

UFERJ



EconoFísica

Marcelo Byrro Ribeiro

Instituto de Física - UFRJ



O que é econofísica?

- O termo “econofísica” apareceu pela primeira vez em torno de 1994 e foi endossado em um livro de 1999 intitulado “Introduction to Econophysics” por Mantegna e Eugene-Stanley;
- O termo sugere que existe uma abordagem física para a economia, ou até mesmo que a economia está baseada na física, de forma similar a outras áreas multidisciplinares como biofísica, geofísica e astrofísica;
- Pouco conhecido no entanto é que bem antes do aparecimento do termo já havia de fato uma fertilização cruzada entre essas duas áreas.



Período pré-econofísica

- **Thomas Hobbes** (1588-1679) inspirado no trabalho de Galileu sobre as leis do movimento, em sua obra prima *Leviathan* procurou deduzir pela lógica e a razão como a humanidade deveria governar-se a si mesma;
- A metodologia é a que hoje nós chamamos de física teórica: estipular primeiros princípios fundamentais sobre a natureza humana e de como as pessoas interagem e desenvolvê-las até onde fosse possível;
- Procurando as hipóteses fundamentais sobre a natureza humana, em 1636 Hobbes viajou a Florença para encontrar-se com Galileo.



1.1 Thomas Hobbes was the first to seek a physics of society.



Período pré-econofísica

- **Adam Smith** (1723-1790), pai da economia moderna, achou inspiração nos “Principia” de Newton ao escrever em 1776 o seu clássico “Sobre a Riqueza das Nações” onde usava a idéias de forças causais, idéia completamente nova na época;
- **Adolphe Quételet** (1796-1874): estudou astronomia e em 1835 publicou o livro intitulado “Um estudo em física social” onde procurava estabelecer as leis da sociedade análogas às de Newton e métodos para comparar os dados físicos com os dados sociais (primórdios da estatística);
- **Léon Walras** (1834-1910) e **Alfred Marshall** (1842-1924) usaram idéias físicas de equilíbrio termodinâmico para estabelecer os fundamentos da microeconomia onde desenvolveram a noção de que um sistema econômico atinge o estado de equilíbrio de forma similar à teoria dos gases de Maxwell e Boltzmann. A teoria do equilíbrio geral de Walras, onde a maior parte da teoria econômica neo-clássica moderna se baseia tem origem nas idéias vigentes na física da época;



Período pré-econofísica

- **Vilfredo Pareto** (1848-1923) foi o primeiro economista e sociólogo a usar modelos matemáticos junto com evidências estatísticas. Descobriu a “lei de Pareto” da distribuição de renda;
- **Louis Bachelier** (1870-1946) foi orientando de Henri Poincaré e em sua tese de doutorado, defendida em 1900 e intitulada “Teoria da Especulação”, usou idéias físicas de difusão e passos aleatórios (“random walk”) para, 5 anos antes de Einstein, aplicar métodos equivalentes à descrição do movimento Browniano para explicar a formação de preços em mercado de ações. Historicamente foi o primeiro autor a usar matemática e física para estudar finanças por meio de processos aleatórios.



2.3 A particle bouncing between collisions in a gas executes what is called a random walk, drifting gradually farther from where it began.

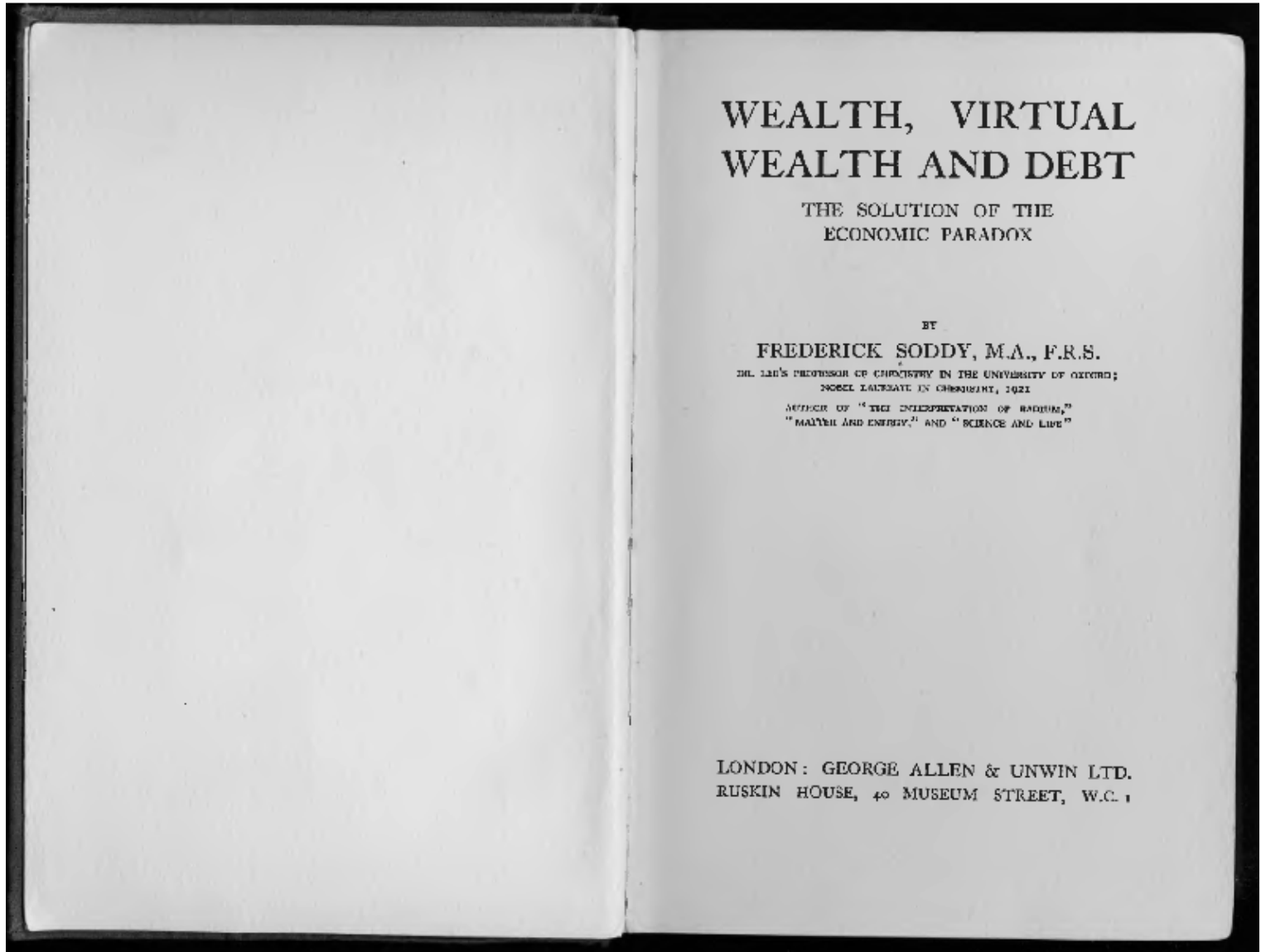


Período pré-econofísica

- **Frederick Soddy (1877-1956)** ganhou o prêmio Nobel de Química em 1921, tendo colaborado com Rutherford no estudo da desintegração radioativa e previsto cunhado o nome para os isótopos, com grandes contribuições a teoria atômica moderna
- Tornou-se economista e em livros escritos entre 1921 e 1934 propôs o abandono do padrão ouro, permitir a flutuação livre do câmbio, usar o superavit e deficit nacionais como ferramentas de controle macroeconômico e estabelecer agências de estatística, inclusive o índice de preços ao consumidor
- Todas essas propostas são prática convencional nos dias de hoje



Frederick Soddy





Período pré-econofísica

- **Benoit Mandelbrot** (1924-2010) foi em 1963 o pioneiro no uso de distribuições de cauda longa (não gaussianas) em finanças e mostrou que fractalidade e auto-similaridade são comuns em finanças e variações de mercados em geral (desde “commodities” até mercado de câmbio). Foi também quem chamou a atenção de que a lei de Pareto não passa de uma lei de potência fractal.



Resumindo: hoje, econofísica...

- ...é uma nova área interdisciplinar na qual conceitos e técnicas de análise usualmente utilizados na descrição dos sistemas físicos são aplicados para investigar os problemas financeiros e econômicos;
- ...atualmente usa primariamente, mas não exclusivamente, a física estatística para entender a natureza do mercado, seu possível “equilíbrio”, funções de distribuição relacionadas à variação dos valores das ações em mercados de ações, etc;
- ...inclui também estudos acerca da distribuição individual de renda: fractalidade, distribuição de Pareto;
- ...estuda a taxa de falência das empresas (distribuídas como um fractal) assim como a distribuição do faturamento das empresas;
- ...é tudo acima e ainda vários outros tópicos.



Econofísica como uma nova forma de abordar problemas tradicionais da economia

- A economia humana pode ser vista como um sistema complexo, cujo estudo, ciência da complexidade, é multidisciplinar. Em particular, fenômenos econômicos como, por exemplo, o "crash" de um mercado acionário ou o padrão de distribuição de renda em uma população, surgem como uma consequência emergente do agregado de resultados individuais.



E os economistas?

- Alguns desses assuntos já eram tratados pelos economistas, mas têm recebido nova ênfase dada pelos físicos;
- Esses últimos também têm feito uma forte crítica à teoria econômica subjacente, baseada em equilíbrio, a qual é a quase única utilizada pelos economistas em suas análises;
- Tal situação tem gerado alguma polêmica, algo normal em uma área tão recente.



O que os físicos trazem de novo?

Uma visão fortemente empírica

- Economistas têm tradicionalmente sido fortemente influenciados por matemáticos que, por razões de treinamento têm uma visão axiomática do mundo. Físicos vêem a matemática como **instrumento de descrição do mundo** físico e não como um fim em si mesmo. A visão axiomática pode atrapalhar a descrição do mundo físico.
- Exemplos: axioma das paralelas de Euclides e crítica às funções de distribuição propostas por Dirac
- Contra-exemplo econômico: teoria neo-clássica da firma como exemplo da insistência em continuar usando teorias anti-empíricas (competição perfeita e total conhecimento tecnológico);
- ***Livros-texto de economia discutem aspectos teóricos sem trazer qualquer dado empírico, sem discutir qualquer medida!***



O que os físicos trazem de novo?

Uma visão simplificadora

- Economistas não parecem seguir a **Navalha de Occam** ou o **Princípio da Parcimônia**;
- É comum economistas usarem ajustes matemáticos com 7, 8 ou mais parâmetros

William de Ockham ou *Guilherme de Occam* (1285 em Ockham, Inglaterra — **9 de abril** de 1347, Munique) defendia o princípio de que a natureza é por si mesma econômica, optando invariavelmente pelo caminho mais simples.

“A explicação para qualquer fenômeno deve assumir apenas as premissas estritamente necessárias à explicação do fenômeno e eliminar todas as que não causariam qualquer diferença aparente nas predicções da hipótese ou teoria.”

“Deve-se escolher a teoria explicativa que implique o menor número de premissas assumidas e o menor número de entidades.”



Mas, será que essas características são desejáveis?

- **A formação dos físicos tem sido considerada importante no estudo de problemas tipicamente econômicos**
- “O treino específico dos físicos explica o número impressionante de empregos obtidos por físicos em instituições de investimento e finanças, onde a sua abordagem empiricamente orientada junto com seu senso pragmático para teorizar fez com que eles se tornassem uma das mais valiosas mercadorias em Wall Street.” ([Econophysics: historical perspectives - arXiv:0802.1416v1 \[physics.soc-ph\]](#))

Is Economics the Next Physical Science?

An emerging body of work by physicists addressing questions of economic organization and function suggests new approaches to economics and a broadening of the scope of physics.

J. Doyne Farmer, Martin Shubik, and Eric Smith

In the past decade or so, physicists have begun to do academic research in economics. Perhaps a hundred people are now actively involved in an emerging field often called econophysics, and two new journals and frequent conferences are devoted to the field. At least ten books have been written recently on econophysics in general or on specific subtopics. The University of Fribourg in Switzerland maintains an extensive bibliography of books and archived articles at its econophysics website, <http://www.unifr.ch/econophysics>. Physics departments worldwide are granting PhD theses for research in economics, and in Europe several professors in physics departments specialize in econophysics. The international consulting firm McKinsey and Co sponsors a new annual research prize, the Young-Scientist Award for Socio- and Econophysics.

Is all this activity just a fad, or is something more substantial happening?

If physicists want to do research in economics, why don't they just get degrees in economics in the first place? Why don't the econophysicists retool, find jobs in economics departments, and publish in traditional economics journals? Perhaps the growth of econophysics is just a temporary phenomenon, driven by a generation of physicists who made bad career choices. Is there any reason why

physics played an important role in the development of economic theory through the 19th century, and some of the founders of neoclassical economic theory, including Irving Fisher, were originally trained as physicists; Fisher was a student of Willard Gibbs. In 1938, Ettore Majorana presciently outlined both the opportunities and pitfalls in applying statistical-physics methods to the social sciences.

