



econofis 2007
ENCONTRO de ECONOFÍSICA

Linhas de Pesquisa em Econofísica

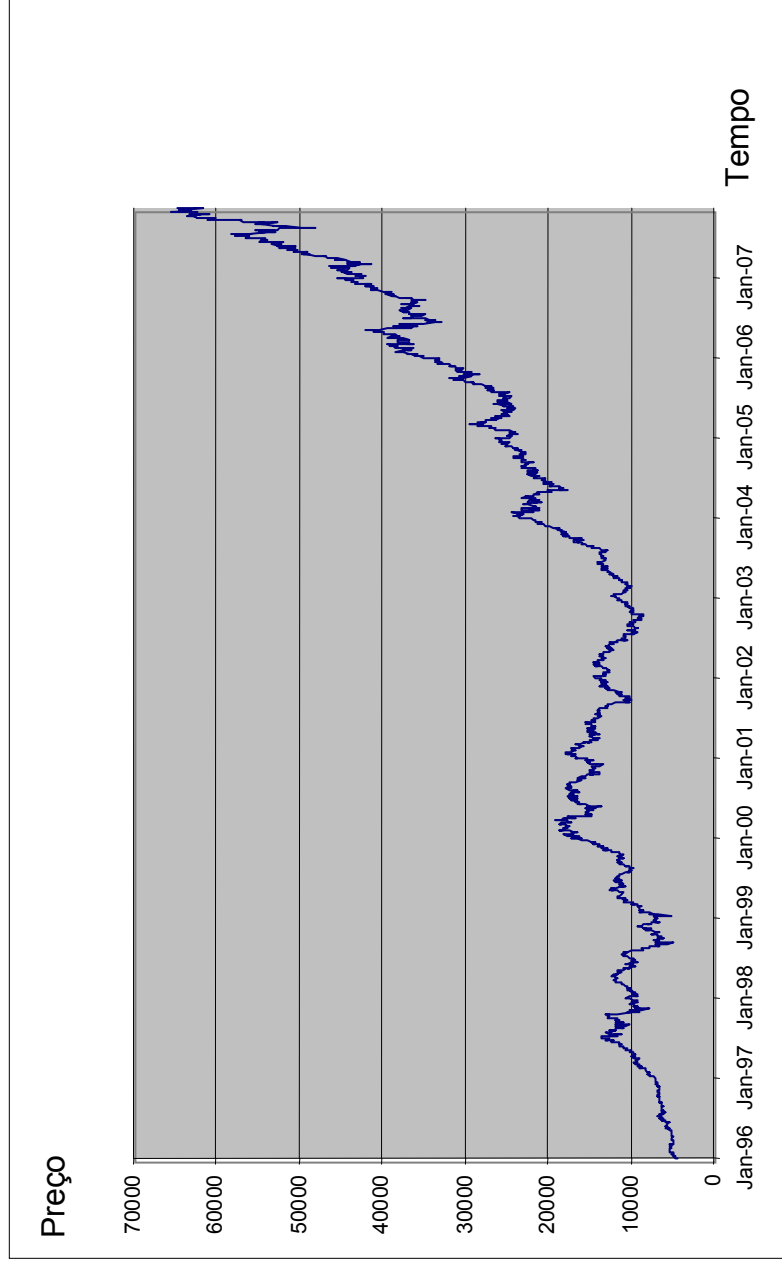


Rosane Riera Freire
Departamento de Física
PUC-Rio

OBJETIVOS

- Ilustrar a aplicação de conceitos e técnicas de física estatística na descrição dos fenômenos econômicos
- Apresentar alguns resultados destas contribuições para a compreensão do comportamento do mercado
- Mostrar a potencialidade das linhas de pesquisa em Econofísica

