hélio).

ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ Clima, petróleo, epidemias, biologia, economia

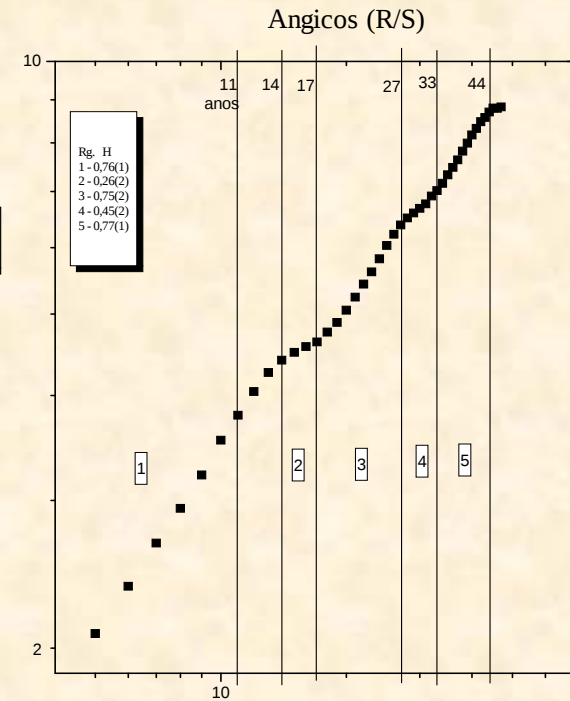
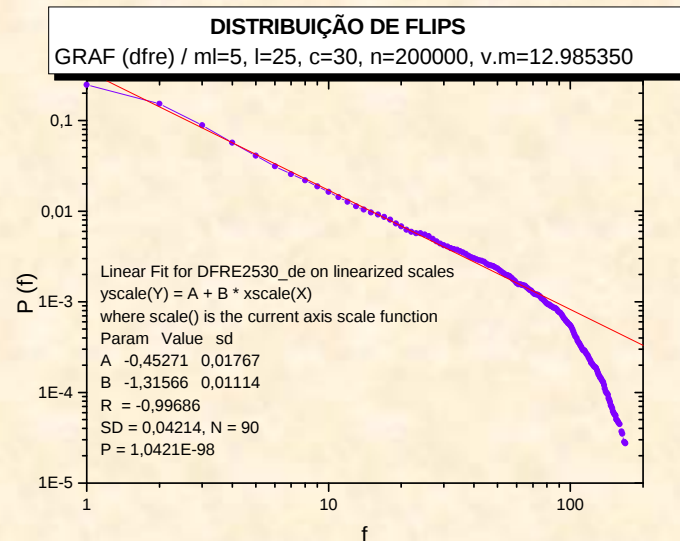
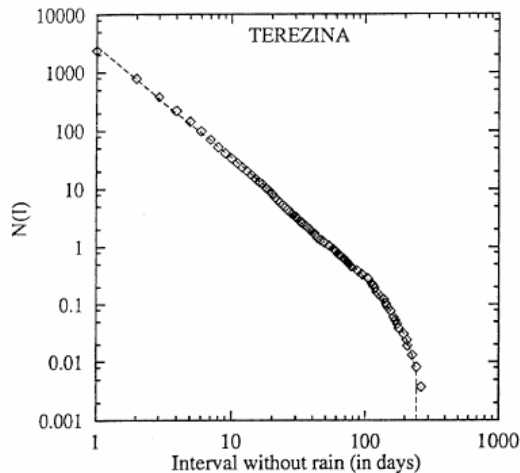
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC

- Investigação de sistemas complexos em áreas como:

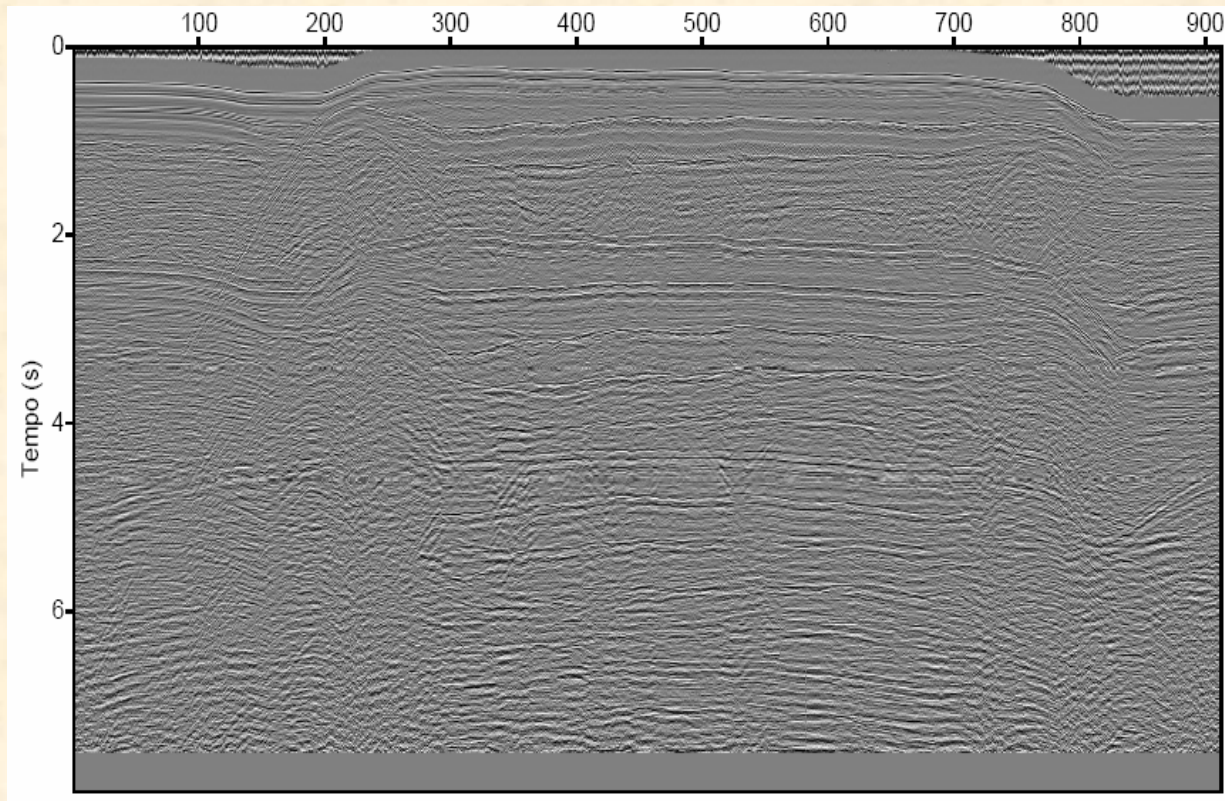
- ◆ Clima

R.F.S. Andrade et al. / *Physica A* 254 (1998) 557–568



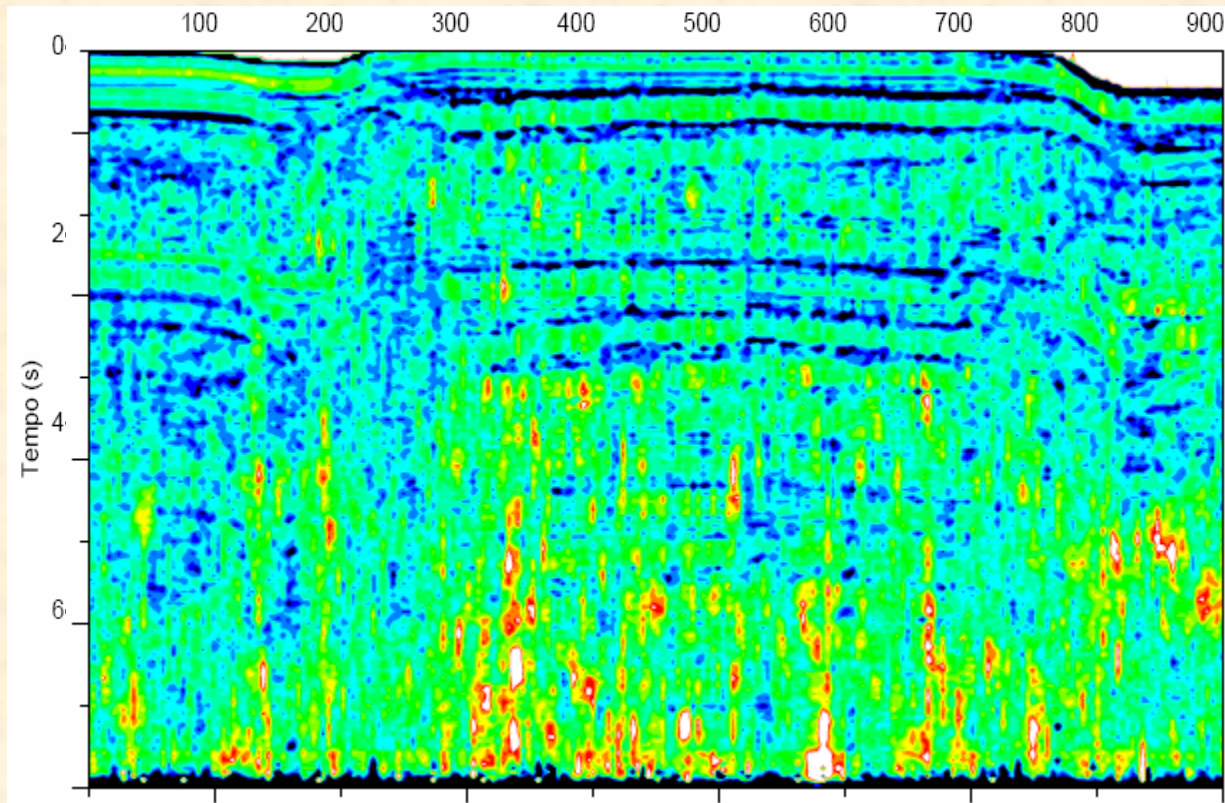
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ Clima, petróleo, epidemias, biologia, economia