The range of topics that have been addressed by physicists spans many different areas of economics. Finance is particularly well represented (see the article by Joseph Pimbley, *PHYSICS TODAY*, January 1997, page 42); sample topics include the empirical observation of regularities in market data, the dynamics of price formation, the understanding of bubbles and panics, methods for pricing options and other derivatives, and the construction of optimal portfolios. Broader topics in economics include the distribution of income, the emergence of money, and implications of symmetry and scaling for market functioning. We believe that a union of the methods of physics and economics, and collaborations between physicists and economists, can add value to the science of economics. However, overselling that view has its dangers; econophysics is far from well established.

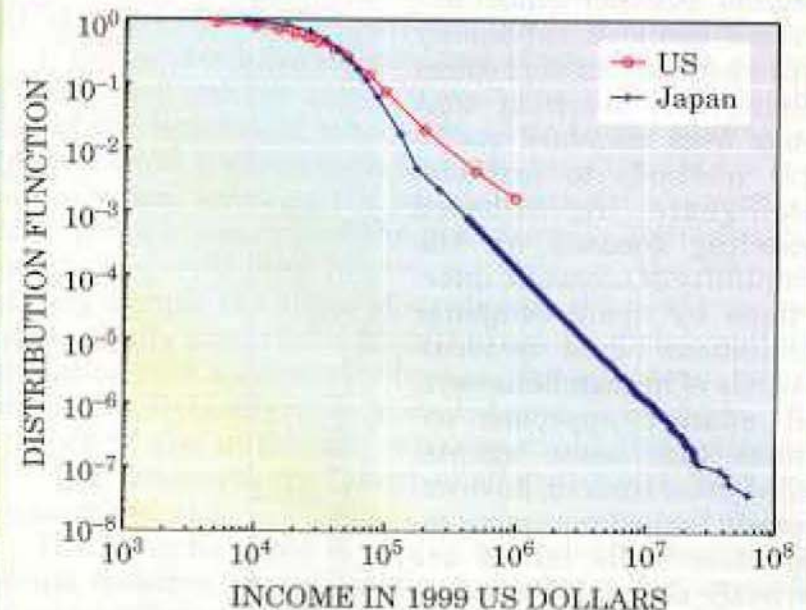
Despite the fields' long history of association, the substantial contribution of physics to economics is still in an early stage, and we think it fanciful to predict what will ultimately be accomplished. Almost certainly, "physical" aspects of theories of social order will not simply recapitulate existing theories in physics, though already there appear to be overlaps. The development of societies and

Income Distributions

In 1897 Vilfredo Pareto identified the first power-law distribution in any field. He was studying the distribution of income among the highest-earning inhabitants of the UK; now all income distributions of the form he observed are known in economics as Pareto distributions. Pareto's subsequent studies of income distribution in Prussia, Saxony, Paris, and a few Italian cities confirmed his initial observations. The figure, courtesy of Makoto Nirei and Wataru Souma, shows modern Pareto distribution examples derived from federal income tax reporting sources for the US and Japan. (The data for the US are truncated at \$1 million.) Studies conducted over the past few years have shown that not only does the income of the wealthy conform to a pattern, but so does the income of the majority of wage earners, and the two groups follow different distributions.¹⁷ The low- and medium-income body of the distribution is either exponential, as is the case for the US, or log-normal, as is the case for Japan. Just where the transition to the Pareto law for large incomes takes place depends on time, tax laws, and other factors as yet unknown.

As striking as the scale-free nature of income distribution is the fact that the overall distribution is so featureless. It is described by four or five parameters: the mean income, the Pareto exponent, the transition point between low- and high-income ranges, and either the exponential constant or the mean and variance of the log-normal in the low range. Pareto, log-normal, and exponential distributions are all limiting distributions of simple random processes and can be derived as maximum-entropy distributions for income, subject to appropriate boundary conditions.

Income distribution is a hot topic economically and politically, because it lies at the heart of a society's notions of



egalitarianism, opportunity, and social insurance. Not surprisingly, causes of income inequality such as distinctions between capital ownership and wage labor are asserted, and major policy implications are derived. Maximum-entropy interpretations of income distribution place conceptual and quantitative bounds on such arguments. They suggest that the many detailed societal features that could, in principle, affect incomes average out somehow so that their individual characteristic scales are not imprinted on the aggregate distribution. The ultimate constraints may be conservation laws or boundary conditions reflected in at most a few parameters. Such featureless averaging, like scaling relations, may suggest that a form of universality classification is fundamental to economics, as it is to thermodynamics and field theory.

create an asymmetric response of prices so that with an excess of buyers, the price response to buy orders is smaller than it is to sell orders. How and why that asymmetry comes about remains a mystery, perhaps related to

The central approach to strategic interactions in neo-classical economics is the theory of rational choice. In the economists' stylized version, a rational individual maximizes some measure of utility, subject to constraints

Econophysicists matter

Economics and physics are two disciplines that, contrary to widespread perceptions, have significant common agendas. Shame, then, that the professionals don't do more to recognize the fact.

After hearing a talk on the application of physics to the social sciences, a physicist in a notoriously traditional department was heard to mutter that it was all very well but it wasn't 'real physics'. It was an article of faith to him that many-body theories in physics could not be applied to animate objects.

Now that it seems clear that bacteria, locusts and even road traffic undergo types of dynamic phase transition, this objection is hard to sustain. But the idea that physics can tell us something about a human system as complex as the economy — that there exists a kind of econophysics — seems harder to swallow.

Would-be econophysicists can therefore find themselves damned from both directions: physicists don't think of the field as physics, whereas economists don't recognize it as their discipline either. Acceptance by the economics community seems a particularly long way off: even fully fledged economists are ostracized by the mainstream if they do not embrace the tenets of 'neoclassical' economic theory, no matter how untenable its principles — identical, utility-maximizing economic agents operating in an equilibrium market — now seem.

some economic question onto a familiar physics-based model, to characterize its behaviour and plot a phase diagram, and leave the matter at that.

This is not particularly good physics; it is certainly poor social science; and it may prove irrelevant to the questions that really matter in understanding economic behaviour. Journals that are willing to publish econophysics must be more vigilant and thorough in their review procedures, and be willing to seek out sympathetically minded economists (who do exist) for advice.

But as some econophysicists argue, it will be hard to improve standards while their efforts are necessarily a sideline tolerated only as long as they also work on 'real' physics (for example, there is not a single chair of econophysics anywhere in the world). This encourages not only the perception but also the reality of a certain dilettantism in the field.

"The refusal of the economic mainstream to engage with econophysics is lamentable and makes it difficult for physicists to learn from their mistakes."

Editorial

“No Worries”: Trends in Econophysics

This topical issue includes eleven contributions selected from cutting-edge research on the frontiers of research in Econophysics. This issue spans a great variety of themes, including:

- scaling and universality in economics systems;
- fluctuations and noise in financial time series;
- models for wealth and income distributions;
- emergent phenomena in aggregate behaviours;
- an approach to nonextensive statistical mechanics;
- phase transitions in socio-economic systems;
- novel theoretical approaches for interacting agents;
- rational *vs.* irrational collective behaviours in interacting agent based models;
- mechanical and informational impact of trading orders on price formation;
- methods to distinguish between correlation and noise;
- correlation filterings.

The present volume provides a broad overview of the state of the art in Econophysics, provided directly by the scientists who are among the main actors in this burgeoning field.

Econophysics is a relatively recent discipline, but it has already a rich history, with a variety of approaches, and even controversial trends. In particular, a recent paper, *Worrying Trends in Econophysics*, by four distinguished economists [M. Gallegati, S. Keen, T. Lux, P. Ormerod, *Physica A* 370, 1–6 (2006)] has sparked intense discussion across the Econophysics’ community [Philip Ball, *Nature* 441, 686-688 and 667 (2006); Philip Ball, *Financial Times*, October 29 (2006)]. Significantly, this controversial paper was conceived at the international conference “Econophysics Colloquium”



No Rio de Janeiro



econofis 2007 ENCONTRO de ECONOFÍSICA

Palestras

"Linhas de pesquisa em Econofísica"	Rosane Riera Freire (PUC-Rio)
"Origem e evolução da ciência econômica"	Jaques Kerstenetzky (UFRJ)
"Conceitos entrópicos em Econofísica"	Constantino Tsallis (CBPF)
"Modelos de Distribuição de Riqueza"	J.Roberto Iglesias (UFRGS)
"Modelos não-Gaussianos para Opções"	Giovani Vasconcelos (UFPE)
"Mercado Financeiro: um sistema complexo"	Fábio Bretas (Phynance)
"Cientistas exploram o Mercado"	Lourenço Miranda (Brasilprev)

Debate

"O futuro da Econofísica no Brasil"

Mesa redonda

com profissionais do mercado

"Interface Academia-fundos Quant"
mediador - Marcus Moldes (UFF)

9 de Novembro

Local Puc-Rio, rua Marquês de São Vicente 225 cep 22453-900 Gávea - Rio de Janeiro

informações e inscrições <http://www.if.ufrj.br/~econofis>

contato econofis.2007@fis.puc-rio.br ou econofis@if.ufrj.br

Comissão Organizadora

Rosane Riera Freire (PUC-Rio) Luca Moriconi (UFRJ) Marcelo Byrro Ribeiro (UFRJ)



GARP

Phynance

Bovisa
A Bolsa do Brasil



No Rio grande do Sul

PAESS'08

25-29 November 2008, Porto Alegre - BRAZIL





Em São Paulo

econofis '10 ENCONTRO de ECONOMÍFICA

25-26 de março

Informações <http://econofis10.fis.puc-rio.br>

Contatos: econofis10@fis.puc-rio.br
econofis10@ifufrj.br
econofis10@ift.unesp.br

Local IFT-UNESP

R. Dr. Bento Teobaldo Ferraz 271 - Bl. II
01140-070 - São Paulo - SP

Palestrantes

Rosario Mantegna *Università di Palermo - Italia*

Alan Kirman *Marseille Université - France*

Matteo Marsili *ICPT - Italia*

Lisa Borland *Evrine & Associates Inc - USA*

Constantino Tsallis *CBPF - Brasil*

Silvio Queirós *Universidade do Porto - Portugal*

Roberto Iglesias *UFRGS - Brasil*

Giovani Vasconcelos *UFPA - Brasil*

Daniel Cajueiro *DNB - Brasil*

Celia Anteneodo *PUC-Rio - Brasil*

Renato Vicente *EACH-USP - Brasil*

Benjamim Tabak *UBS e BACEN - Brasil*

Alan de Genaro *BM&F BOVESPA - Brasil*

Comissão Organizadora

Rosane Riera Freire (DF-PUC-Rio)

Rogério Rosenfeld (IEE-INPESF)

Lula Marcondi (IF-UFERJ)

Marcelo Byrro Ribeiro (IF-UFRRJ)

Apoio





No Rio de Janeiro novamente



I Oficina Carioca de Econofísica

EconoFis-Rio

26 de novembro de 2010

Instituto de Física - UFRJ

(Ilha do Fundão, Centro de Tecnologia, Bloco A, sala A-343)



Mas, quais são os problemas específicos em econofísica?

- Por ser uma área nova, ainda não há propriamente uma teoria baseada em leis físicas, como as leis de Newton;
- O que há são grupos de problemas que estão sendo abordados pelos físicos;
- As próximas transparências procurarão mostrar, sem esgotar, alguns desses problemas.



Movimento Browniano

1827- Robert Brown estuda grãos de pólen em suspensão na água e observa o movimento errático de partículas.



Microscópio original de Brown

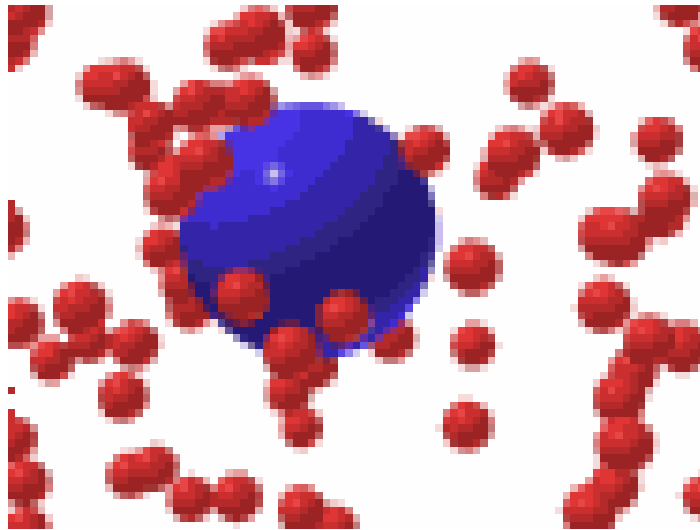
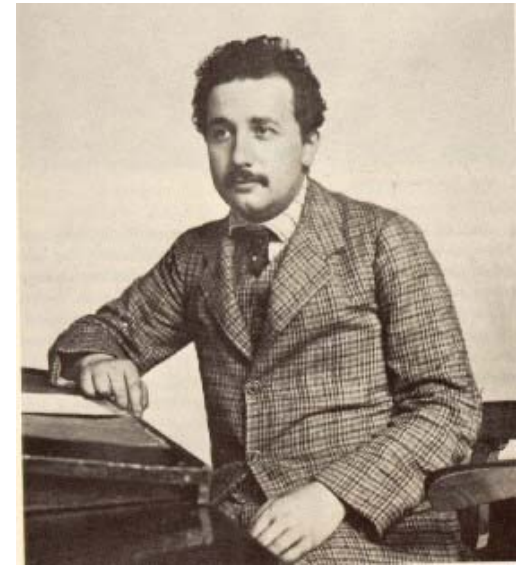


Reprodução (1992): partículas de gorduras do leite em suspensão .