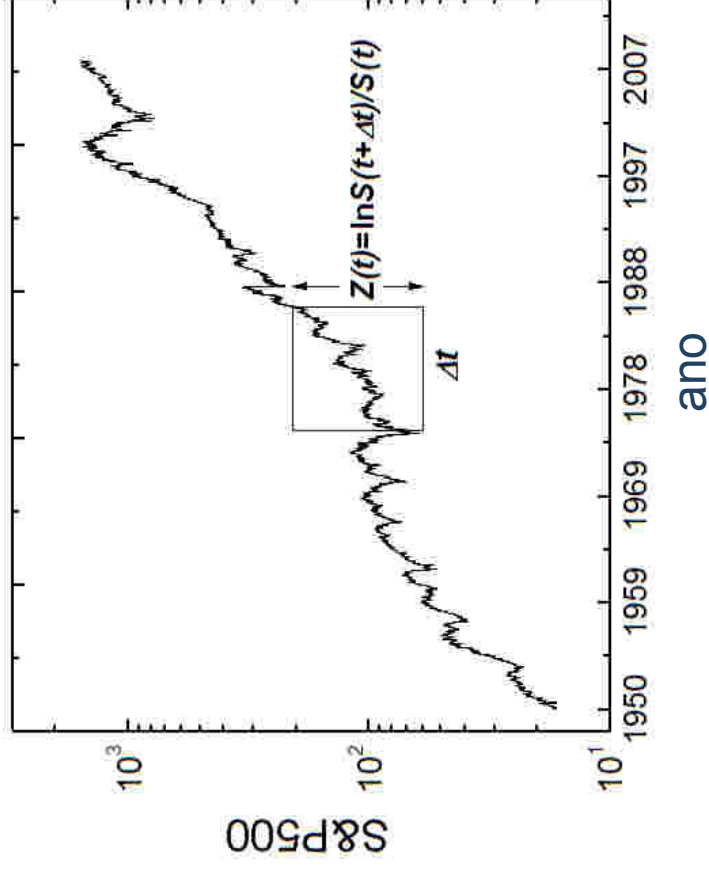
Série histórica do IBOVESPA



Perguntas típicas das diversas áreas de atuação

- Quais os fatores responsáveis pelo comportamento de curto e de longo prazo dos ativos financeiros? Como correlacioná-los com fatores econômicos, políticos, etc?
(ECONOMISTAS, ANALISTAS FINANCEIROS)
- Qual o risco associado a um investimento? Ele pode ser medido, controlado? Existem estratégias para isso?
(BANQUEIROS, INVESTIDORES, SEGURADORAS)
- Quais são as leis estatísticas que governam as variações de preços? Quão frequentes são os saltos de preços? É possível prevêê-los?
(MATEMÁTICOS, ECONOMETRISTAS e FÍSICOS)

Retornos de Preços na escala temporal Δt



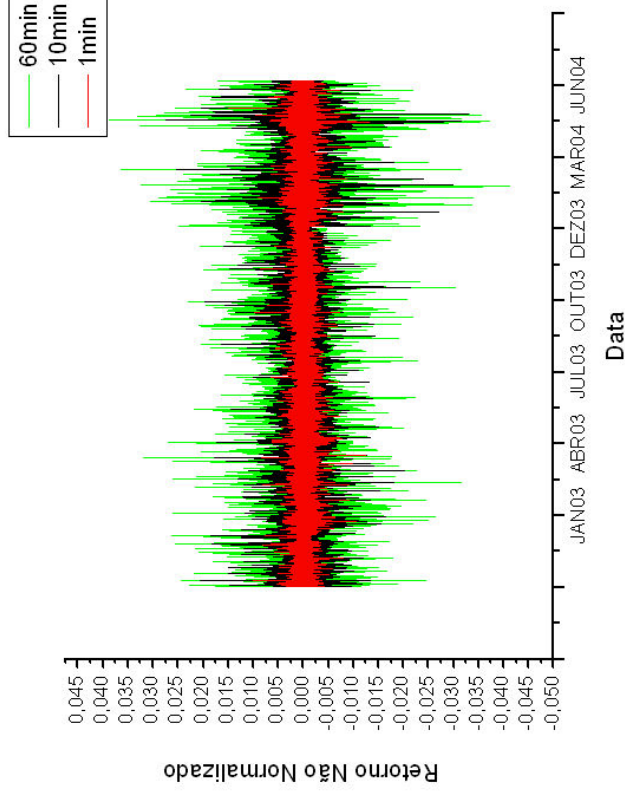
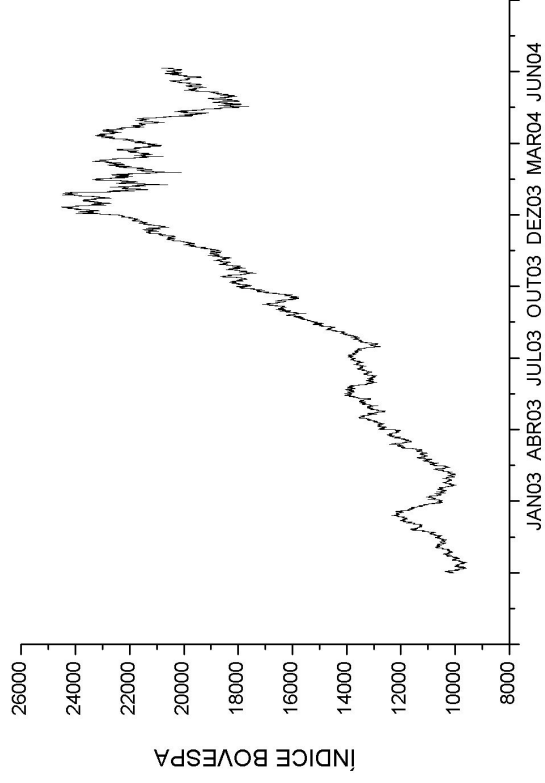
Série de preços $S(t)$