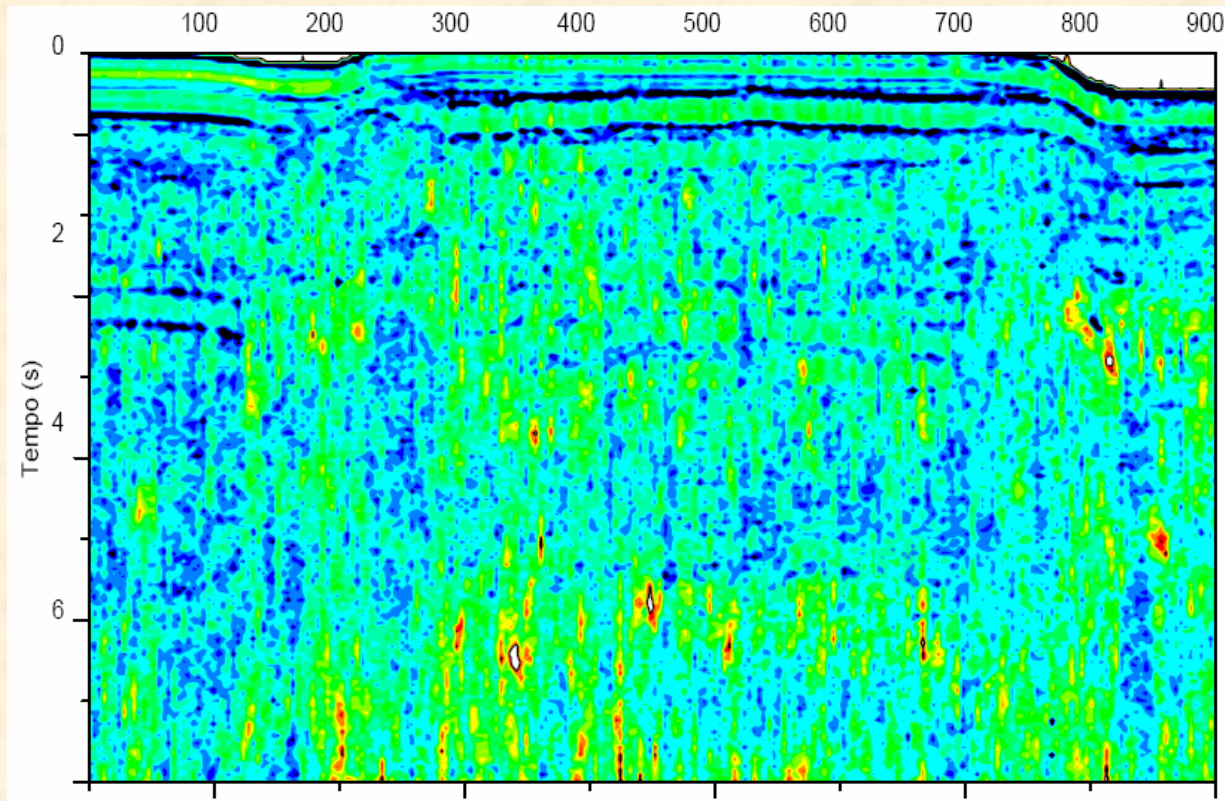
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ **petróleo**



