

Universidade de Brasília
Departamento de Economia
Disciplina: A Economia como um Sistema Complexo Adaptável
Prof. Bernardo Mueller
Pós-graduação
II/2014

A Economia como um Sistema Complexo Adaptável

Programa

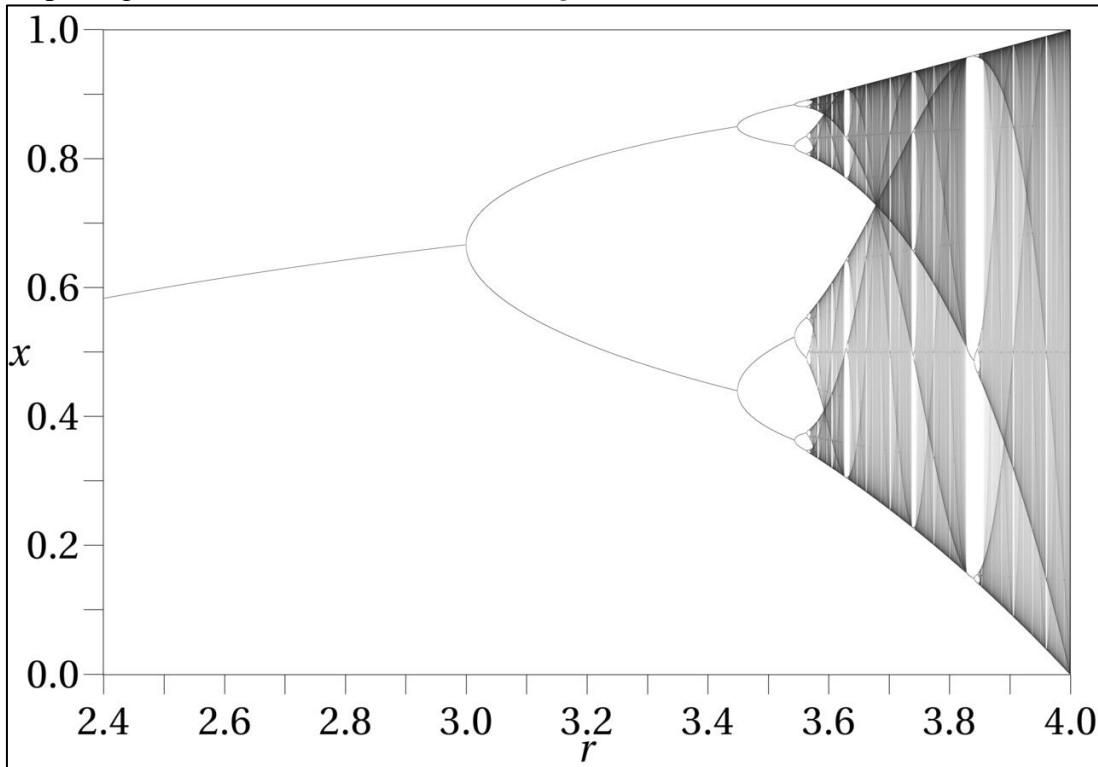
Mais de trezentos anos atrás Isaac Newton iniciou a Revolução Científica mostrando que as leis da natureza são compreensíveis por humanos e são universais, aplicando em todo lugar e em qualquer ponto no tempo. Superstição deu lugar à razão. Agora era possível modelar o universo através de equações diferenciais que explicavam todos os fenômenos naturais com base em alguns poucos princípios fundamentais. Era a visão do universo como um relógio, perfeitamente ordenado e previsível. Esta visão embutia a promessa de que se soubéssemos a posição e a direção de cada partícula no universo em dado momento do tempo, poderíamos saber exatamente o que aconteceria em cada momento a seguir. Sob este paradigma grandes avanços na ciência e em aplicações práticas foram e continuam sendo feitas, incluindo mecânica de fluídos, termodinâmica, mecânica estrutural, eletricidade e magnetismo, entre outras. A existência de caos e desordem no mundo era reconhecida, mas não ameaçava esta visão, podendo ser tratada com teoria de probabilidade. Uma área que foi profundamente influenciada por este modo de pensar foi a Economia. Em seu *Elementos de uma Teoria Pura de Economia Política* (1874) Léon Walras criou um arcabouço que trata os fenômenos econômicos por um prisma Newtoniano e reducionista, movido por agentes racionais e sujeito a forças semelhantes às forças naturais, como a gravidade, levando a equilíbrios ordenados e previsíveis. Este continua sendo o paradigma das Ciências Econômicas até hoje. Esforços foram feitos para lidar com problemas como assimetrias de informação, incerteza e outras imperfeições de mercados, mas tudo dentro do mesmo paradigma reducionista, determinista e linear.