Série de retornos $Z_{\Delta t}(t)$

$$Z_{\Delta t}(t) = \ln S(t + \Delta t) - \ln S(t)$$

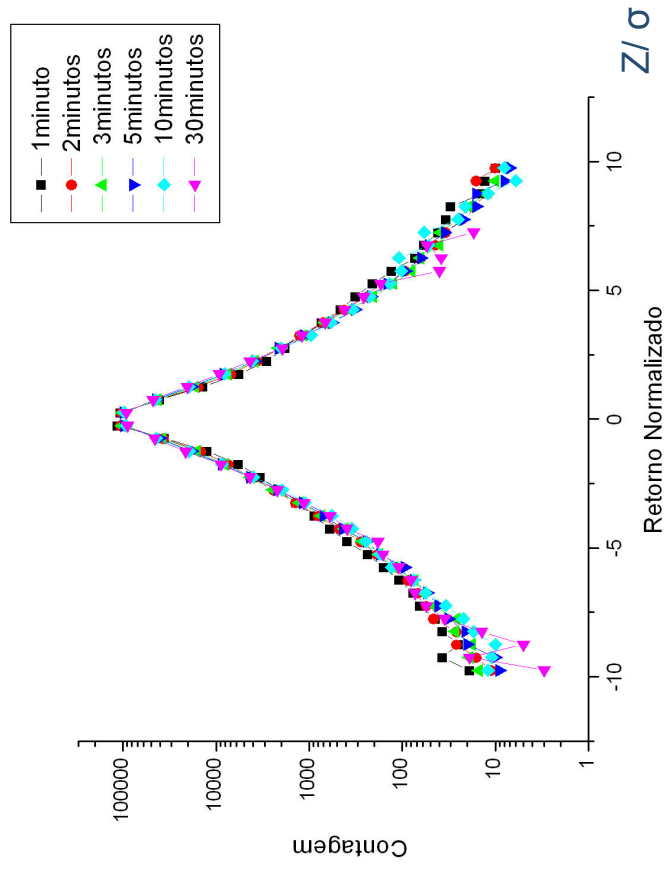
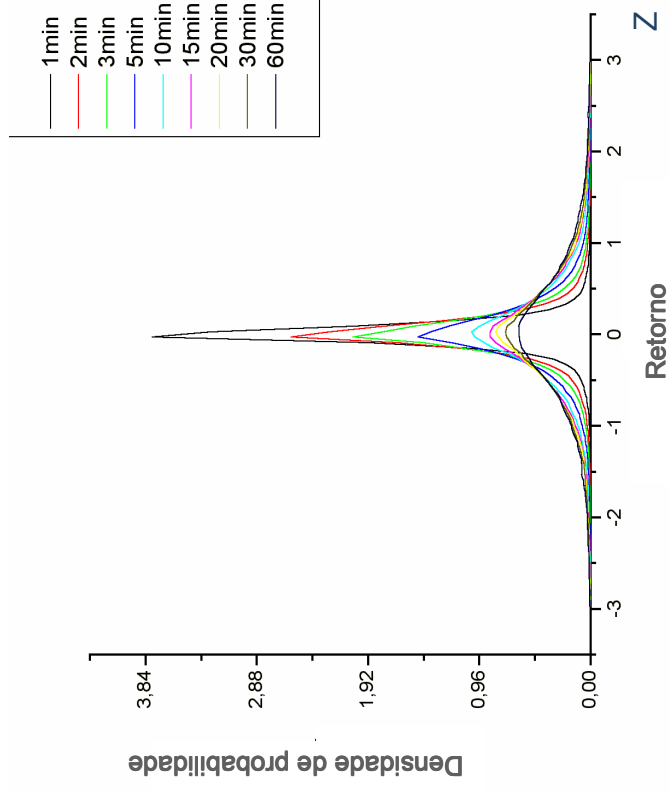
$$Z_{\Delta t}(t) = \ln [S(t + \Delta t) / S(t)]$$

