

Breve Contribuição das Redes Complexas para a Econofísica

Eder J. A. L. Pereira¹

¹Instituto Federal de Educação do Maranhão –
Caixa Postal: 094 – Buriticupu – Ma – Brazil

eder.johnson@ifma.edu.br

Abstract. This article aims to show the recent contribution of complex networks to the economy, especially econophysics, making a brief introduction to econophysics and then demonstrating the contribution of complex networks to financial markets and on the understanding of the production for the economy.

Resumo. Este artigo se propõe a mostrar a recente contribuição das redes complexas à economia, em especial a econofísica, fazendo uma breve introdução sobre esta e, em seguida, demonstrando a contribuição das redes complexas aos mercados financeiros e sobre o entendimento da produção para a economia.

1. Introdução

A partir da denominação econofísica, há aproximadamente, vinte anos, ela vem crescendo num ritmo acelerado e diversificando suas áreas de atuação dentro da economia. Entre estas áreas é relevante o número de trabalhos envolvendo redes complexas e economia, sendo que elas podem contribuir bastante com a economia, principalmente em áreas como os mercados financeiros, economia internacional e crescimento econômico.

Desta forma, este artigo pretende fazer uma breve análise da evolução da econofísica, durante estes vinte anos, desde o seu surgimento, até os dias atuais. E em seguida, mostrar o estudo das redes complexas como subárea da econofísica, demonstrando, por meio de alguns artigos publicados sobre o tema, a importância das redes complexas para duas áreas da economia: mercados financeiros e crescimento econômico. Para isso este artigo está dividido da seguinte forma: no capítulo dois será mostrado o conceito de econofísica, no capítulo três, redes complexas e sua breve importância para a econofísica, seguindo com a conclusão.

2. Econofísica

A expressão econofísica surge com Stanley *et al.* (1996) e num congresso ocorrido em 1995, em Kalkuta, também é cunhado o termo. Essa expressão é um neologismo utilizado para o ramo da física dos sistemas complexos que procura fazer um levantamento completo das propriedades estatísticas dos mercados financeiros, usando o

imenso volume de dados agora disponíveis e a metodologia de trabalho da física estatística, Stanley e Mategna (1999).

Entretanto, antes do surgimento do termo econofísica, Mandelbrot (1963) mostrou que o preço do algodão durante meio século se encaixava em distribuição no formato de lei de potência. Mandelbrot percebeu que distribuições normais não conseguiam explicar as elevadas flutuações do preço do algodão, sendo que uma distribuição no formato de lei de potência se ajustava melhor aos dados. A lei de potência ou lei de Pareto foi originalmente estudada pelo economista Vilfredo Pareto (1848-1923) que estava interessado na distribuição de renda na Itália em 1906. Ao invés de perguntar qual seria a enésima maior renda, ele perguntou quantas pessoas teriam uma renda maior do que x . Com isso, Pareto definiu sua distribuição da seguinte forma:

$$P[X > x] \sim (m/x)^{-k} \quad (1)$$

Onde m representa o menor salário e $m > 0, k > 0$ e $x \geq m$ e k é um índice de desigualdade, e quanto menor for este mais desigual é a distribuição de renda. Essa expressão atesta que há muitos milionários e poucas pessoas modestas.

No caso de uma lei de potência a informação relevante não é quantas pessoas possuem salário maior do que x . Mas quantas pessoas recebem exatamente x . Neste contexto, a função de distribuição de probabilidade associada – FDP, associada com a FDA dada por Pareto.

$$P[X = x] \sim x^{-(k+1)} = x^{-a} \quad (2)$$

Observe que no expoente da distribuição em lei de potência, $a = k + 1$, k é o parâmetro da distribuição de Pareto. De acordo com Gleria et al (2004, pág.106):

A lei de Pareto é uma lei de potência clássica. Graças a isso, algumas vezes as distribuições de Levy são chamadas de Pareto-Levy. Nos anos 2000, a econofísica amplia rapidamente sua abordagem e passa a estudar vários fenômenos que ocorrem não somente nos mercados financeiros, mas na economia em geral, suas aplicações vão desde o uso de análise fractal das distribuições dos retornos até modelos baseados em agentes evolucionários.