Mas já a partir de século 19 várias incongruências em fenômenos observados e em experimentos começaram a por em dúvida a capacidade do arcabouço Newtoniano de explicar o mundo. Destas falhas surgiram três novos paradigmas iriam revolucionar as Ciências no século 20: Relatividade, Mecânica Quântica e Teoria do Caos, cada uma com novas perspectivas, instrumentos e matemáticas. No entanto, estes avanços pouco influenciaram as Ciências Econômicas, que continuam, via de regra, com uma abordagem essencialmente Newtoniana do século 19.

Nesta disciplina nosso interesse esta nos avanços desencadeados pela Teoria do Caos, e mais especificamente por sua mais recente reencarnação sob a forma da Teoria de Sistemas Complexos Adaptáveis. A Teoria do Caos, com raízes em Poincaré no final do século 19, mas realmente desenvolvida a partir da década de 1970, mostrou que sistemas perfeitamente determinísticos e não aleatórios são imprevisíveis, não controláveis e dão origem a caos e complexidade. Mesmo sistemas de equações diferenciais ou equações iteradas extremamente simples, como $x_{t+1} = r x_t (1 - x_t)$ podem gerar padrões complexos e não previsíveis, pois estão sujeitos à extrema sensibilidade a condições iniciais. Esta equação iterada não-linear, pode retratar, por exemplo, o nível de atividade x de uma economia no tempo t , com o parâmetro r medindo as forças combinadas que impulsionam e restringem a

economia. Variando r e plotando os valores de x_t que resultam no longo prazo, obtém-se a seguinte figura:

Mapa Logístico mostrando o *Path-Doubling Route to Chaos*.



Note que para r com valores abaixo de 3, há um equilíbrio único. Mas a partir de $r=3$ o sistema leva a equilíbrios periódicos, com periodicidade que dobra cada vez mais rapidamente, até chegar a um valor de $r=3,56995$, conhecido como a borda do caos, onde o sistema assume um comportamento caótico onde x_t não assume nenhum padrão e é imprevisível. No entanto, surpreendentemente, mesmo nesta região de $r>3,56995$ há ilhas de estabilidade onde padrões surpreendentes e ordenados emergem (por exemplo as listas brancas verticais nesta região). O ponto aqui é que sistemas dinâmicos não-lineares típicos de fenômenos econômicos seguem comportamentos complexos e surpreendentes sob diferentes condições. Ironicamente, as Ciências Econômicas, com seu olhar reducionista e não linear, e sua insistência em buscar equilíbrios simples e únicos, tem se limitado à região menos interessante da economia, onde r é baixo e tudo é ordenado e previsível. Embora esta abordagem tenha sido útil para alguns tipos de fenômenos, esta disciplina visa mostrar que há toda uma gama de outros fenômenos econômicos e sociais que não se encaixam nesta visão limitada, e que precisam de novas premissas, um novo instrumental, e uma nova capacidade de apreender a Economia e o Universo. A Teoria de Sistemas Complexos Adaptáveis é um passo nesta direção.

O exemplo canônico de sistema complexo adaptável é a análise de Adam Smith onde o bem-estar de um indivíduo surge não da ‘benevolência do açougueiro, do cervejeiro e do padeiro mas sim do interesse próprio destes senhores, que ao perseguir seu próprio interesse promovem o bem-estar da sociedade como um todo de maneira mais eficaz do que se realmente intencionassem promovê-lo’. Ou seja, Smith (1776) modelou a economia como consistindo de diversos agentes heterogêneos seguindo regras simples, que através de sua interação levam de maneira descentralizada e sem coordenação à emergência de um resultado agregado surpreendente e inesperado dado a natureza do comportamento no nível micro. Infelizmente este início auspicioso das