Dependência das flutuações de preço com a escala temporal



Colapso de dados de Retornos Normalizados

A.A.G. Cortines e R. Riera, *Physica A* 377, 181 (2007)



Desvio padrão da distribuição: $\sigma_{\Delta t}$

Retornos Normalizados: $\check{Z}_{\Delta t} = Z_{\Delta t} / \sigma_{\Delta t}$

Invariância por transformação de escala

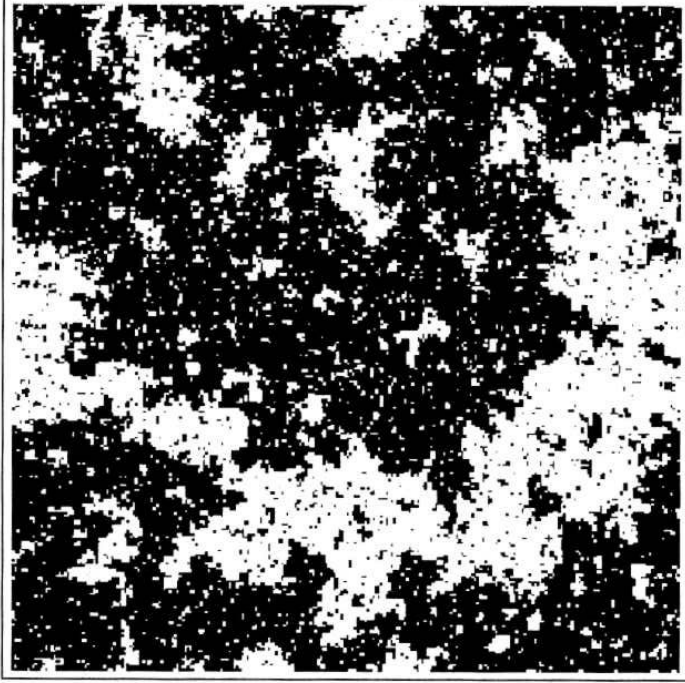
Uma função $f(x)$ invariante por transformação de escala não possui escala característica :

$$f(\lambda x) = \lambda^\beta f(x)$$

A forma funcional que caracteriza a ausência de escala característica é a lei de potência:

$$f(x) = A x^\beta$$

Analogia com sistema físico



No ponto crítico, o tamanho dos aglomerados atinge o tamanho do sistema.

O sistema torna-se invariante por mudança de escala.



Universalidade: vários sistemas possuem as mesmas propriedades críticas

Questões:

- Quais as características estatísticas das distribuições dos dados financeiros?
- Existe auto-similaridade, até que escala temporal?
- O mercado financeiro é estacionário?
- Existe universalidade nas séries temporais de diferentes mercados?

Similaridade das distribuições de Retornos

$$Z_\tau(t) = \ln S(t+\tau) - \ln S(t)$$

Mandelbrot (63): distribuição de valores intermediários de retornos com forma funcional similar para várias escalas de tempo ($\tau=1$ dia a 1 mês)