3. Redes Complexas

As redes complexas são nós (vértices) ligados por arestas e elas podem ser exemplificadas por: redes de transportes (rede das linhas aéreas no Brasil, redes das rodovias), interações sociais (redes de conhecimento, redes de colaboração científica), redes biológicas (redes reguladoras de genes e redes de interação de proteína) e redes em economia (redes bancárias e redes de países exportadores).

O estudo das redes iniciou-se com a resolução do Problema de Königsberg, cidade da Prússia, atual Kaliningrado, na Rússia. Após a afirmação por Leonard Euler, em

1736, de que o problema não tinha solução, o matemático revolucionou não na resposta, mas na forma como foi desenvolvida esta. Euler criou conceitos básicos como nós e arestas. Dois séculos depois, os matemáticos, Paul Erdős e Alfred Rényi, introduziram um novo conceito que permite o estudo destas redes, a teoria dos grafos aleatórios. A ideia foi combinar a teoria dos grafos com o ferramental da teoria das probabilidades. Outras três contribuições fundamentais foram: a descoberta do efeito mundo pequeno por Stanley Milgron (1967) e Duncan Wattz e Steven Strogatz (1998) e redes livre de escala Albert-László Barabasi e Réka Albert (1999).

A estrutura de uma rede complexa é representada da mesma forma que um grafo por meio de um conjunto R que, no caso de redes que não apresentam pesos em suas ligações, é definido por $R(v, \varepsilon)$, onde $v = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_N\}$ são os nós (ou vértices) e $\varepsilon = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_M\}$ são as arestas ou conexões que conectam pares de nós. O número de elementos em v e ε são N e M , respectivamente. Na Figura 1 temos uma representação esquemática simples de uma rede com três arestas e três nós.

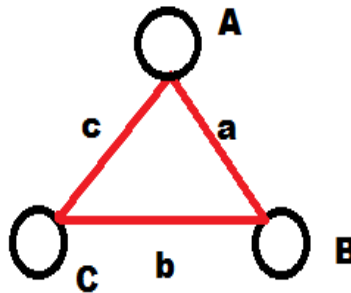


Figura 1. Rede composta por três elementos que A, B e C que representam os vértices (nós) da rede e a, b e c as arestas.
Fonte. Elaboração Própria

3.1. Redes Complexas e Mercados Financeiros

A utilização de redes complexas nos mercados financeiros tem possibilitado uma nova visão sobre estes, principalmente para mensurar a integração financeira entre as bolsas de valores, entre ativos, bancos ou entre empresas, neste caso, os nós costumam ser os ativos, bancos ou países. Sendo que a principal vantagem do uso de redes complexas é uma possível visualização da integração existente entre os diversos ativos.

Na Figura 2 segue a rede complexa referente às empresas listadas na BM & F Bovespa (bolsa de valores brasileira).



Figura 2: Rede complexa das empresas da Bovespa. Fonte. Sandoval Junior, 2013

Para os mercados financeiros, a maior contribuição das redes complexas, até o momento, tem sido mostrar os mercados financeiros como interdependentes e passíveis de fragilidade financeira. Neste contexto, até a crise de 2008, predominava na economia a ideia de mercados eficientes proposta por Fama (1970) em que os ativos refletiam toda a informação disponível. Entretanto, a crise de 2008, demonstrou que os mercados não são eficientes e a interligação financeira entre diversos ativos ou bancos ver Tabak et. al (2014). Isso significa que, em momentos de crise financeira, as bolsas tendem a ficar mais interligadas, podendo modificar totalmente a política econômica e monetária de um país.

3.2 Redes Complexas e Produção

Atualmente para mensurar o grau de conexão entre os diversos setores exportadores e importadores da economia, os pesquisadores Ricardo Hausmann, economista e o físico Cesar Hidalgo estão formulando uma nova ideia do que seja o nível de crescimento econômico. Para eles um elemento importante é conectividade entre alguns setores, por exemplo, para produzir um computador a empresa deve confiar em outras que vão produzir a bateria, o visor de cristal líquido, os chips, o mouse, o software, etc. Em outras palavras, quanto mais complexa e interligada forem às relações entre os diversos setores maiores serão as chances de um país crescer economicamente, pois maior é o conhecimento produzido pelo país em questão.