Movimento Browniano

1905- **Einstein** formula e resolve o problema

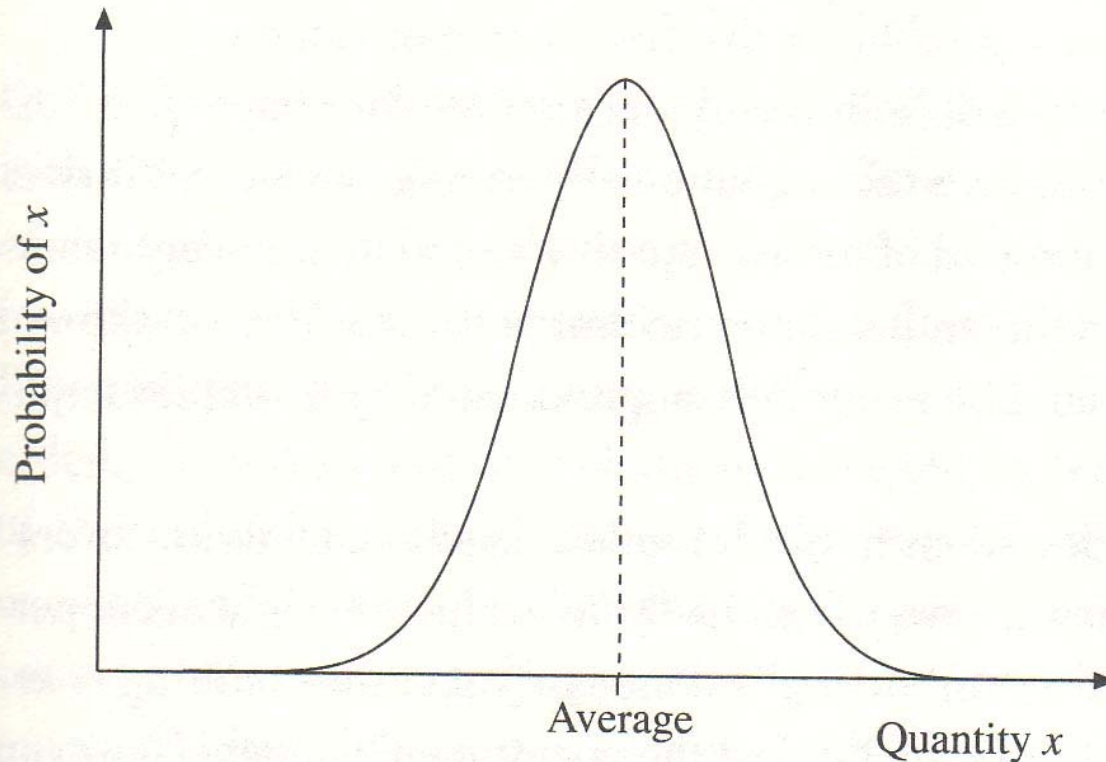


✦ **Tratamento estatístico:** movimentos sucessivos são mutuamente independentes

⇒ *processo de difusão*



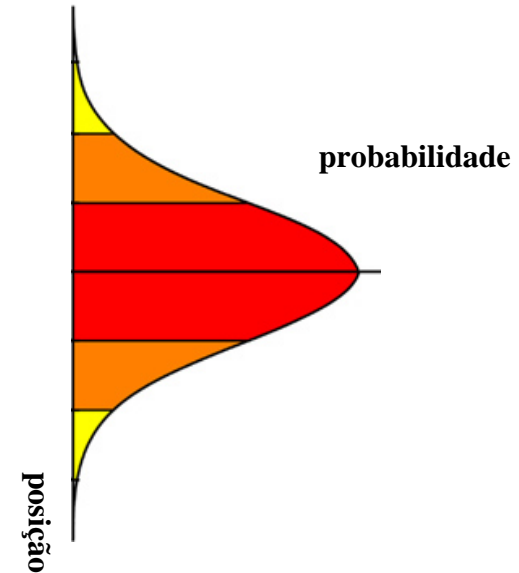
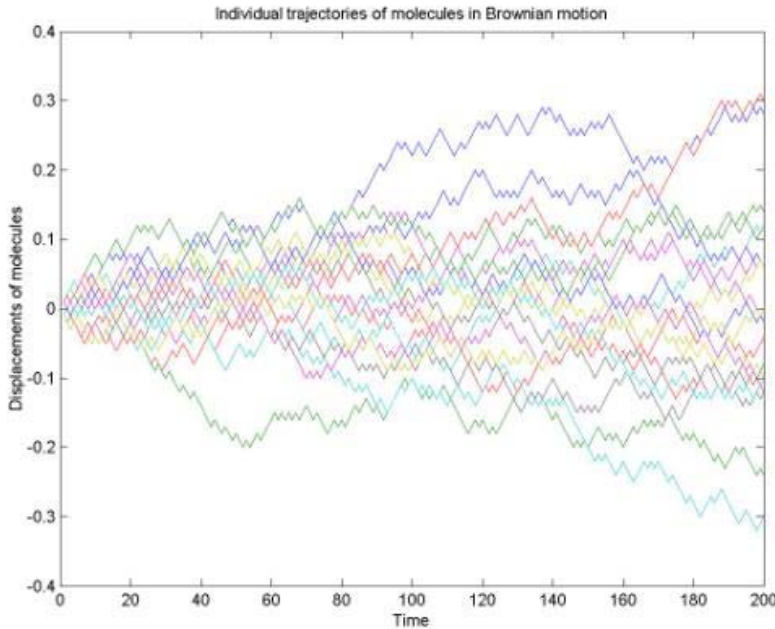
Distribuição Gaussiana



3.2 The error curve. This bell-shaped curve describes the statistics of all random processes. (Strictly speaking, mathematicians call these *stochastic* processes, meaning that each outcome or observation is independent of the others.)



Distribuição Gaussiana



deslocamento quadrático médio:

$$x_{rms} = \sqrt{E[x^2]} \propto t^{1/2}$$



Irrealismo da teoria econômica tradicional acerca das variações dos mercados, em imagens

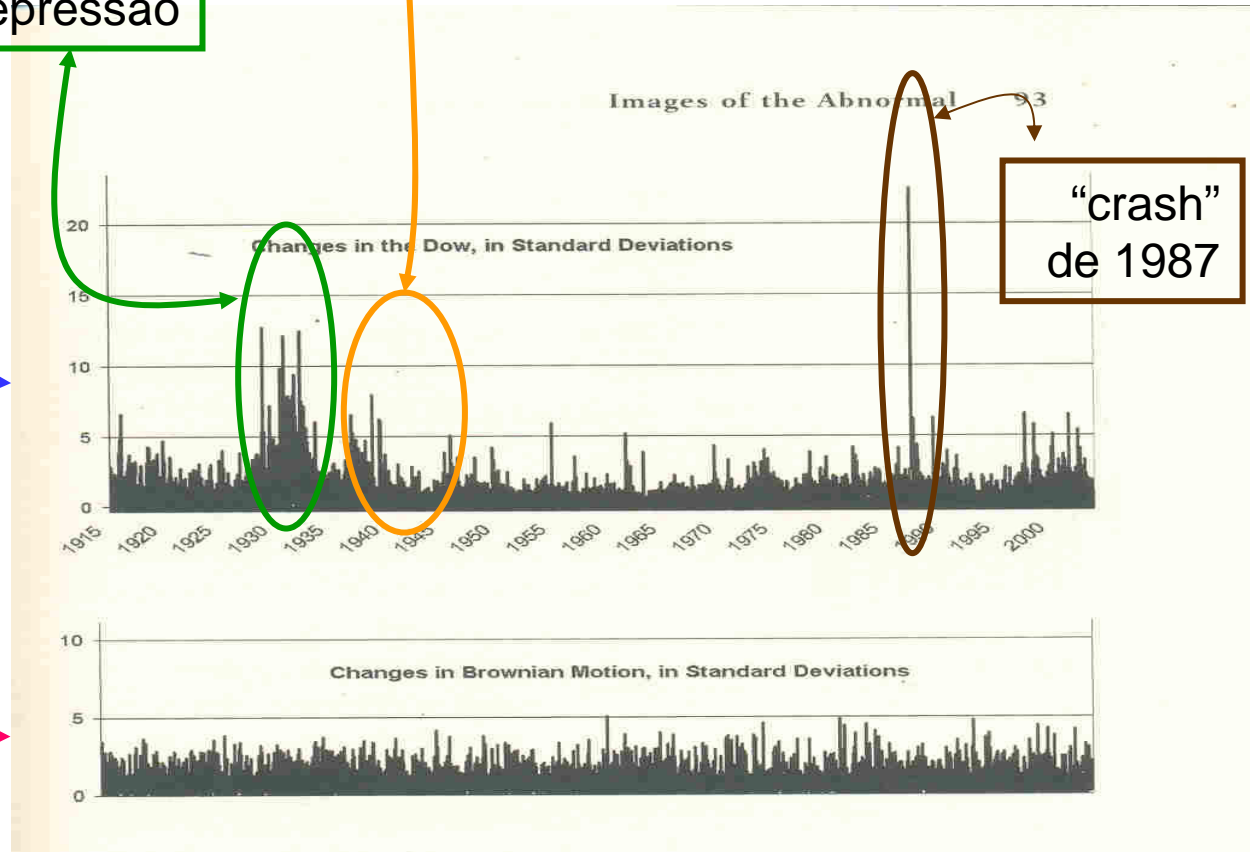
Os dados reais

“crash” de 1929 e a Grande Depressão

2a Guerra Mundial

“crash” de 1987

O que é previsto por modelos atuais usados por economistas





Variação de preços em mercados de ações

Perguntas feitas por diferentes tipos de analistas:

- 1. Economistas e analistas financeiros:** “Quais são os fatores responsáveis pela variação dos preços em curto e longo prazo? Podemos relacioná-los a fatores externos, como por exemplo políticos?”
- 2. Banqueiros e investidores:** “Qual o risco de um investimento? Pode-se controlar este risco? Se sim, com quais estratégias?”
- 3. Econofísicos, matemáticos financeiros e econometristas:** “Quais leis estatísticas descrevem a variação de preços? Qual a frequência dos saltos? É possível prevêê-los?”