Ciências Econômicas rapidamente tomou uma direção Cartesiana onde um problema maior é estudado decompondo-o em pequenas partes simples que depois são juntadas linearmente para se obter uma compreensão do todo integrado. Mais explicitamente, a Economia seguiu as outras ciências no século 19 na busca de uma abordagem mecanicista Newtoniana que visa ‘uma idealização matemática precisa para unificar e ao mesmo tempo quantitativamente prever o comportamento dos mais diversos fenômenos’ (Ryan, 2008). De fato, sabe-se que Walras, que primeiro juntou matemática com economia, se baseou explicitamente nos livros de física da época (em particular no capítulo 2 do livro *Elements of Physics* de Poincaré de 1897, cujo título era “On conditions of equilibrium expressed by means of equations.”) Pelo final do século 20 os economistas haviam refinado e avançado estas abordagens Newtonianas e Cartesianas da Economia para formar uma série de modelos rigorosos e matematicamente bem definidos (Beinhocker, 2007: 48). No entanto, a esta altura a grande maioria das outras ciências, a começar pela Física, haviam evoluído e abandonado este paradigma Newtoniano mecanicista e avançado para visões menos reducionistas, reconhecendo que muitos dos fenômenos mais interessantes do mundo têm características de sistemas complexos que são melhores compreendidos através do estudo da análise das interações entre agentes heterogêneos seguindo regras simples que levam à emergência de um todo maior que a soma das partes. Assim, em 1987 quando o Santa Fé Institute, que é hoje um dos principais centros de estudo de complexidade, realizou a lendária conferência entre cientistas físicos e economistas (presentes Kenneth Arrow, Larry Summers, Mário Henrique Simonsen e José Scheinkman, entre outros), os cientistas físicos ficaram impressionados com o intelecto dos economistas, mas ficaram também chocados como as teorias e métodos usado pelos economistas pareciam relíquias de outras eras. A sensação, descreveu um cientista físico, era parecida com um viagem a Cuba, ou seja, um lugar parado no tempo e fechado do mundo com as ruas cheias de carros velhos da década de 50, onde era ao mesmo tempo valoroso e patético o esforço e a ingenuidade dos nativos para manter aqueles carros funcionando por tanto tempo usando peças resgatadas de velhos tratores soviéticos (Beinhocker, 2007: 47).

O propósito desta disciplina é apresentar uma alternativa a esta situação de embargo intelectual, há décadas sem contato com progresso científico, engenhosamente esticando, remendando e fazendo puxadinhos em velhas teorias ultrapassadas. Esta alternativa é uma aplicação da Teoria de Complexidade à Economia analisando-a como um sistema complexo adaptável.

Avaliação

Presença – 20%

Prova 1 – 25%

Prova 2 – 25%

Apresentação 1 – 10%

Apresentação 2 – 20%

Parte 1 – Introdução? O que são Sistemas Complexos Adaptáveis: Conceitos, definições, áreas, exemplos. (5 aulas)

- 1.1 Complexidade para as massas: Nassim Taleb – Cisnes Negros, viés de confirmação, extremistão-mediocristão e outros temas de sistemas complexos disfarçados.
http://www.econtalk.org/archives/2010/05/taleb_on_black_1.html
- 1.2 Percursos: Warren Weaver. 1948. “Science and Complexity,” *American Scientist*, 36: 536-544.
Simon, Herbert. 1962. “The Architecture of Complexity,” *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 106, No. 6 December.
- 1.3 Definições e exemplos de sistemas complexos:
 - 1.3.1 Scott Page – TTC Understanding Complexity – Lecture 1: Complexity, what is it and why does it matter. (áudio)
 - 1.3.2 Strogatz - Chaos: Lectures 1 a 8. lecture 23,
 - 1.3.3 Melanie Mitchell – Introduction to complexity Unit 1.
 - 1.3.4 Scott Page – Model Thinking Unit 2 (lectures 2.1 a 2.6) (vídeo).
 - 1.3.5 Igor Nikolic, Delft University of Technology – Curso: *Agent-Based Modeling of Complex Adaptive Systems* – Lecture 1 – Introduction.
- 1.4 Biehocker Cap. 1, 2 e 3
- 1.5 – Conceitos
 - 1.5.1 *Emergence* – John Holland (1995) para tentativa de definição mais rigorosa.
 - 1.5.2 Igor Nikolic, Delft University of Technology – Curso: *Agent-Based Modeling of Complex Adaptive Systems* – Lecture 3: *Emergence*. (vídeo)
 - 1.5.3 “Emergence - Complexity from Simplicity, Order from Chaos (Partes 1 e 2).”
 - 1.5.4 Radiolab podcast – “Emergence”.
 - 1.5.5 Scott Page – TTC Understanding Complexity – Lectures 6 and 7: “06 Emergence I Why More Is Different,” and “07 Emergence II Network Structure and Function.”
 - 1.5.6 Spontaneous Order. *At Home in the Universe. Capítulo 1.*
 - 1.5.7 Entropia
 - 1.5.8 Power Laws
 - 1.5.8.1 Ver lecture 15 e 16 do Strogatz.
 - 1.5.8.2 (ver S07E03 de Principles of Complexity com Peter Dodds)
<http://www.uvm.edu/~pdodds/teaching/courses/2013-01UVM-300/>
 - 1.5.8.3 Sergio da Silva, Raul Matsushita, and Eliza Silveira. "Hidden Power Law Patterns in the Top European Football Leagues" *Physica A* 392.21 (2013): 5376-5386.
- 1.6 ddd