Esse tipo de pesquisa pode representar um avanço nas teorias do crescimento econômico por ser uma análise de diversos setores desagregados. Normalmente, os modelos econômicos tendem a considerar apenas dois setores como por exemplo, bem e capital. No caso das redes complexas há uma mudança de paradigma na medida em que é possível visualizar como cada setor interferiu no outro ou qual a probabilidade de desenvolver uma nova atividade ou novo setor. Ver a figura de Hidalgo et. al. (2007):

FIGURE 2. NETWORK REPRESENTATION OF THE 1998–2000 PRODUCT SPACE

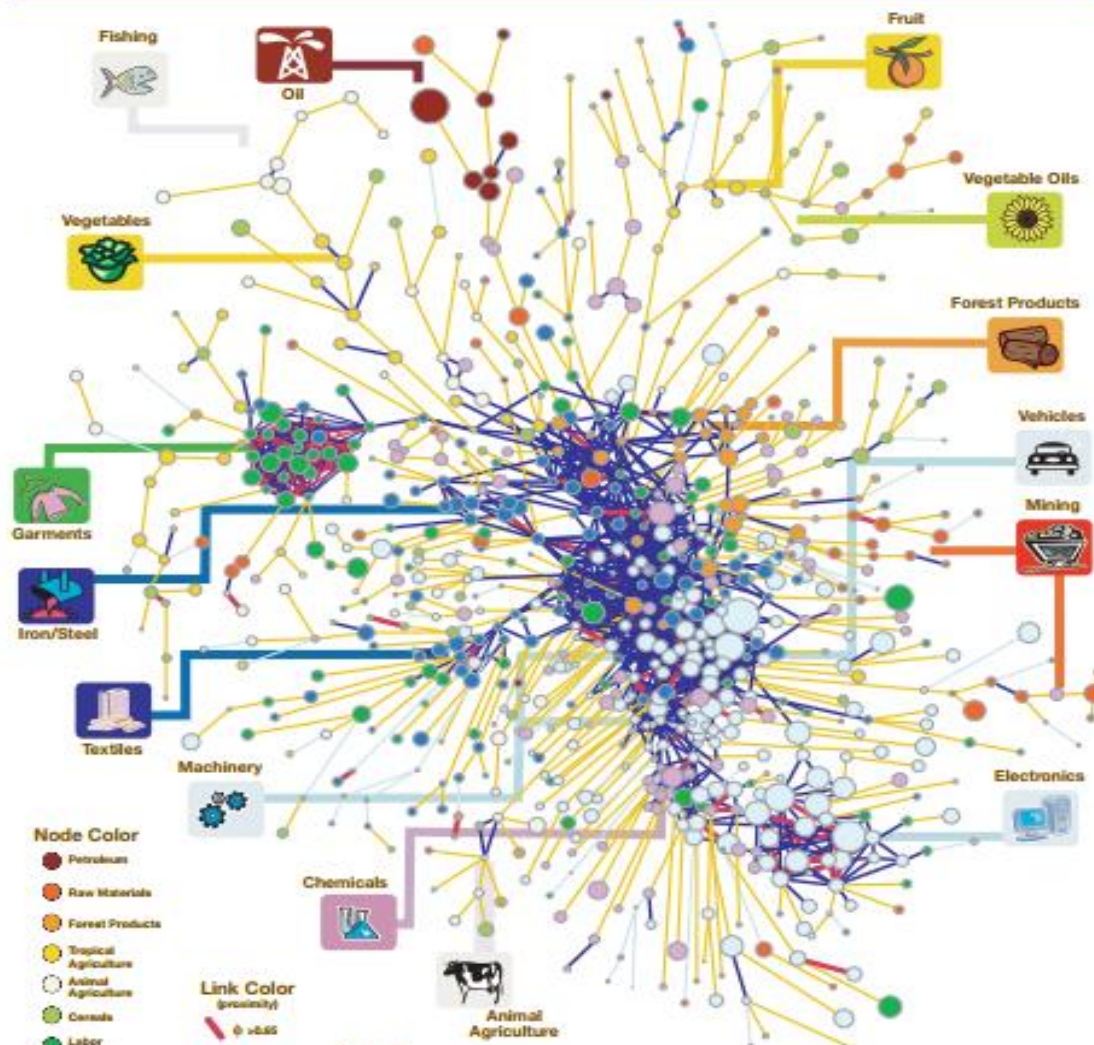


Figura 3: Representação de uma rede de produto de espaço (1998-2000).
Fonte: Hidalgo et. al. (2013).

4. Conclusão

O recente avanço da econofísica tem contribuído para que os economistas entendam processos passíveis de instabilidade, como os mercados financeiros. Nesse contexto, o uso de redes complexas tem aberto um novo e amplo campo de estudo dentro das ciências econômicas que falta muito a explorar, até pelos próprios economistas. Dessa forma, há, a possibilidade de aplicação das redes em outras áreas da economia como: desenvolvimento econômico, microeconomia, economia do meio ambiente, macroeconomia, dentre outras.

Cabe ressaltar que vários trabalhos vêm sendo publicados, principalmente, em relação aos mercados financeiros e em relação à complexidade da produção na economia, podendo auxiliar a teoria econômica. Desta forma, pretende-se para o futuro, promover a aplicação de redes complexas em mercados financeiros, principalmente, nos

mercados emergentes verificando a interconectividade das suas bolsas de valores. Além disso, em relação a Complexidade de produção, tem-se como proposta ao invés de usar a exportações e importações de bens entre os países para montar a rede complexa, já que nem tudo que é produzido é exportado ou importado, utilizar a matriz insumo-produto proposta por Leontief (1986) com o objetivo de visualizar a demanda e a oferta de determinado setor da economia e a interligação entre estes setores.