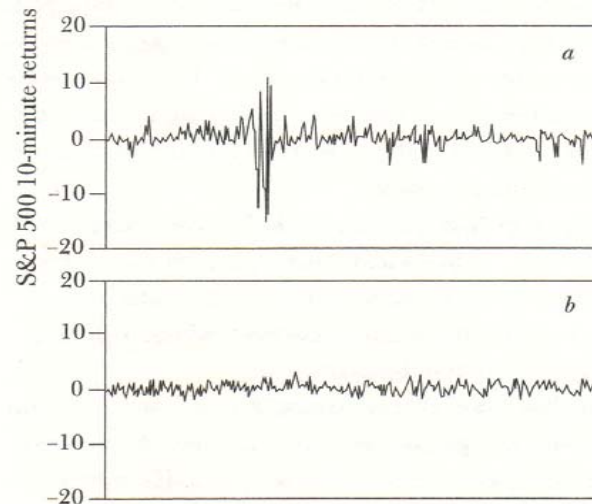
Série histórica do IBOVESPA





Retornos de preços em uma escala de tempo

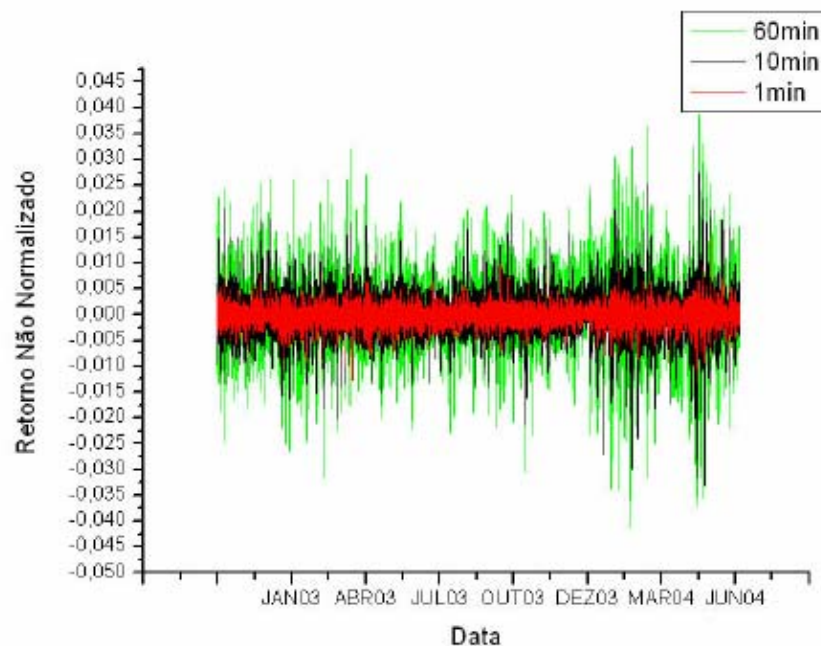
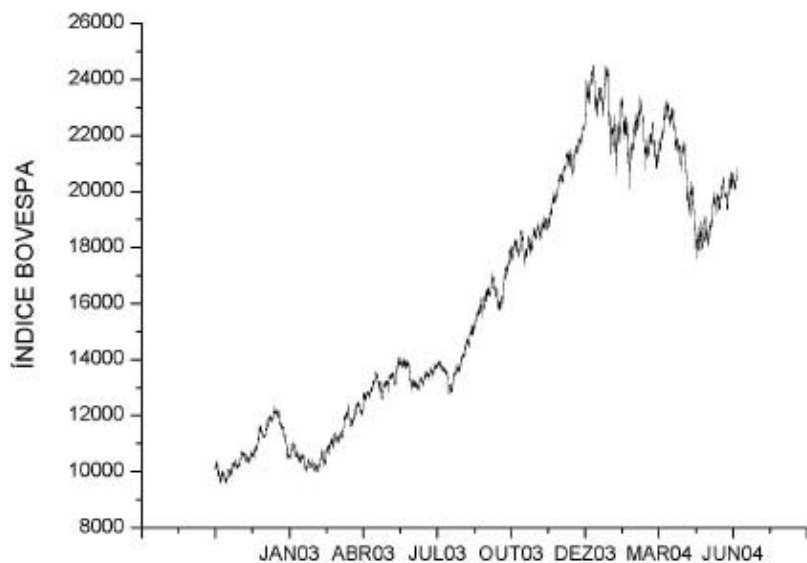
- Retornos são a diferença entre dois valores de um índice separados por um determinado intervalo de tempo;
- É frequente se assumir a hipótese de que retornos se distribuem conforme um movimento Browniano (distribuição gaussiana);
- Mas, dados empíricos não corroboram esta hipótese.



8.2 Fluctuations in “returns” for the Standard & Poor’s 500 market index (a), a common measure of the state of the U.S. economy (see page 198). A return is the difference between two values of the index separated by a certain time interval; here the interval is ten minutes. So a return of zero at a particular time indicates that the S&P 500 Index has not changed over the past ten minutes. Gaussian fluctuations (b), which would be expected for purely random changes, look quite different.

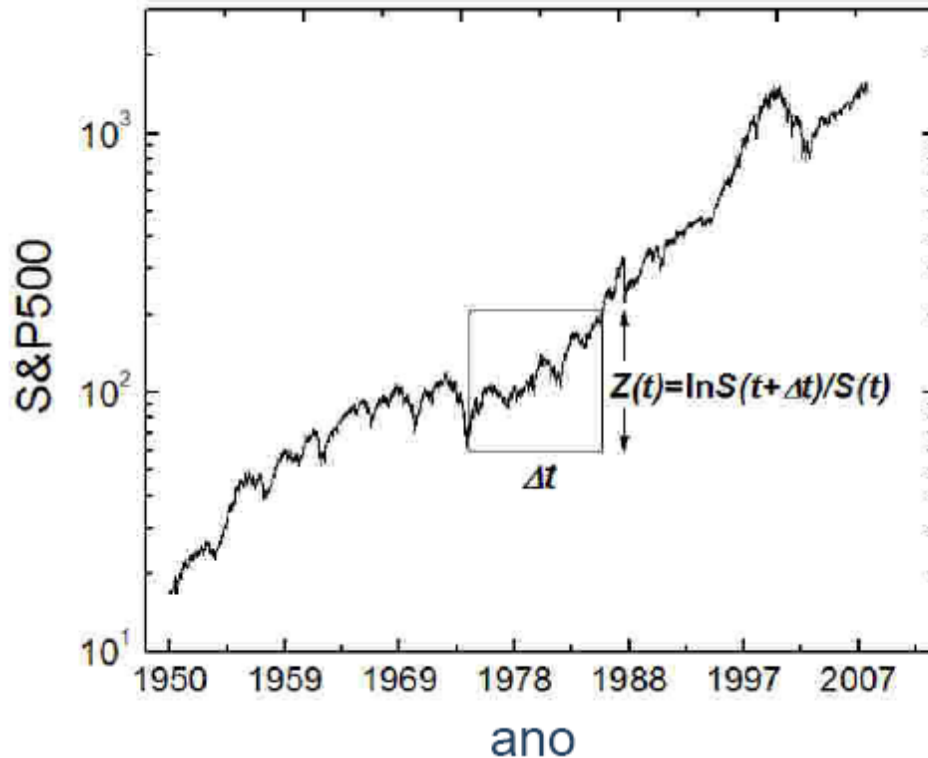


Retornos no IBOVESPA





Retornos de preços em uma escala temporal Δt



Série de preços $S(t)$

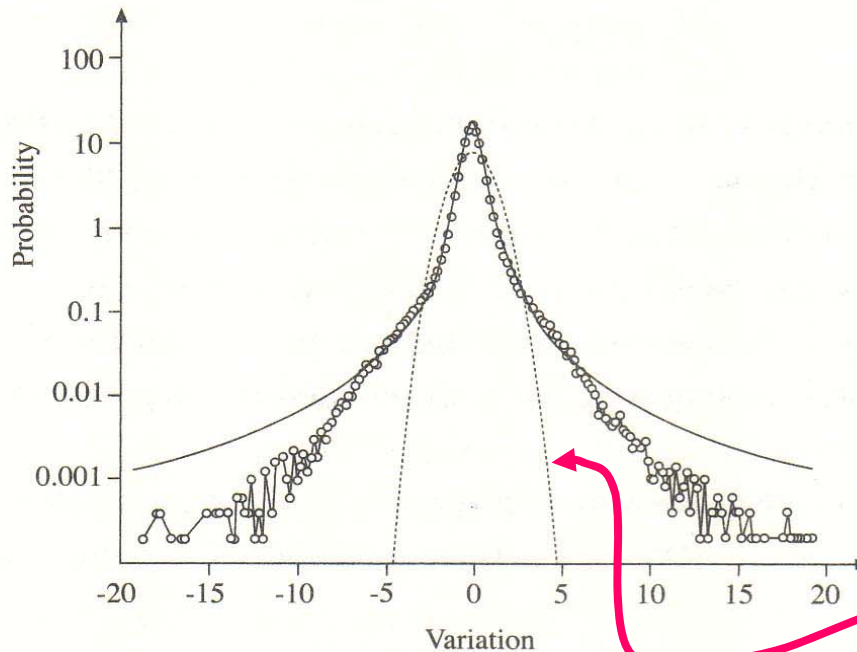
Série de retornos $Z_{\Delta t}(t)$

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

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



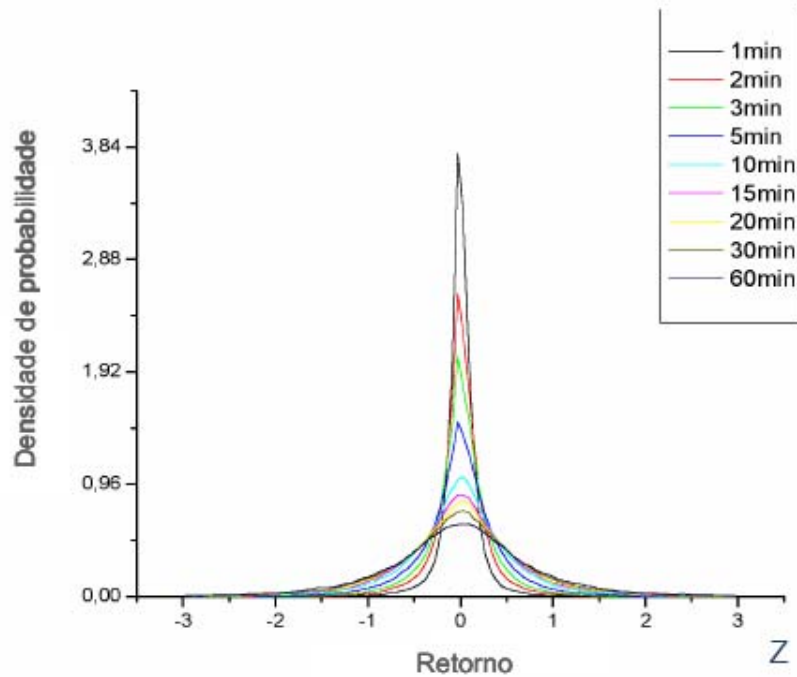
A distribuição dos retornos não obedece uma gaussiana!



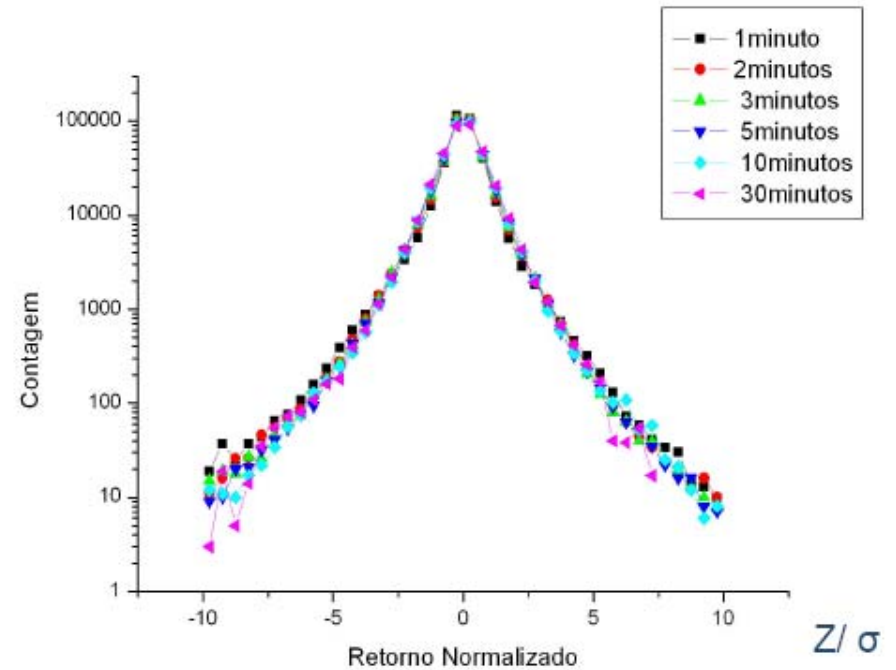
8.3 The probability distribution function for fluctuations in the S&P 500 market index. Here the time interval for the returns is one minute rather than ten minutes, as in Figure 8.2a. But the general shape of the curve is the same for time intervals between one minute and at least a day. For comparison, **the probability distribution for Gaussian fluctuations (a random walk)** is shown as a dashed line. The solid line shows the probability distribution function for a Lévy flight—see page 196.