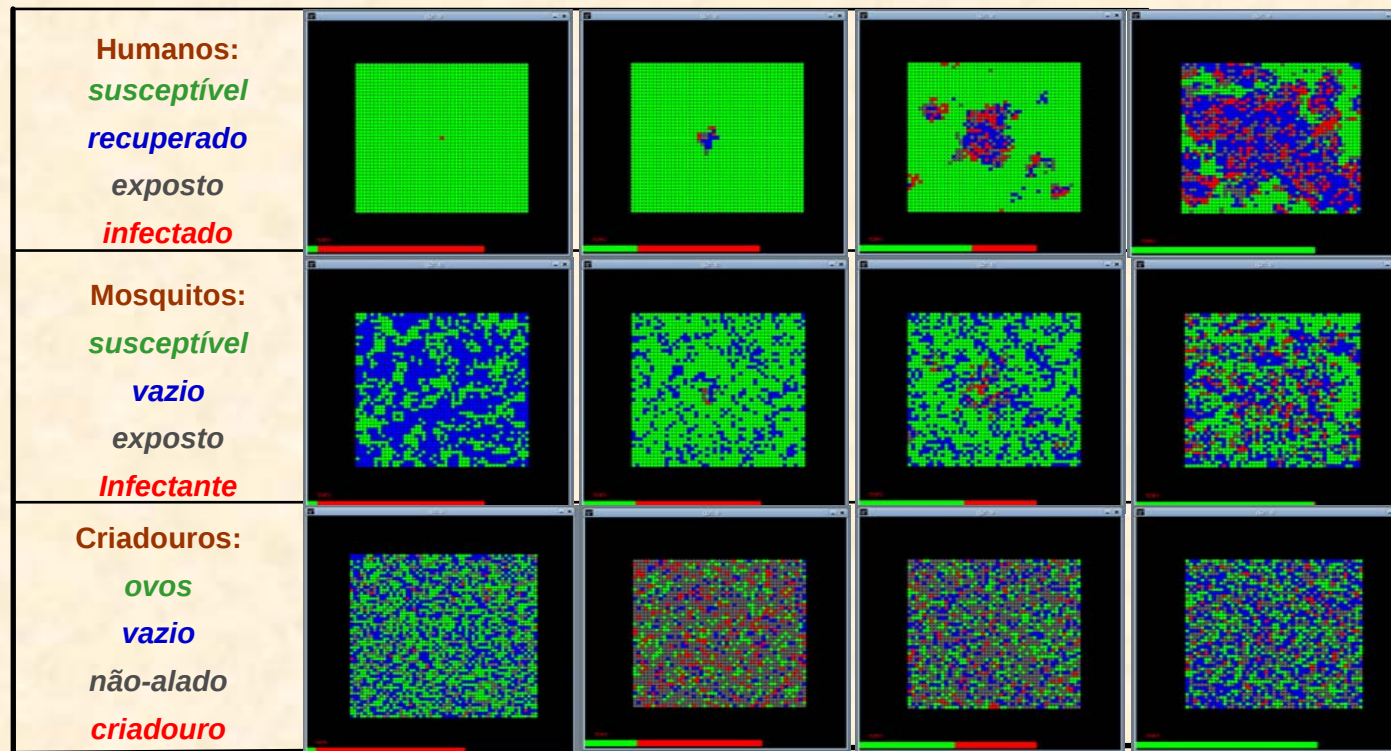
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ **petróleo**