$$P(Z) \sim |Z|^{-(1+\alpha)} \quad \alpha \approx 1.7$$

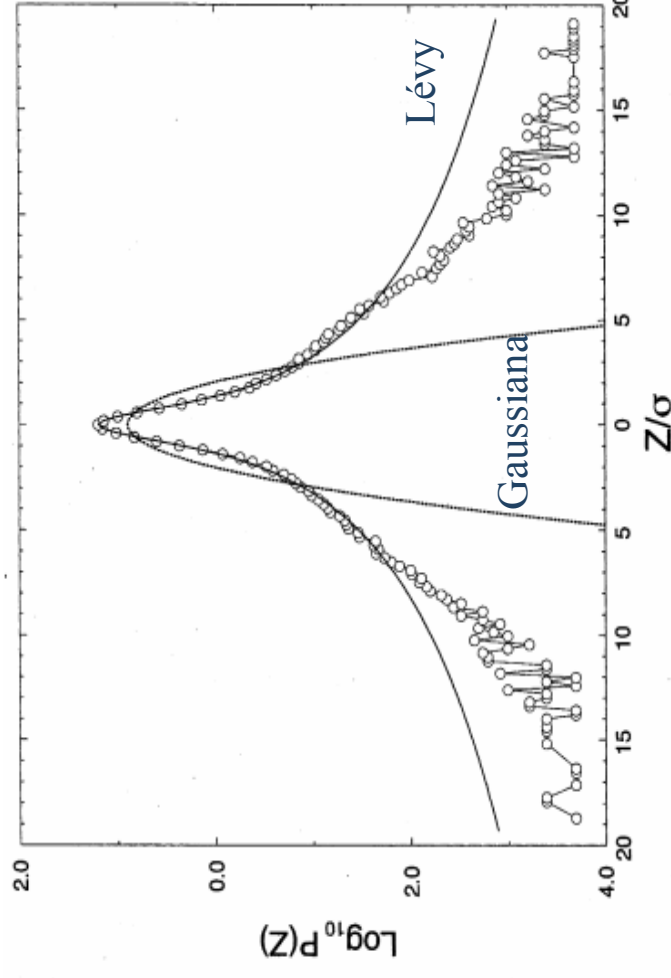
As características de:

- (i) forma funcional estável
- (ii) caudas pronunciadas

sugerem que as variações de preço sejam descritas por distribuições de Lévy.

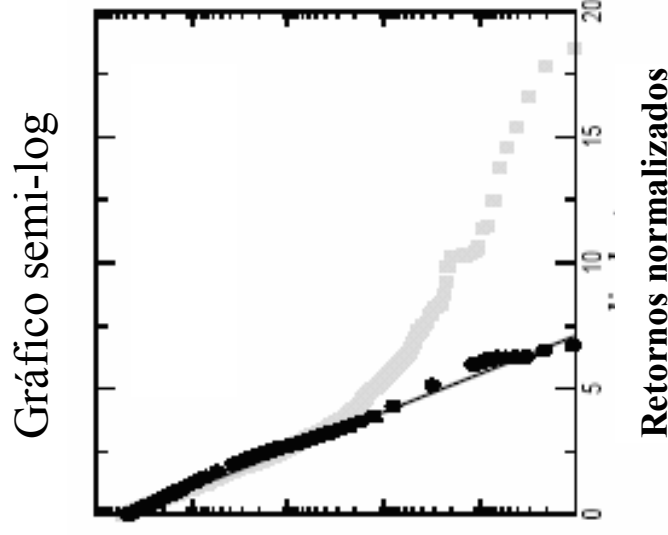
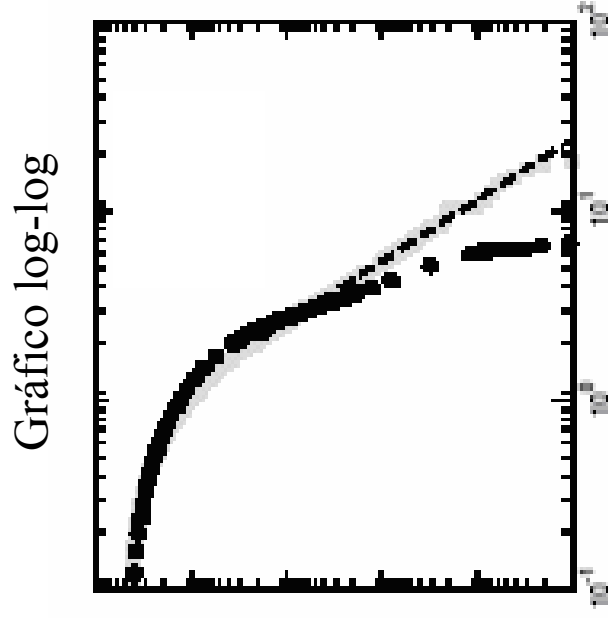
Distribuições de retornos empíricas