Colapso de dados de retornos



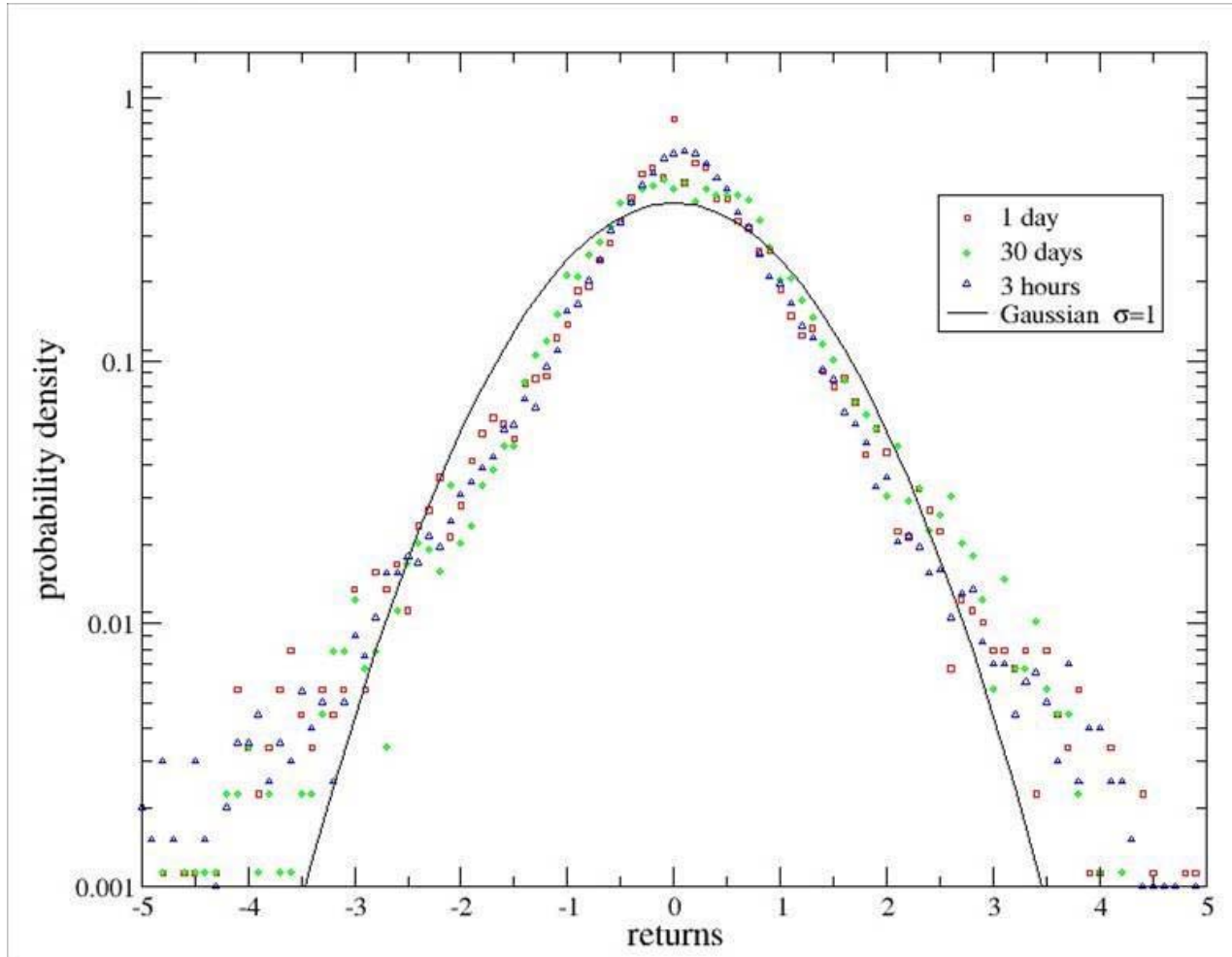
Desvio padrão da distribuição: $\sigma_{\Delta t}$



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



Ainda o colapso dos retornos

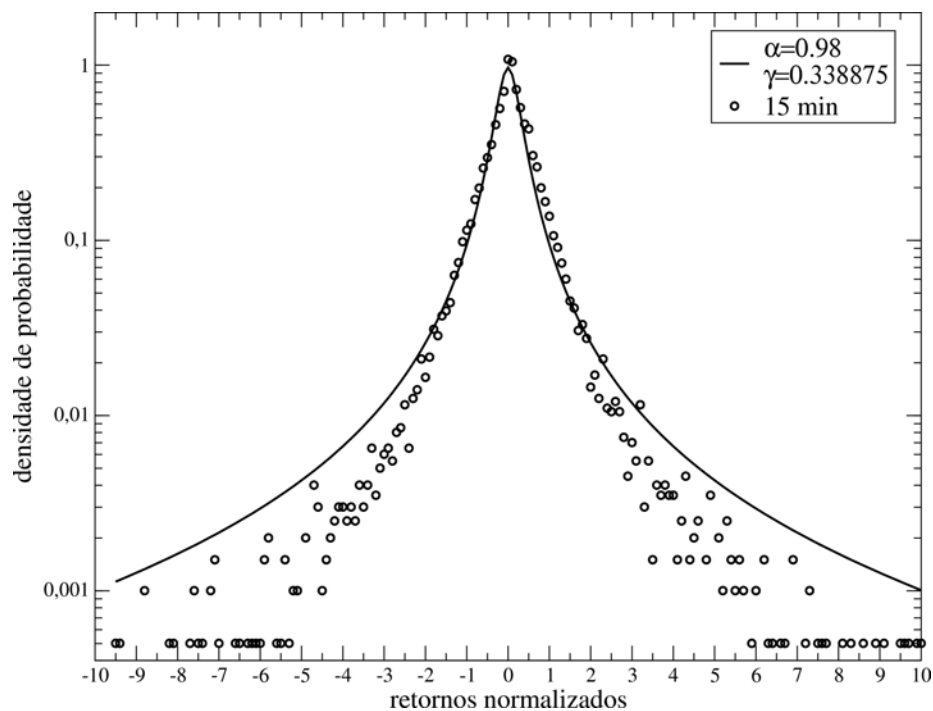


J.A. Carvalho-Filho, 2004

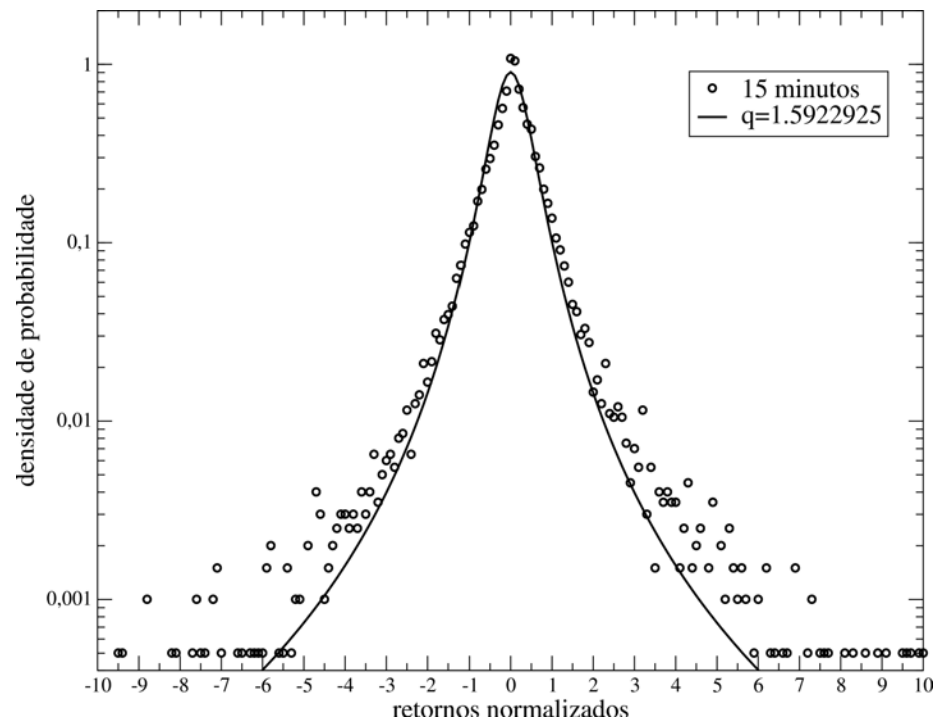


Retornos no IBOVESPA

Distribuição de Levy



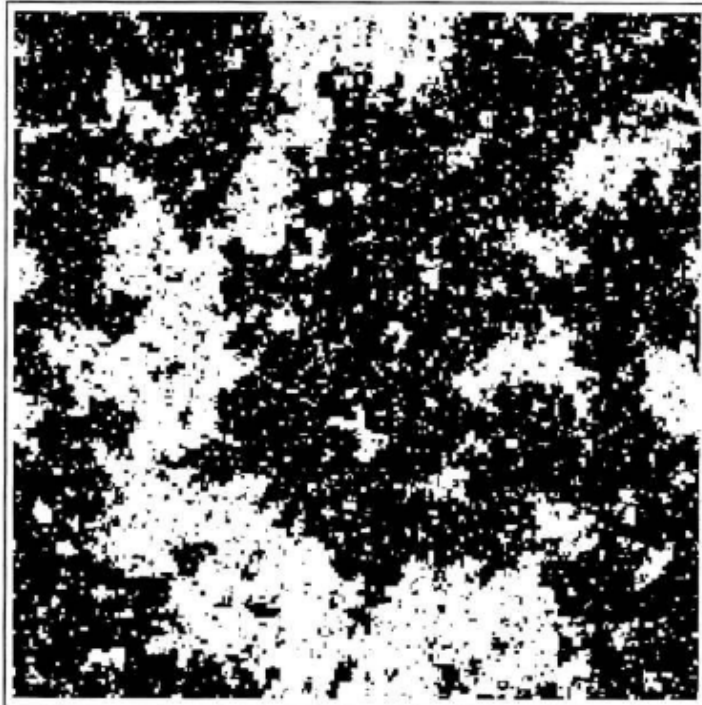
Distribuição de Tsallis



A. M. T. Ramos, 2007



Analogia com sistemas físicos



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

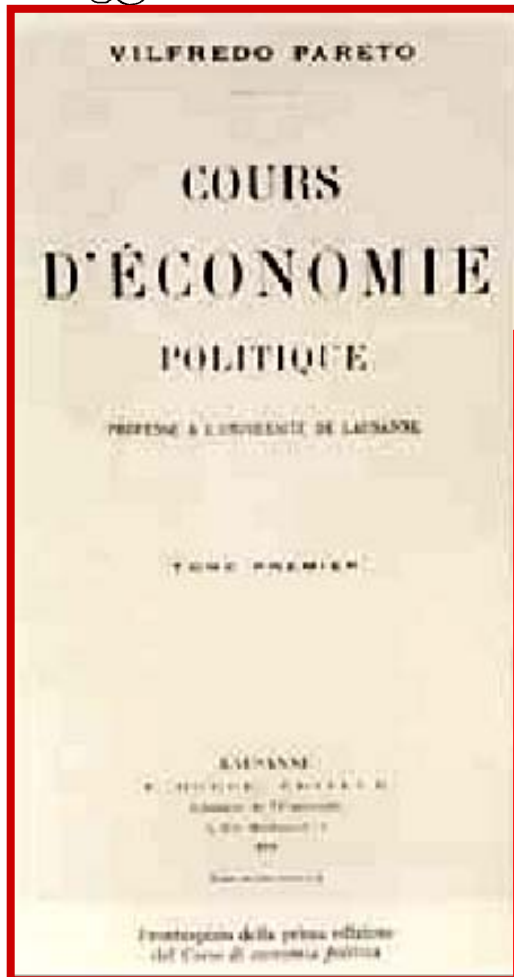


Distribuição de renda

- Problema clássico estabelecido por Vilfredo Pareto em 1897;
- Foi o primeiro a introduzir leis de potência nas ciências sociais, antes mesmo destas terem sido descobertas na física;
- Sua contribuição foi anterior inclusive a George Kingsley Zipf (1902-1950), que verificou que leis estatísticas de potência estão presentes em vários setores de atividade humana, como distribuição das letras em linguagens, estrutura musical, distribuição de indústrias, mortalidade em guerras, etc.



Lei de Pareto



1962. La répartition des revenus n'est pas l'effet du hasard. A première vue, la courbe de la répartition des revenus ressemble à la courbe des probabilités, bien connue sous le nom de « courbe des erreurs ». On pourrait donc supposer que la répartition des revenus est simplement l'effet du hasard (les *conjectures* de Lassalle). Les riches auraient eu les gros lots.

Il n'en est rien. Le profil qui résulterait de la loi des probabilités est beaucoup plus creusé que ne l'est celui de la Fig. 48. En d'autres termes, la courbe des probabilités se rapproche des axes beaucoup plus que la courbe de la Fig. 48.

L'importance de cette proposition nous a engagé à faire plusieurs essais pour tâcher de trouver une démonstration sans recourir aux mathématiques. Malheureusement, ces essais sont demeurés infructueux¹.