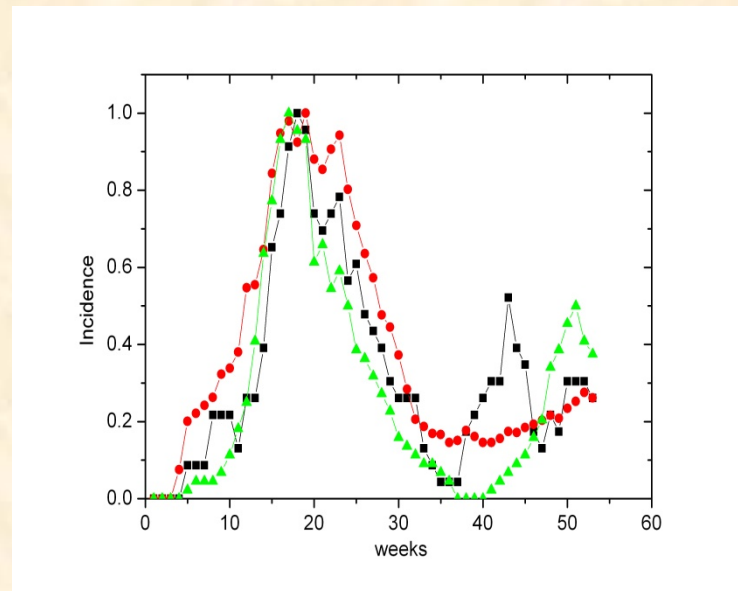
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ *Clima, petróleo, epidemias, biologia, economia*



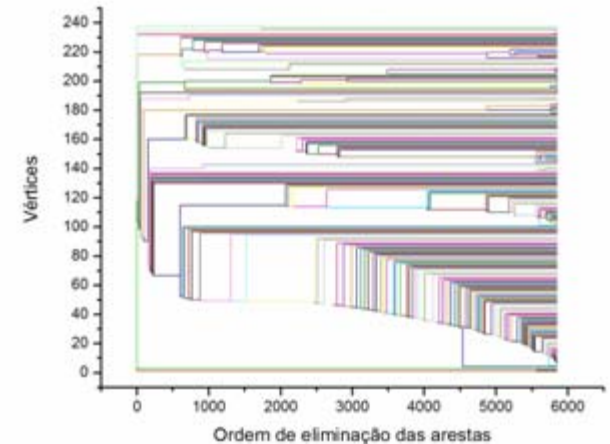
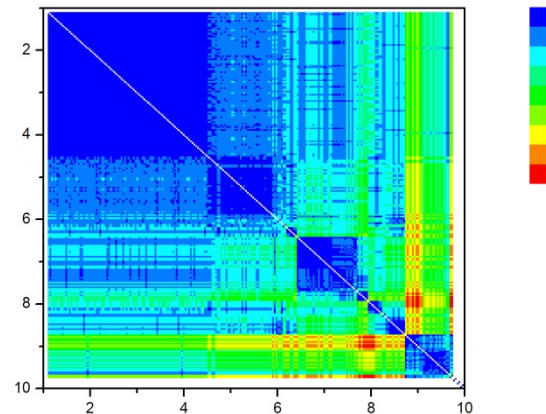
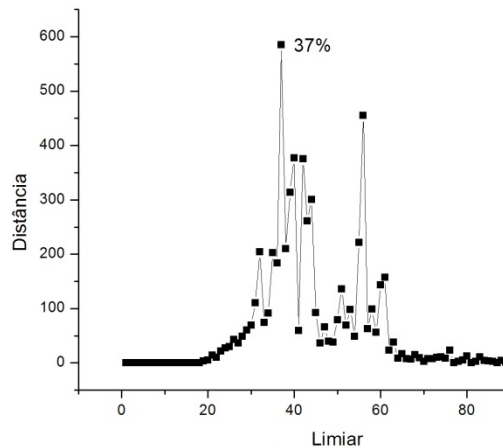
ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ Clima, petróleo, epidemias, biologia, economia



ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ *Clima* *petróleo* *epidemias* *biologia* *economia*