Parte 2 – Métodos Computacionais (4 aulas)

- 2.1 – Introdução
- 2.2 - Netlogo
- 2.2 – Celular Automata – Wolfram: *A New Kind of Science*
<http://www.youtube.com/watch?v=eC14GonZnU>
- 2.3 – Game of Life – John Conway.
- 2.4 – Algoritmos Evolucionários.
 - 2.4.1 – John Holland - 1998. *Emergence: From Chaos to Order*.
 - 2.4.2 – “Evolving Wind Turbine Blades” <https://www.youtube.com/watch?v=YZUNRmwoijw>
 - 2.4.2 - Robby the Robot – Melanie Mitchell
 - 2.4.3 – Classification task – Melanie Mitchell, Complexity a Guided Tour – Chap. 11.
 - 2.4.4 – Evolutionary Prisoner’s Dilema – Robert Alexrod.

2.5 – Sugarscape: Epstein and Axtell. 1996. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. The MIT Press.

2.5.1 – “The Big Picture: Sugar and Spice” Chapter 4 em Beinhocker. 2006. *The Origin of Wealth*.

2.5.2 – Robert Axtell (vídeo) “Self-Organization, Spontaneous Order and Emergent Governance” https://www.youtube.com/watch?v=7TXRB9SQ_q0

2.6 – Apresentação dos alunos – Cada aluno deve escolher um modelo computacional, para apresentar em sala de aula. Há vários disponíveis na Netlogo model library. Preparar uma motivação, precursores, objetivos, rode o modelo, mostre resultados, críticas, extensões, etc.

Parte 3 – Chaos (5 aulas)

3.1 – Caos e o *Path Doubling Route to Chaos*

2.1.1 - Strogatz – “Chaos” – Lectures 9 a 12.

2.1.2 – David Feldman – “Dynamics and Chaos” – Chaos: Unit 3.1 a 3.3. Bifurcation Diagrams: Unit 5.1 a 5.5. Difussion Unit 9.1 a 9.5.

Parte 4 – Evolução, Fitness Landscape, Modelo NK, NK(C) (4 aulas)

4.1 – Introdução, conceitos.

4.2 – Scott Page – TTC Understanding Complexity – Lecture 02 Simple Rugged and Dancing Landscapes

4.3 – Karl Sims – Evolving virtual creatures:

http://www.youtube.com/watch?v=JBgG_VSP7f8

4.4 - Stuart Kauffman – Spontaneous Order vs. Seleção Natural. Capítulo 1 *At Home in the Universe (1995)*.

4.4.1 – Fitness Landscapes – Kauffman (1993) em Elsner, W., T. Heinrich and H. Schwardt. 2015, pg. 391-394.

4.4.2 – McGhee (2007) Seção: “Modelling Hyperdimensionality in Adaptive Landscapes” pgs. 45-56.

4.5 – Robert Sapolsky – Emergence and Complexity

Lecture 21: Chaos and Reductionism:

http://www.youtube.com/watch?v=_njf8jwEGRo

Lecture 22: http://www.youtube.com/watch?v=o_ZuWbX-CyE

4.6 - Igor Nikolic, Delft University of Technology – Curso: *Agent-Based Modeling of Complex Adaptive Systems* – Lecture 10: “Evolution”. (vídeo)

4.7 – Aplicação a crenças e instituições

4.8 – Aplicação a direitos de propriedade

4.9 – Críticas do uso da teoria de evolução para explicar fenômenos sociais.

4.9.1 – Capítulo 11 de Mokyr, J. (1990), *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford: Oxford University Press.

4.9.2 – Palestra de Richard Lewontin 2003 Ulam Lecture – Santa Fe Institute: *Does Culture Evolve?*

<https://www.youtube.com/watch?v=OEUoqmeO5hs&list=PL8D3F430958CCB8DD&index=3>

Prova 1 (1 aula)

Parte 5 – Redes (4 aulas)

5.1 – Model Thinking – Scott Page: Unit 14.1 a 14.4 – Networks.

<https://class.coursera.org/modelthinking-006/lecture/preview>

5.2 – Laslo Barabasi – *More is Different Conference 2013*: Network Science.