Lei de Pareto

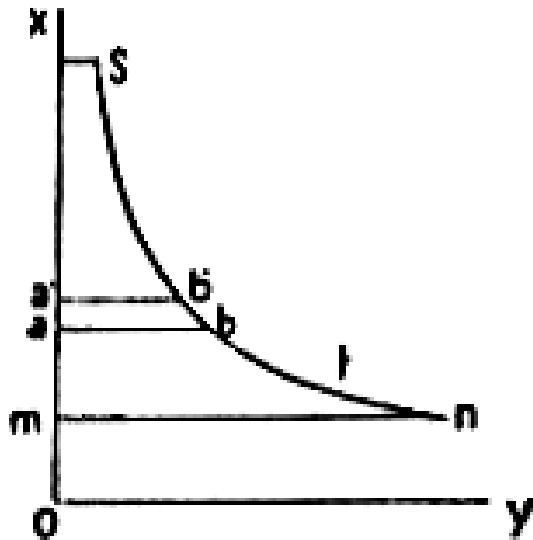


Fig. 48

$$N(x) = \frac{A}{(x + a)^\alpha}$$

On parle souvent de la **pyramide sociale**, dont les pauvres forment la base, les riches le sommet. A vrai dire, ce n'est pas d'une pyramide qu'il s'agit, mais bien, plutôt, d'un corps ayant la forme de la pointe d'une flèche

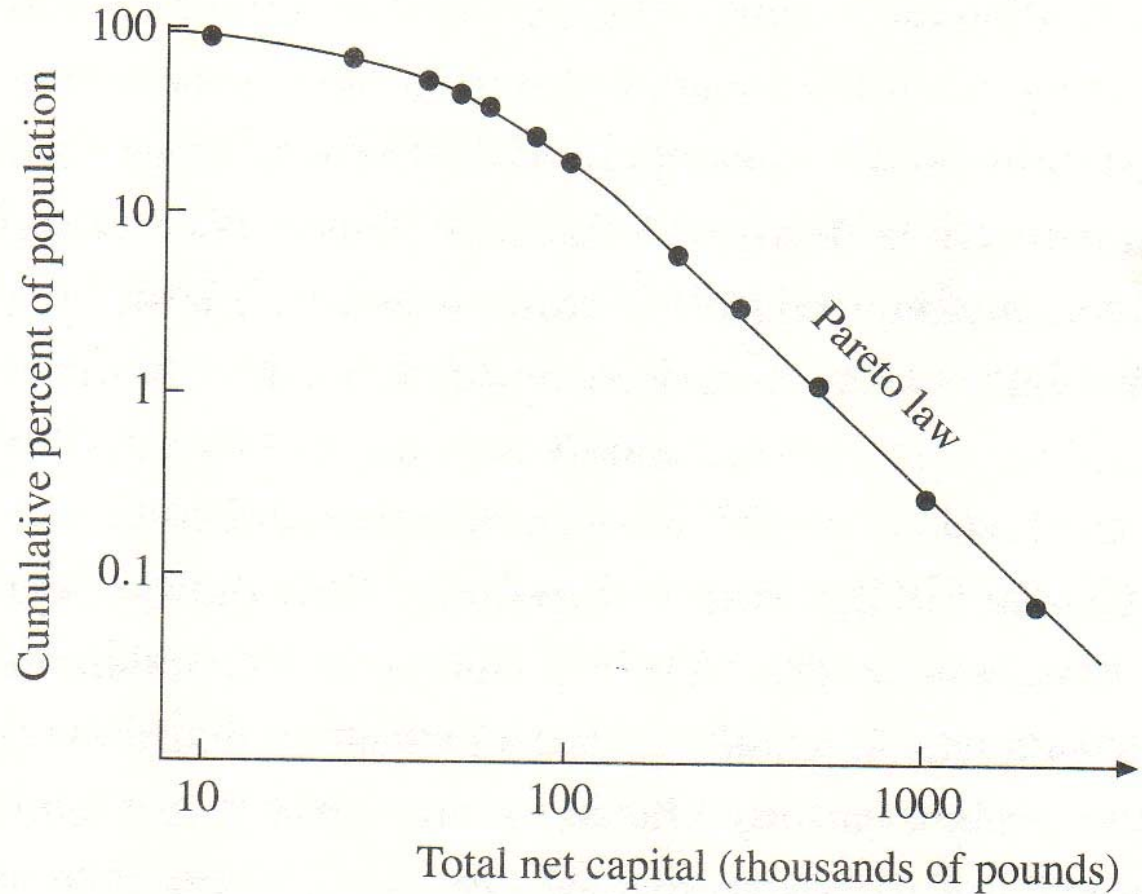
Pays	Inclinaison α	Pays	Inclinaison α
Angleterre, 1843.....	1,50	Pérouse, campagne ...	1,37
» 1879-80...	1,35	Ancône, Arezzo, Parme et Pise (ensemble)..	1,32
Prusse, 1852.....	1,89	Villes italiennes (ensemble), (1958 ?).....	1,45
» 1876.....	1,72	Bâle, 1887.....	1,24
» 1881.....	1,73	Paris (loyers).....	1,57
» 1896.....	1,68	Augsburg, en 1471....	1,43 (i)
» 1899.....	1,60	» en 1498....	1,47 (i)
Saxe, 1880.....	1,58	» en 1512....	1,26 (i)
» 1886.....	1,51	» en 1526....	1,13 (i)
Florence.....	1,41	Pérou (fin du 18 ^e siècle.)	1,79 (i)
Pérouse, ville.....	1,69		

Nous verrons plus loin (965¹) qu'une diminution de l'inclinaison α , indique une moindre inégalité des revenus.



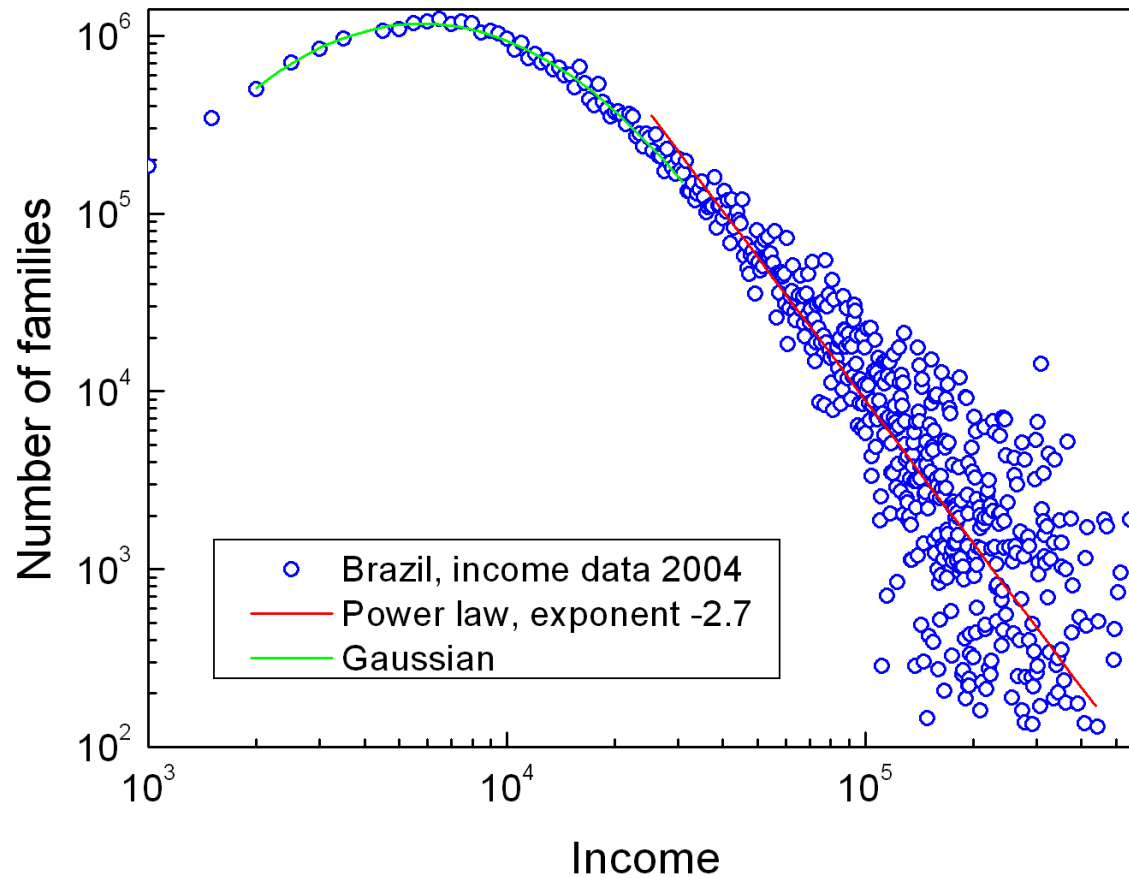
Lei de Pareto

- Lei de potência de Pareto para a distribuição de renda da Grã-Bretanha em 1996.



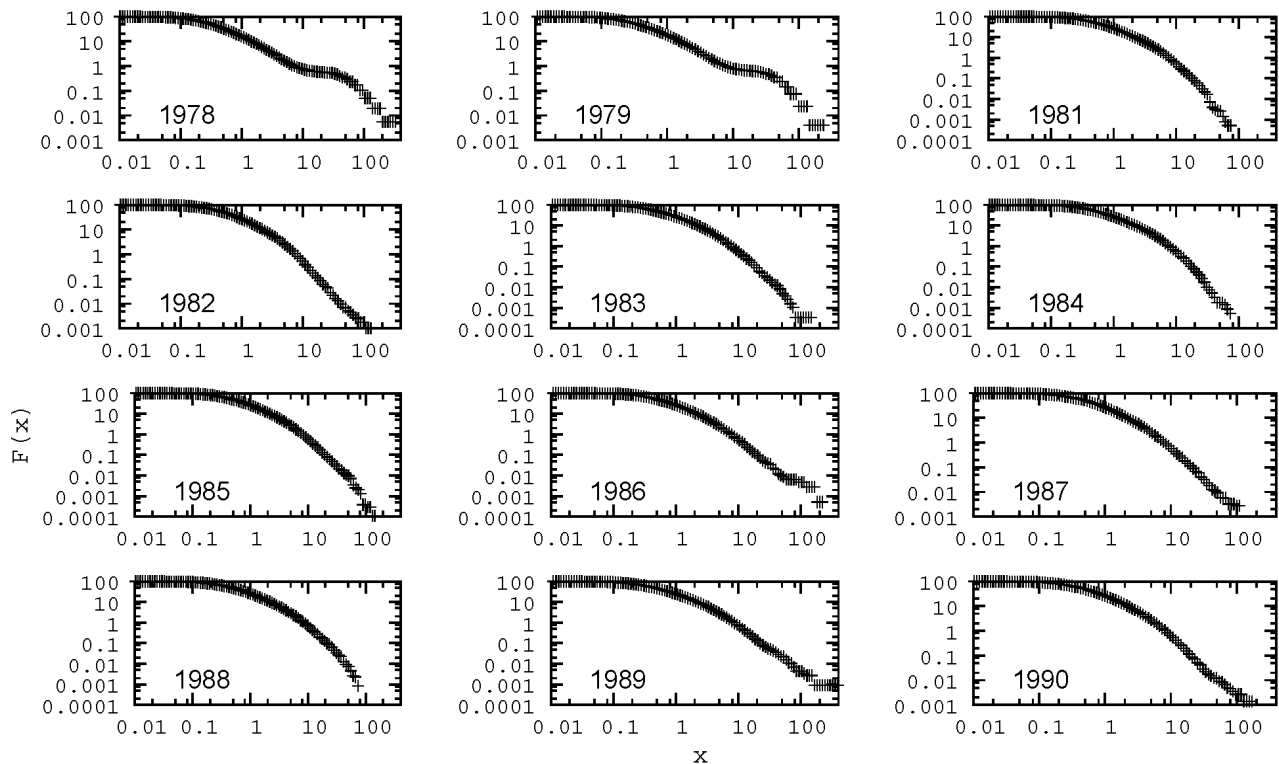


Distribuição familiar de renda no Brazil



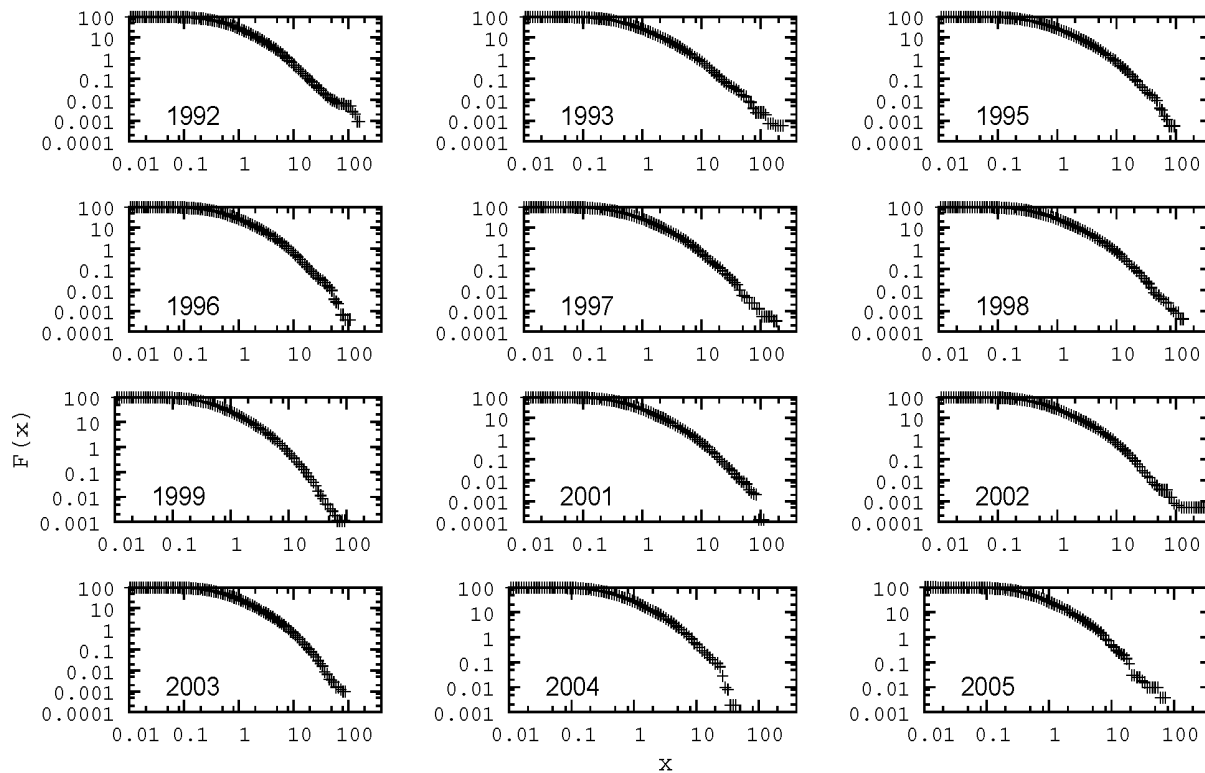


Lei de Pareto no Brasil: renda individual (Moura Jr & Ribeiro 2009)