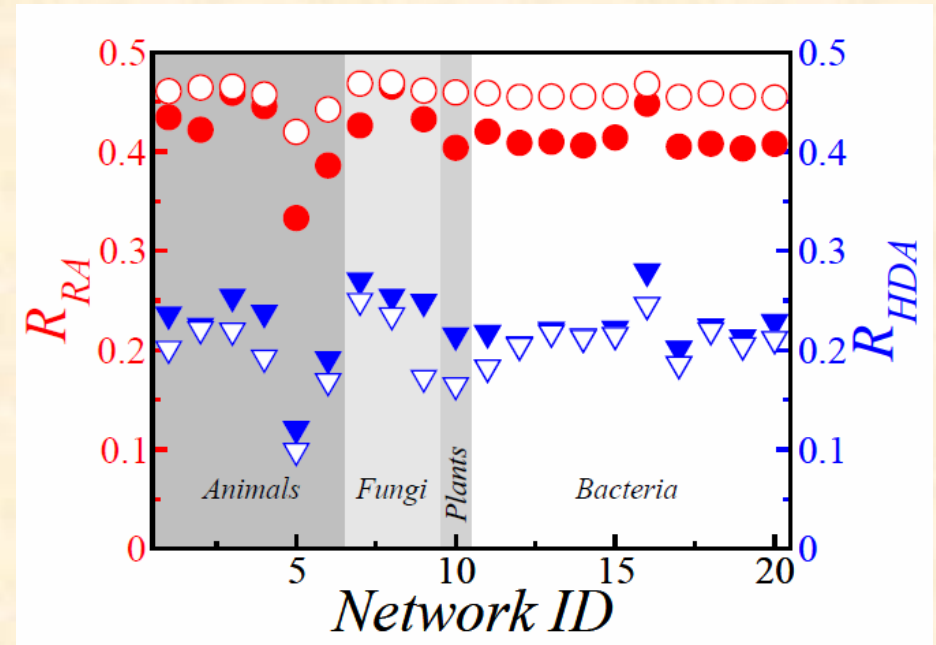
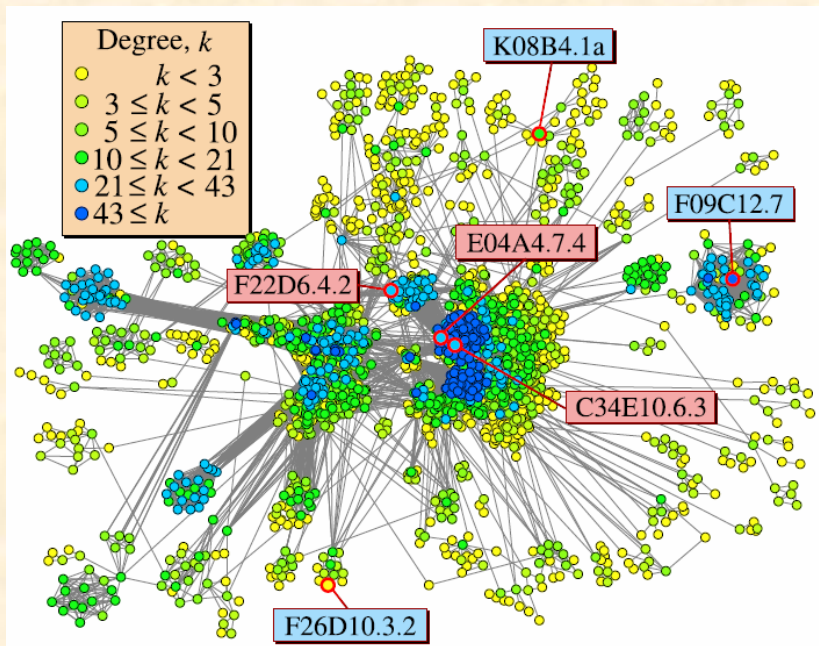


ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC

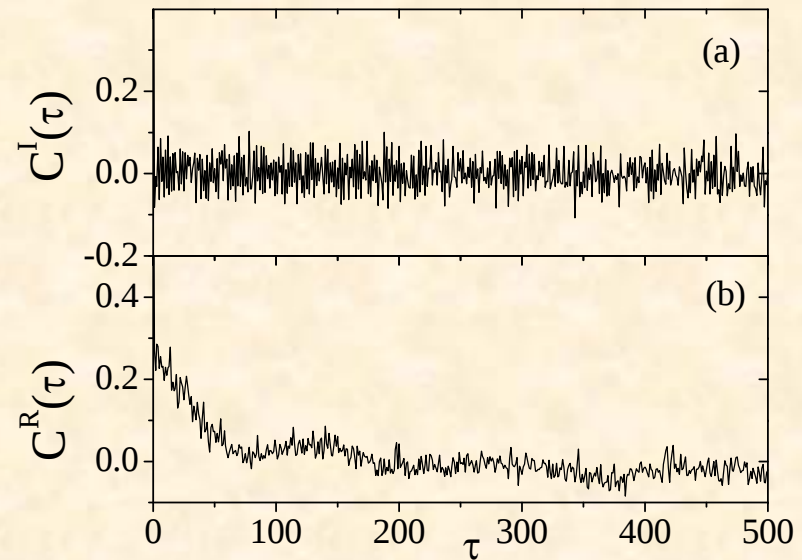
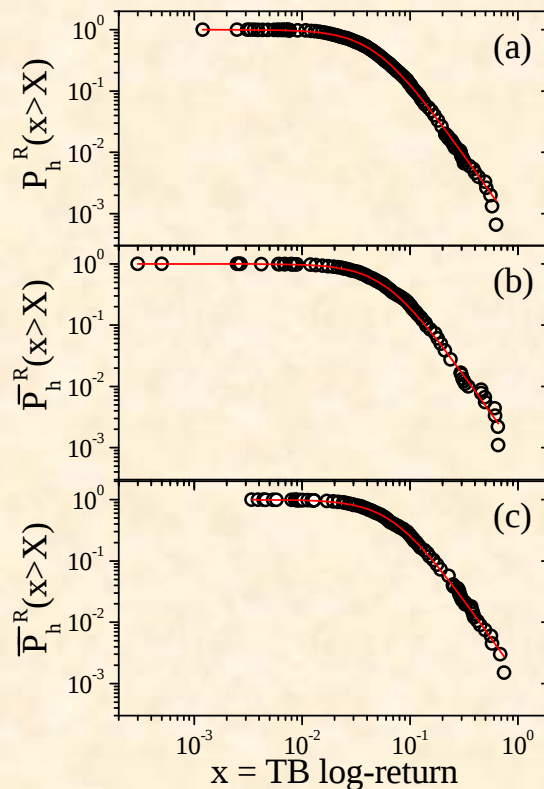
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:

- ◆ *Clima* *petróleo* *epidemiologia* *biologia* *economia*



ALGUNS RESULTADOS DO NOSSO GRUPO

- FESC
- Investigação de sistemas complexos em áreas como:
 - ◆ *Clima, petróleo, epidemias, biologia, economia*



SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

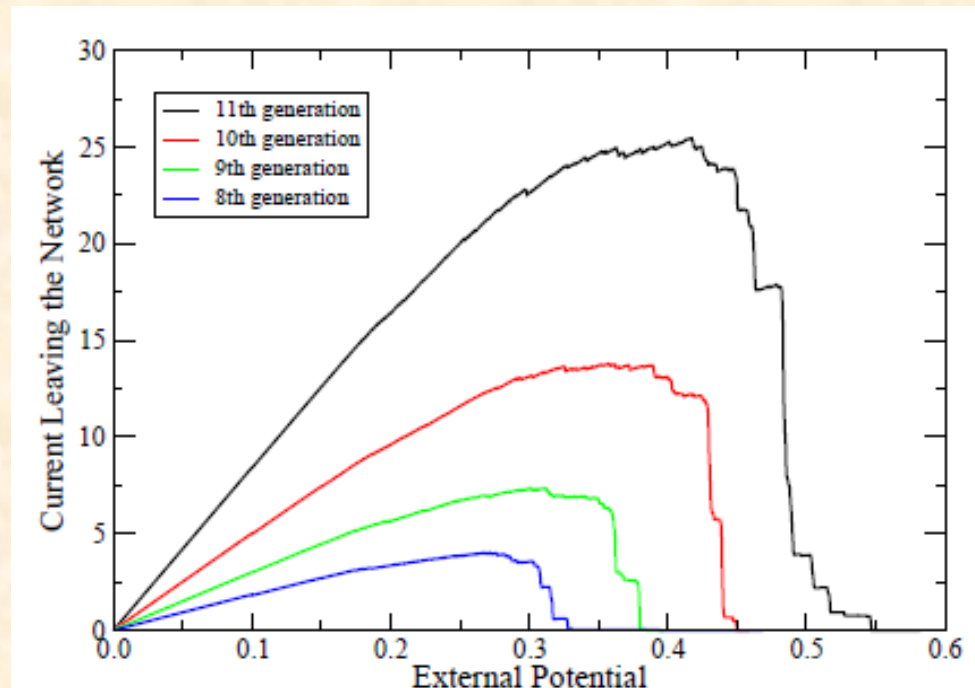
- Como discutido, sistemas complexos são onipresentes
- Motivação: discutir problemas que afetam nossa vida diretamente, e que podem não são primeiramente percebidos como questões acadêmicas
- Tráfego de veículos
 - ◆ Por que não na Avenida Paralela ?
- Movimentação de pessoas
 - ◆ Por que não durante o carnaval ?
- Bolsa de valores
 - ◆ Por que não o preço de ingressos pra shows e futebol na mão de cambistas ?
- Única exigência: precisão das medidas que serão analisadas

SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Tráfego de veículos
- Básico
 - ◆ Fluxo de veículos em uma via
 - ◆ Velocidade média dos veículos
 - ◆ Densidade de veículos
 - ◆ Grandezas não independentes
- Movimentação de veículos
 - ◆ Fluxo – corrente elétrica
 - ◆ Densidade de veículos a entrar na via – Diferença de potencia
 - ◆ Condutância = $1 / \text{Resistência}$
 - ◆ $V = RI \Leftrightarrow \text{Fluxo} = \text{Condutância} \times \text{densidade}$

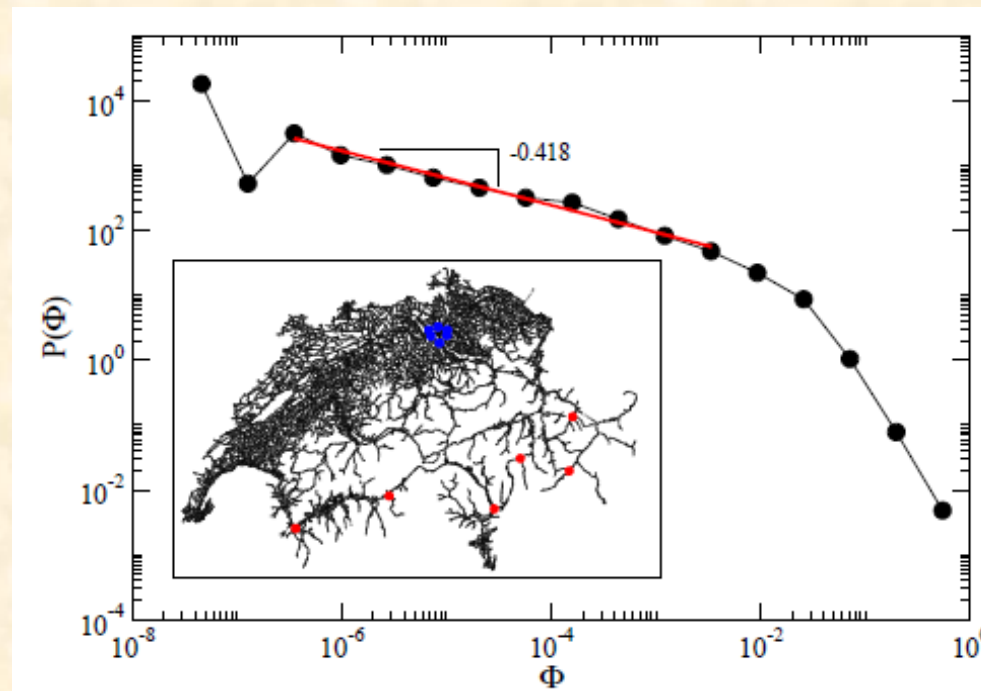
SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Tráfego de veículos
- Movimentação de veículos
 - ◆ Fluxo = Condutância $\times$ densidade
 - ◆ Condutância não ôhmica ou não linear



SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Tráfego de veículos
- Movimentação de veículos
 - ◆ Fluxo = Condutância $\times$ densidade
 - ◆ Condutância não ôhmica ou não linear



SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Tráfego de veículos
- Diversos aplicativos permitem entender questões ligados a tráfego de veículos

SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Dinâmica de multidões e o carnaval da Bahia
- Diversos modelos de comportamento de grande número de pessoas interagindo mediante “potencial social”
 - ◆ Estratégias de evacuação
 - ◆ Estratégia de posicionamento de serviços de pronto socorro e segurança
 - ◆ Fluxo coerente e desordenado de pessoas (blocos e “pipocas”)

SISTEMAS COMPLEXOS – MOTIVAÇÕES LOCAIS

- Dinâmica de multidões e o carnaval da Bahia
- Diversos aplicativos permitem entender questões ligados a fluxo de de grande número de pessoas