- (i) região central descrita por Distribuições de Lévy
- (ii) caudas com comportamento intermediário Gauss - Lévy



Distribuição de retornos normalizados do índice S&P (84-89) ($\tau=1$ min)
R. Mantegna e H. Stanley, Nature 376, 46 (1995)

Comportamento não-universal das caudas das distribuições de retornos



Caudas das distribuições de retorno diário do mercado de ações americano (\blacklozenge) e indiano (\blacklozenge), considerando-se as 50 maiores companhias (1994-2000).

K. Matia et al, cond-mat 0308013

Análise

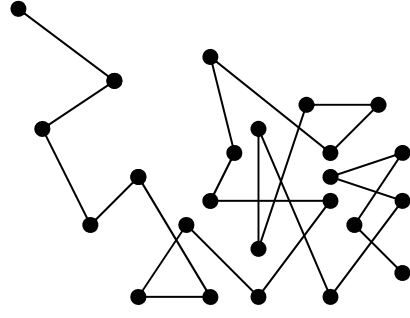
- No horizonte temporal curto, as distribuições de retorno apresentam características de auto-similaridade e estacionariedade.
- As leis que governam a formação de preços são as mesmas nas escalas temporais de curto prazo
- Para escalas de tempo mais longas, as distribuições de retornos aproximam-se da distribuição Gaussiana, apresentando novamente características de estacionariedade e sendo regidas por novas leis de escala.
- Em mercados emergentes, a frequência de ocorrência de grandes flutuações de preços, pode apresentar desvios em relação ao comportamento em lei de potência das caudas das distribuições, devido ao efeito de tamanho finito destes mercados.

Alguns Conceitos e Métodos utilizados em Econofísica

- **Leis de escala & invariância de escala das distribuições das variáveis econômicas**
- **Regimes em escala de tempo curta & longa**
- **Correlação das flutuações sucessivas de preços & análise de convergência das distribuições**
- **Analogia com processos difusivos anômalos**
- **Analogia com processos turbulentos**
- **Aplicação de modelos generalizados**
- **Solução de equações de movimento estocásticas**
- **Análise fractal & multifractal de séries temporais**
- **Teoria do caos**
- **Simulação de modelos microscópicos para atuação de agentes do sistema social e financeiro**

Processo Difusivo dos preços

Posições sucessivas de
partícula difundido-se em
um meio



- Série temporal de preços é equivalente a posições sucessivas de partícula difusiva
- As flutuações de preço são devido à forças resultantes da atuação dos agentes do mercado e a fatores externos

Em analogia com a partícula difusiva, estas forças podem ter natureza

- (i) determinística:
(devido à atuação de campo externo \leftrightarrow influências macroeconômicas)
- (ii) estocástica:
(devido à atuação das partículas do meio \leftrightarrow atuação aleatória dos agentes ou chegada de informações novas no mercado)

Modelos Generalizados - exemplo

Dependência das distribuições de retornos com a escala temporal τ
regida por Equação de Fokker-Planck não-linear ($q \neq 1$)

$$\frac{\partial P(z, \tau)}{\partial \tau} = - \frac{\partial}{\partial z} [K(z)P(z, \tau)] + D \frac{\partial^2}{\partial z^2} [P(z, \tau)]^{2-q}$$

- Modelagem baseada em mecânica estatística não-extensiva
C. Tsallis e D.J. Bukman, Phys. Rev. E 54, R2197 (1996)
- Modelo descreve dinâmica superdifusiva ($q > 1$)
- $q=1$ descreve comportamento difusivo normal
- Parâmetro econômico q mede o grau de difusão anômala das flutuações de preço