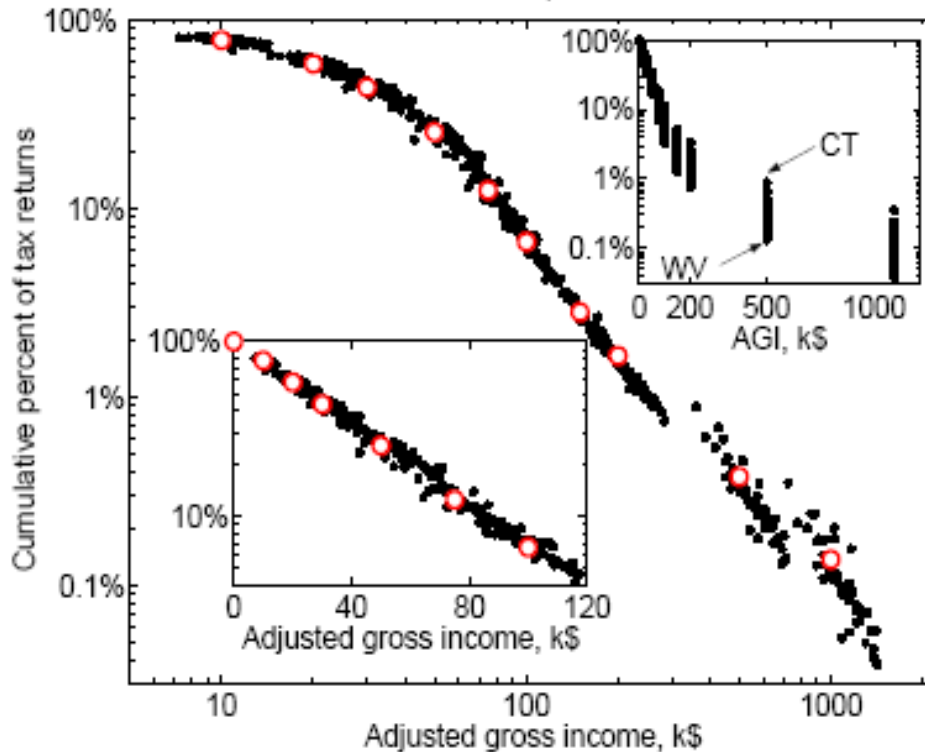
Lei de Pareto no Brasil: renda individual (Moura Jr & Ribeiro 2009)



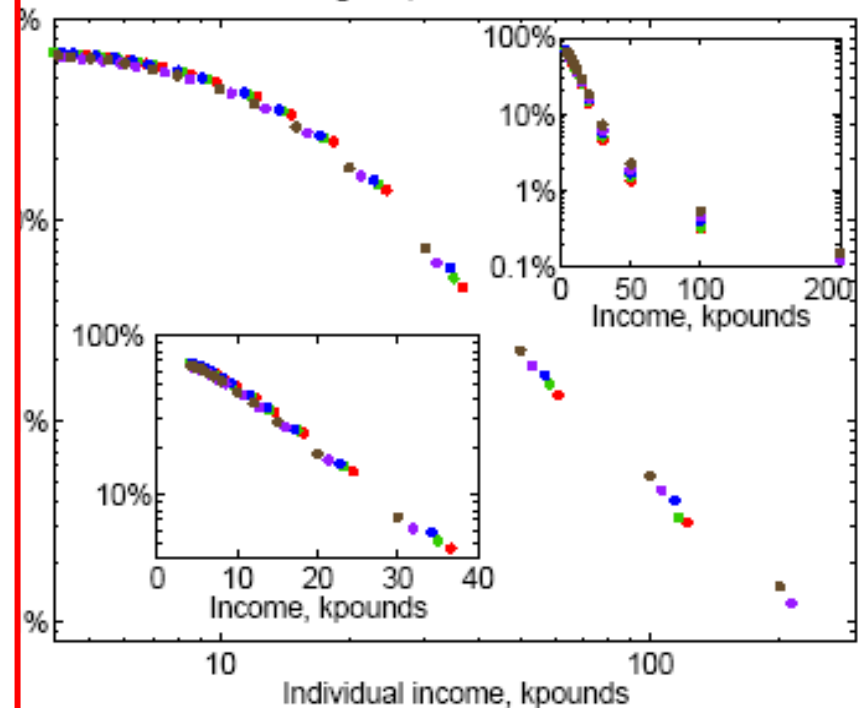


Comportamento exponencial + lei de potência (Dragulescu & Yakovenko, 2001)

All states of the USA, IRS data for 1998



United Kingdom, IR data for 1994-1998



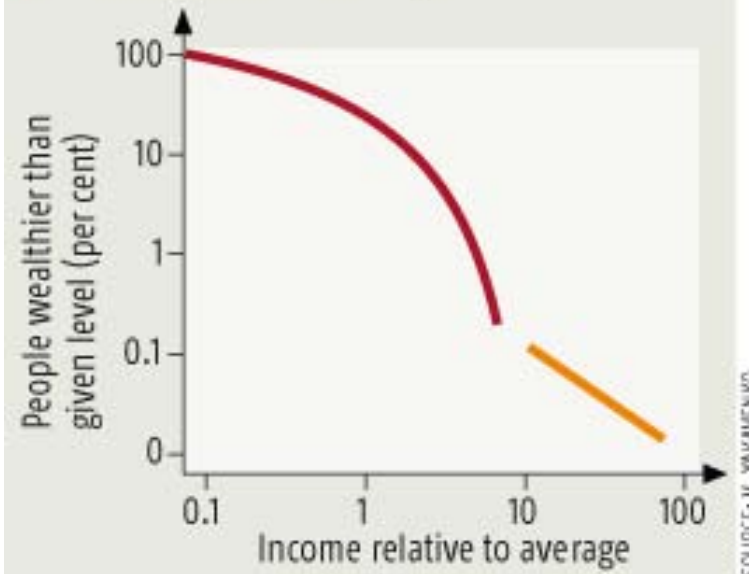


Distribuição de renda nos EUA sugerem duas classes distintas

WEALTH IN THE US

The wealth of the super-rich follows Pareto's Law: the number of people having wealth (W) is proportional to $1/W^e$, where e is always between 2 and 3. But the wealth of a majority of people fits another curve that describes the energies of atoms in a gas

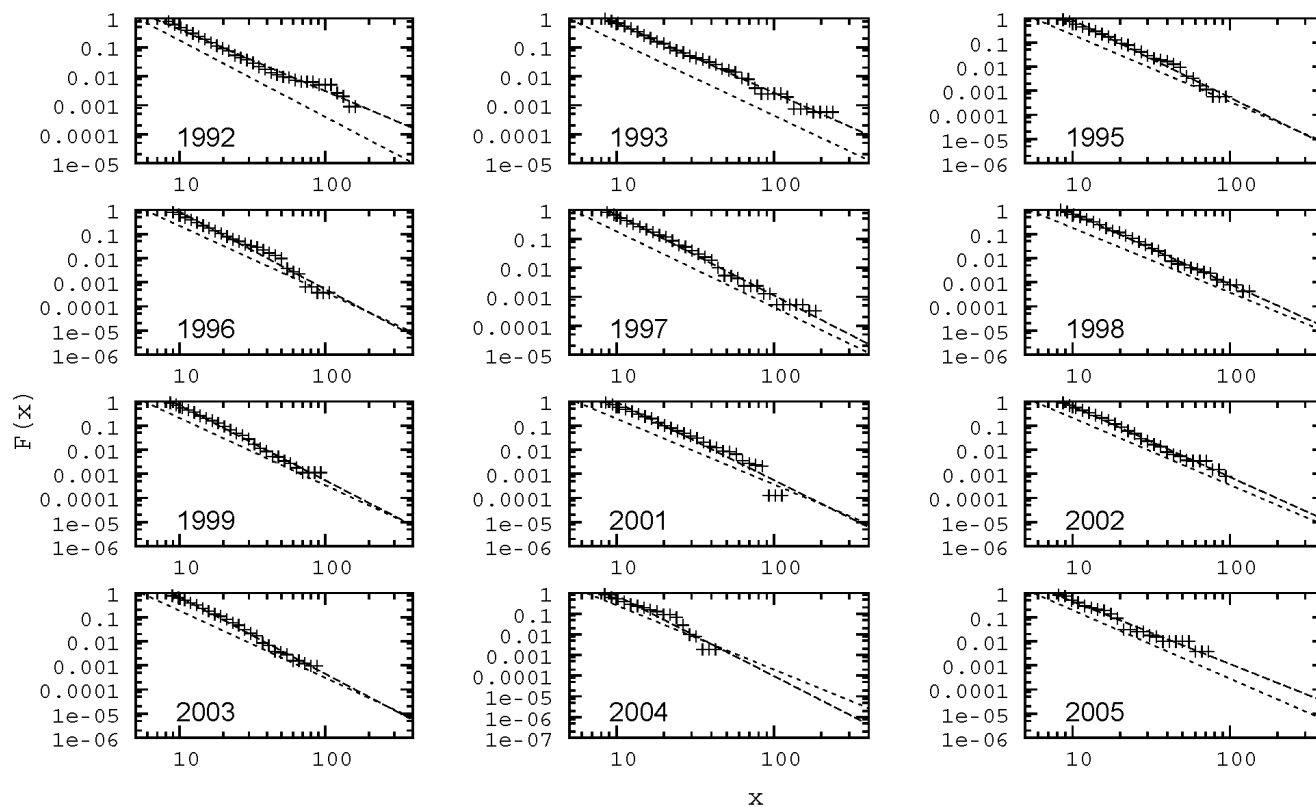
- 3% of people's wealth follows Pareto's law
- 97% behave like atoms in gas



Dados de 1983 a 2001



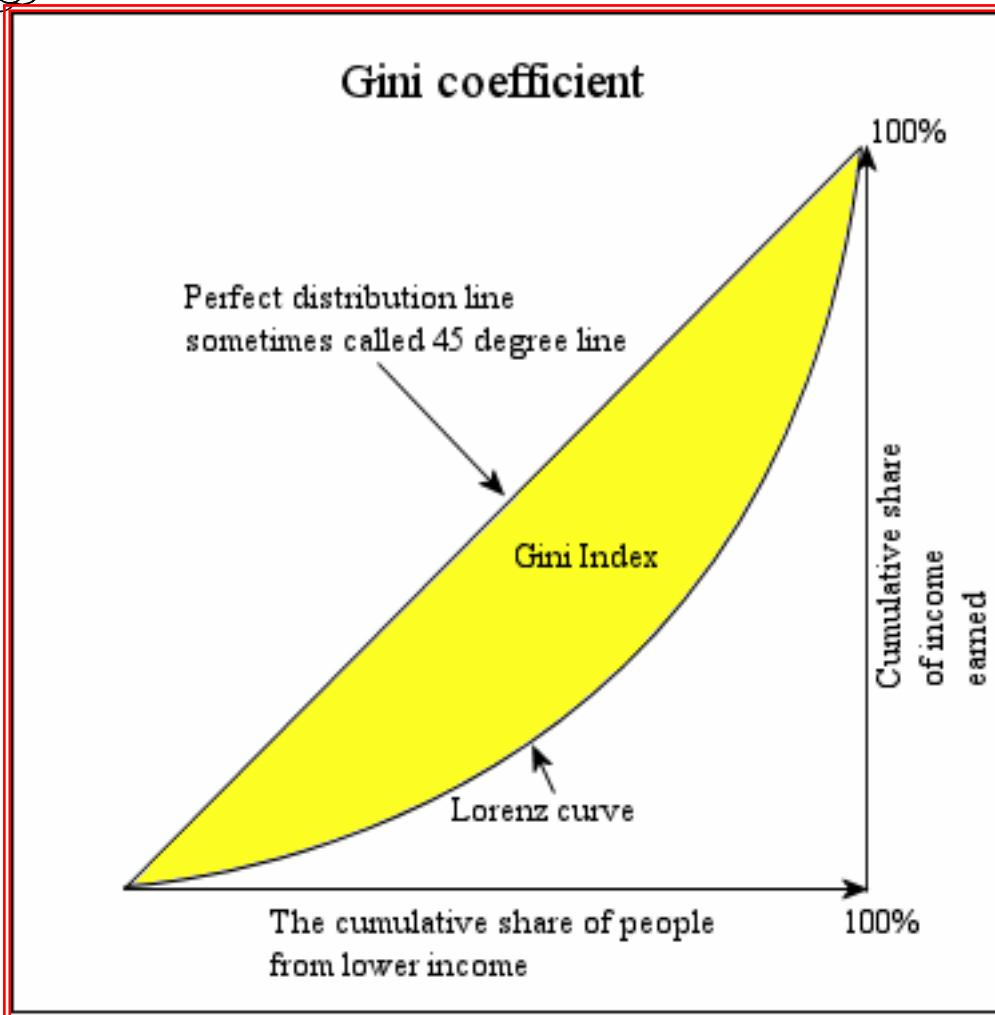
E no Brasil também...