5. Referências

- Barabási, A. L. & Albert, R. (1999). *Emergence of scaling in random networks*. Science **286**, 509–512.
- Erdős, P. & Rényi, A. (1960). *On the evolution of random graphs*. Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci. **5**, 17–61.
- Gleria, Iram; Matsushita, Raul; Silva, Sérgio da. (2004). *Sistemas complexos, criticalidade e leis de potência*. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 26, n.2, p.98-108, mar.
- Hidalgo CA, Klinger B, Barabási A-L, Hausmann R. (2007). *The product space conditions the development of nations*. Science 317:482–487.
- Leontief, Wassily W. *Input-Output Economics*. 2nd ed., New York: Oxford University Press, 1986.
- Mandelbrot, B. B. (1963). *The variation of certain speculative*. *Journal of Business*, v.36, n.4, p. 392–417.
- Mantegna, Rosário; Stanley, Eugene. (1999). *An introduction to econophysics: correlation and complexity in finance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.166 p.
- Sandoval, Leonidas . (2012). *A map of the Brazilian stock market*. *Advances in Complex Systems*, v. 15, p. 1250042-1250082.
- Stanley, H. E.; Afanasyev(V.), Amaral (L. A. N.), Buldyrev (S. V.), Goldberger(A. L.), Havlin (S.), Leschhorn (H.), Maass (P.), Mantegna (R. N.), Peng (C.-K.), Prince (P. A.), Salinger (M. A.), Stanley (M. H. R.), Viswanathan (G. M.): *Anomalous fluctuations in the dynamics of complex systems: from DNA and physiology to econophysics* Physica A, 224, 1-2, 302-321, 1996.
- Mandelbrot, B. B. *The variation of certain speculative*. *Journal of Business*, v.36, n.4, p. 392–417, 1963.
- Tabak, B. M. ; Rocha, J. ; Takami, M. ; Cajueiro, D.O. ; Souza, S.R. . *Directed clustering coefficient as a measure of systemic risk in complex banking networks*. *Physica. A (Print)*, v. 394, p. 211-216, 2014.
- Watts, D. J. & Strogatz S. H. *Collective dynamics of 'small-world' networks*. Nature **393**, 440–442.