<http://www.youtube.com/watch?v=NCq1kpuCUq4>

5.3 – Ricardo Hausmann – The Observatory of Economic Complexity

<http://atlas.media.mit.edu/>

Hausmann na conferência *Hidden Connections*: Lecture 12 Collective Knowledge

<https://itunes.apple.com/us/itunes-u/id858364684>

5.3.1 – Dataviva (uso do OCE no Brasil)

http://www.secop2014.pr.gov.br/arquivos/File/arq_palestras/DataViva_PremioGovEletronico.pdf

5.3.2 – Brian Arthur (2012), Conference: More is Different: ‘The Economy’

<https://itunes.apple.com/us/itunes-u/conference-more-is-different/id523060215?mt=10>

Parte 6 – Economia da Complexidade (5 aulas)

6.1 – Conference: Taking Stock of Complexity Economics:

1/5 Doyne Farmer, Professor at Santa Fe Institute.

<http://www.youtube.com/watch?v=qkZ8-4SfJg4>

2/5 Jean-Philippe Bouchaud, Professor of Physics, École Polytechnique

http://www.youtube.com/watch?v=fDE80_2vR5g

3/5 Mauro Gallegati, Professor of Economics, Polytechnic University of Marche, Ancona <http://www.youtube.com/watch?v=ltePK2LK3ec>

4/5 Ricardo Hausmann, Harvard University

<http://www.youtube.com/watch?v=EysLMxRt3Dg>

5/5 Q&A <http://www.youtube.com/watch?v=pbjOEqFYJ7Y>

6.2 – “Preface: A Complexity Microeconomics, Post-Crisis” em Elsner, Heinrich and Schwardt (2015), pgs ix – xvi.

6.3 – “Development and Complexity” – Owen Barder <http://www.owen.org/blog/5723>

6.4 – “How Evolution Creates Wealth” Part III (Chapters 10 – 14) em Beinhocker. 2006. *The Origins of Wealth*, pgs 221- 322.

6.5 – “Land use, Economy and Complexity” Kristian Lindgren “Conference – A Crude Look at the Whole” http://www.youtube.com/watch?v=4U0xlpj2k_4

6.6 – Schelling – “Micromotives and Macro Behavior”

Parte 7 – Aplicações de SCA a Áreas Distintas das Ciências Sociais (3 aulas)

Cada aluno irá escolher uma área, resenhar e fazer uma apresentação em sala de aula.

7.1 – Direito – Katz and Bommarito II (syllabus)

<http://legalinformatics.wordpress.com/2010/09/17/updated-syllabus-on-law-as-a-complex-adaptive-system-by-katz-bommarito/>

7.2 – Ecologia e meio-ambiente: Levin, Xepapadeas, Crépin, Norberg, Zeeuw, Folke, Hughes, Arrow, Barrett, Daily, Ehrlich, Kautsky, Mäler, Polasky, Troell, Vincent and Walker (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18, pp 111-132.

7.3 – Infraestrutura – Next Generation Infrastructure MOOC (Delft U). Ver também Igor Nikolic *Introduction to SPM 9550 – Delft University*.

7.4 – Administração de empresas – James March, Exploration and Exploitation in Organizational Learning, 2 *Org. Sci.* 71 (1991).

- 7.5 Ciência Política
- 7.5 Políticas públicas – Projeto Ipea
- 7.6 Urbanização -
- 7.7 Finanças
- 7.8 Saúde Pública
- 7.9 Antropologia – Samuel Bowles e Kudunomics.
- 7.9 Outros

Prova 2 (1 aula)

Referências

Livros

Beinhocker, Eric D. 2007. *The Origin of Wealth: The Radical Remaking of Economics and What it Means for Business and Society*. Harvard Business School Press.

Elsner, W., T. Heinrich and H. Schwardt. 2015 (?). *The Microeconomics of Complex Economies: Evolutionary, Institutional, Neoclassical, and Complexity Perspectives*. Academic Press.

Dopfer, Kurt (editor). 2005. *Economics, Evolution and the State: The Governance of Complexity*. Edward Elgar.

Kauffman, Stuart. 1995. *At Home in the Universe*. Oxford University Press.

Kauffman, Stuart. 1993. *The Origin of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press.

Holland, John H. 1998. *Emergence: From Chaos to Order*. Reading, MA: Perseus.

Holland, John H. 1995. *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Reading, MA: Addison-Wesley.

McGhee, George. 2007. *The Geometry of Evolution? Adaptive Landscapes and Theoretical Morphospaces*. Cambridge University Press.

Miller, John H. and Scott E. Page. 2007. *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press.

Mitchell, Melanie. 2009. *Complexity: a Guided Tour*. Oxford University Press.

Page, Scott. 2011. *Diversity and Complexity*. Princeton University Press.

Railsback, Steven F. and Volcker Grimm. 2012. *Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction*. Princeton University Press.

Room, Graham. 2011. *Complexity, Institutions and Public Policy: Agile Decision-Making in a Turbulent World*. Edward Elgar.