No Brasil a lei de Pareto inclui apenas 1% da população (Moura Jr & Ribeiro 2009)



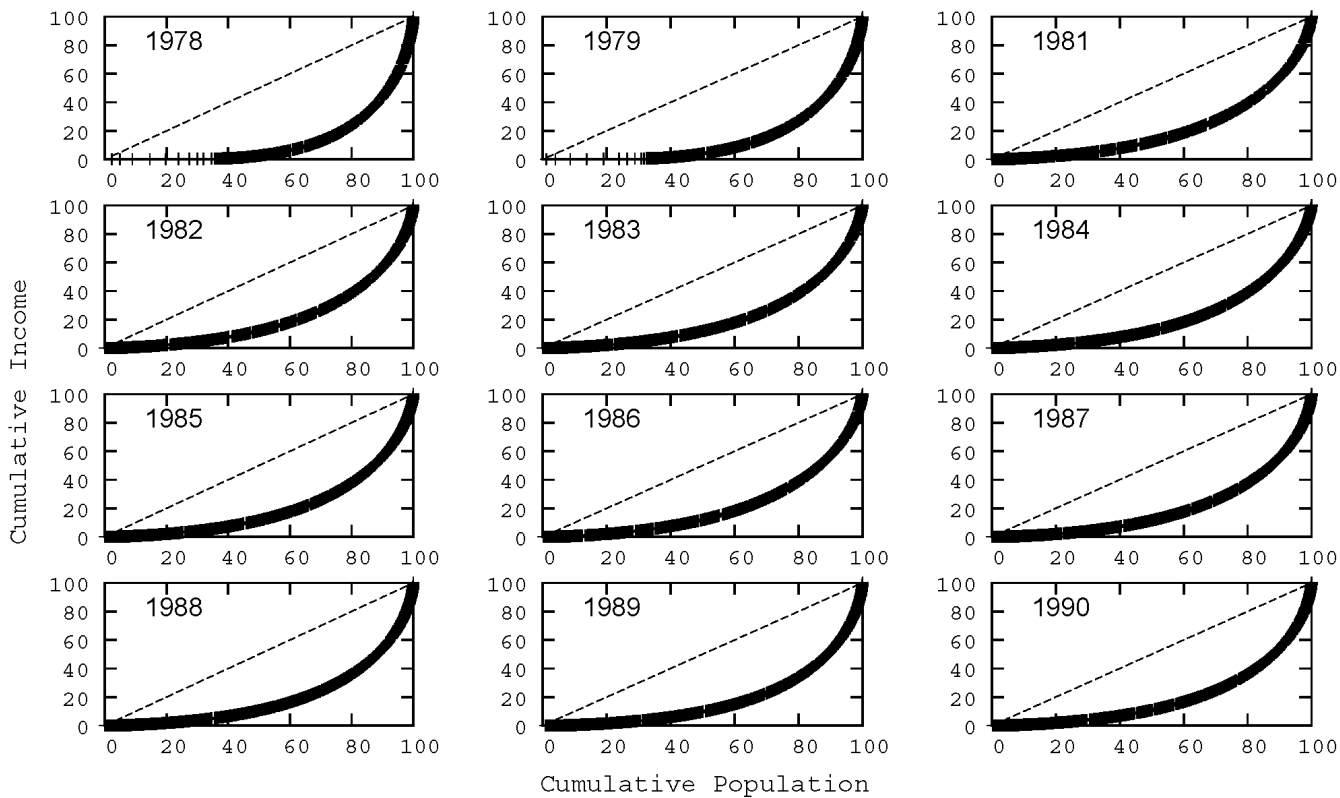
Medida de desigualdade: coeficiente de Gini



$$G = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i,j} |w_i - w_j|}{N \sum_i w_i}$$

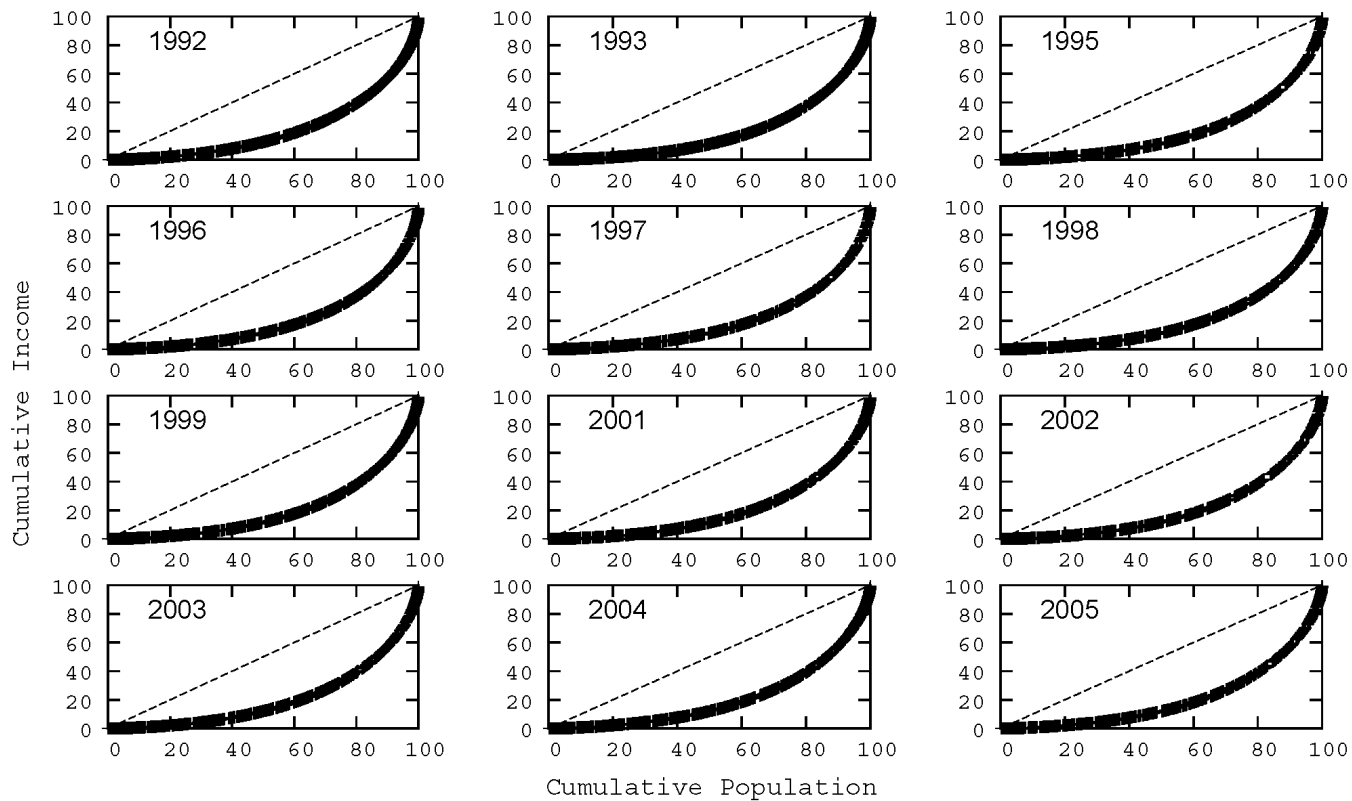


Curvas de Lorenz no Brazil



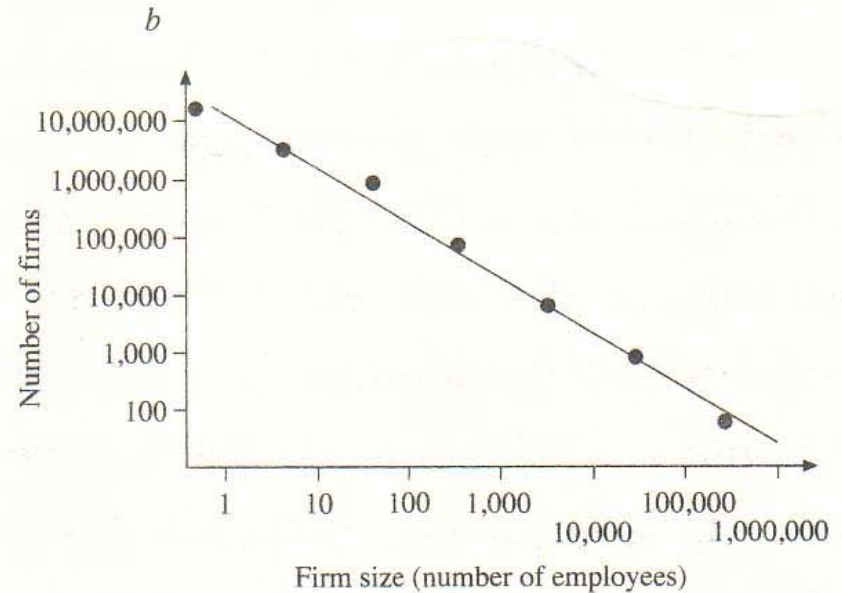
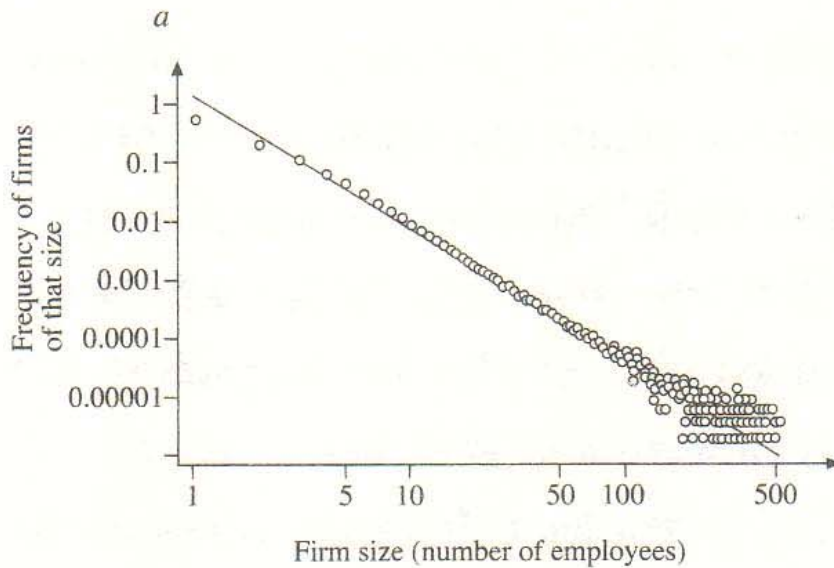


Curvas de Lorenz no Brazil





Distribuição do tamanho das firmas também segue uma lei de potência



11.3 The statistical distribution of firm sizes in Axtell's model is a power law, displaying a straight line on a logarithmic plot (a). The distribution of U.S. firms in 1997, compiled from census and Compustat data combined with self-employment data, also shows such power-law behavior (b). The largest sector consists of 15.5 million firms that have “no” employees—that is, they are self-employed individuals.



Alguns outros problemas estudados atualmente em econofísica

- Agentes interativos (analogia com gases);
- Estudo de criminalidade via agentes interativos;
- Efeitos de memória na distribuição de preços em mercados de ações;
- Quão cíclicos são os “crashes” em bolsas de valores;
- Estatística de votos em eleições;
- Lei de potência na falência das empresas.



Mas, nem tudo são flores...

- Físicos não devem reinventar a roda;
- A pensamento econômico da economia tradicional não é uma caixa vazia, apesar das críticas procedentes feitas pelos físicos;
- Econofísicos precisam estudar alguma teoria econômica tradicional.



Assim, é preciso superar uma dificuldade básica dos físicos que atuam em problemas econômicos

“...a maioria dos econofísicos não digeriu as sutilezas do pensamento econômico e não conseguiram associar suas idéias e técnicas ao principal (“mainstream”) da pesquisa feita em economia.” (Econophysics: historical perspectives [arXiv:0802.1416v1](https://arxiv.org/abs/0802.1416v1) [physics.soc-ph])