Equações de movimento estocásticas

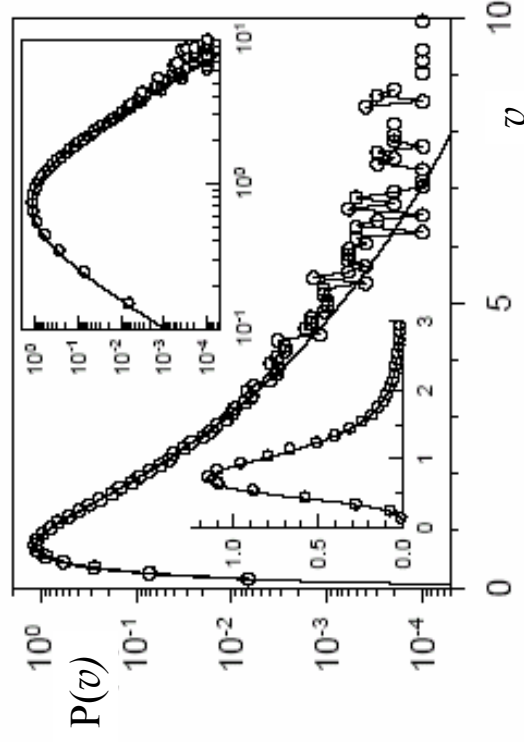
Volatilidade Estocástica : Modelo de Reversão à média Generalizado com ruído aditivo e multiplicativo

$$dx = -\gamma(x - \theta)x^{r-1}dt + \mu x^s dw_1 + \alpha dw_2$$

w_1 and w_2 são dois ruídos brancos independentes

Solução Estacionária para
($r = 0$; $s = 1/2$) ou ($r = -1$; $s = -1/2$):

C. Anteneodo e R. Riera,
Phys. Rev. E 72, 026106 (2005)

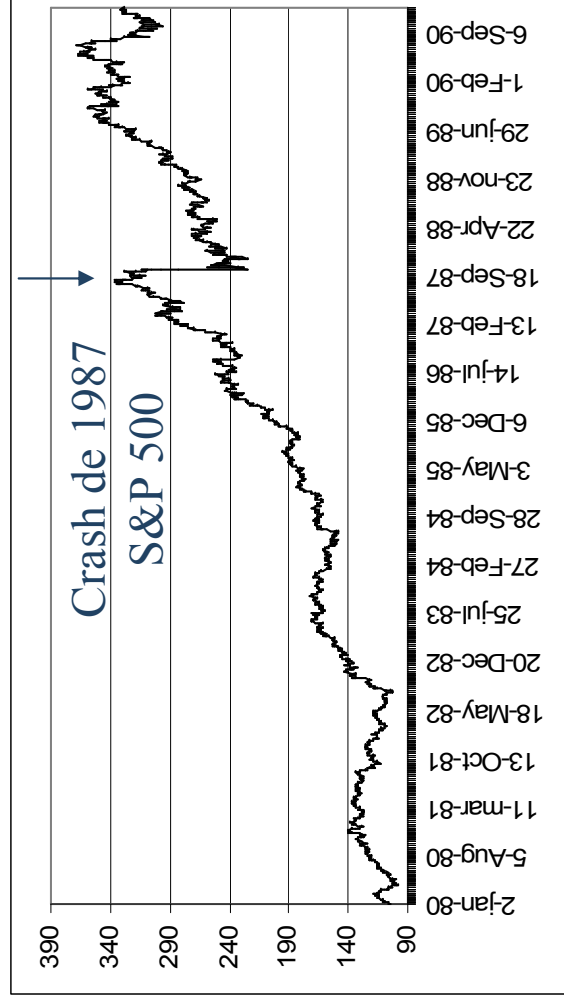


**Fit da distribuição de volatilidade
(normalizada) de ações negociadas
no mercado americano**

$$P(v) = \rho_0 \frac{(v/v_0)^{2\nu+1}}{[1 + (q-1)(v/v_0)^2]^{1/(q-1)}} \\ (x = v^2)$$

Crash como fenômeno crítico

D. Sornette et al, J. Phys. I France 6, 167 (1996)

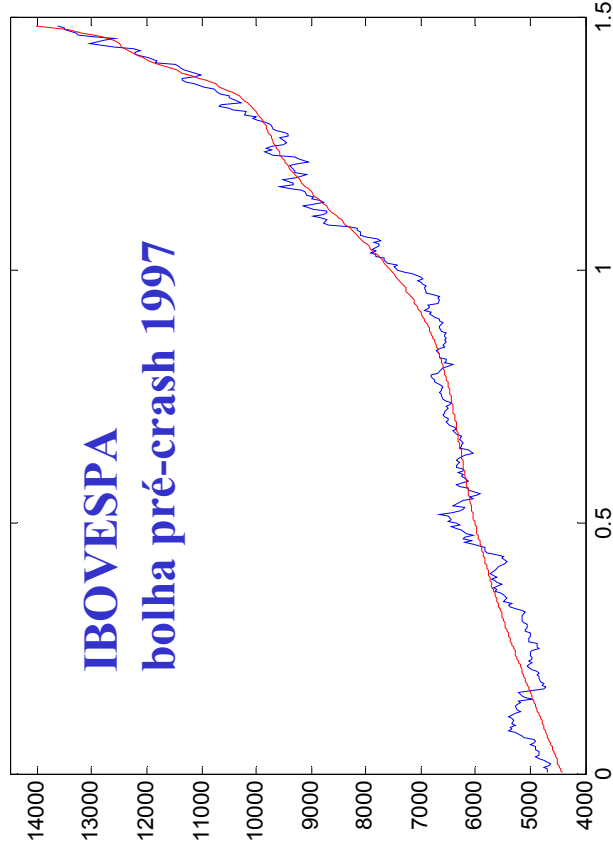


Modelagem:

- bolha especulativa pré-crash devida a efeito de cooperação crescente entre os agentes
- agentes em rede informacional hierárquica

Comportamento “macroscópico” da série temporal de preços na fase pré-crash:

$$p(t) = A + B(t_c - t)^\beta [1 + C \cos[w \log(t_c - t) + \phi]]$$



Parâmetros econofísicos:

t_c – data mais provável do crash; w – frequência log-periódica;

$\lambda = \exp(2\pi/\omega)$ – fator de invariância discreta de escala da rede informacional de agentes

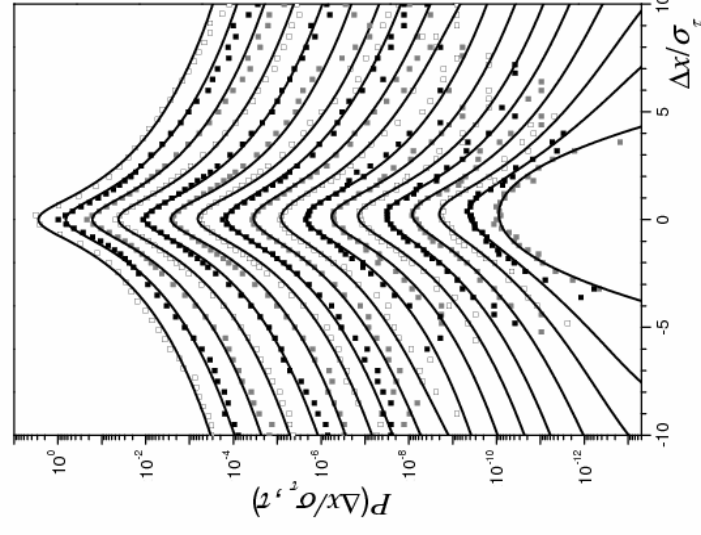
Dinâmica do mercado financeiro em analogia com processos turbulentos

Friedrich et al, Phys. Rev. Lett. 84, 5224 (2000)

Modelagem:

Assume a existência de fluxo de informação no Mercado para escalas de tempo mais curtas, analogamente ao fluxo de energia em cascata nos fenômenos de turbulência.

É possível reproduzir o regime de caudas longas das distribuições de retorno em escala de tempo curta, a partir do regime Gaussiano, em escala de tempo longa.



A.A.G.Cortines, C.Anteneodo e R.Riera,
Eur. Phys. J. B, to appear

Simulação de Modelos Microscópicos

Microscopic Simulation of Financial Markets

H. Levy, M. Levy, S. Solomon Wiley

- Metodologia originalmente desenvolvida para analisar problemas físicos: simula a atuação de elementos individuais microscópicos para obter propriedades macroscópicas de sistemas complexos que são analiticamente intratáveis
- Através da simulação da atuação dos agentes sociais e/ou do mercado, podemos relaxar hipóteses clássicas sobre o comportamento do investidor (racionalidade, homogeneidade,etc) e analisar sua influência sobre a dinâmica dos preços.
- Tem sido simulados modelos microscópicos de agentes com racionalidade limitada, heterogêneos , adaptativos e evolucionários
-