
Professor

Ítalo Pedrosa

Professores convidados (alguns a confirmar): Matheus Trotta Vianna, Esther Dweck, Mario Possas, Andrea Roventini, Ana Cristina Reif, Maria Isabel Busato, Marcelo Pereira, dentre outros.

Objetivo e escopo

O curso fornece uma visão geral dos modelos *agent-based* (AB), provendo os pilares para a utilização do ferramental computacional envolvido e apresentando os aspectos teóricos relacionados. Enfatizam-se os modelos *agent-based* macroeconômicos (MABM). Os MABM englobam elementos micro e macroeconômicos, representando sistemas complexos adaptativos – que são conceitualizados no curso –, oferecendo uma alternativa metodológica e teórica poderosa aos modelos *mainstream* de Equilíbrio Geral Dinâmico-Estocástico (DSGE).

São apresentados os fundamentos teóricos que baseiam a abordagem MABM e suas características gerais, e então um panorama da literatura de fronteira. Os modelos desenvolvidos por pesquisadores da casa são mais aprofundados. Do ponto de vista teórico, estes utilizam como referencial elementos keynesianos, kaleckianos, neo-schumpeterianos/evolucionários e minskyanos. Argumenta-se que essas abordagens teóricas fornecem uma base sólida para a modelagem de sistemas econômicos complexos adaptativos.

Os MABM são numericamente simulados por meio de programas computacionais. Nesse sentido, o curso propicia um treinamento prático nos *softwares Laboratory for Simulation Development (LSD)* e R. Assim, as aulas serão compostas de parte teórica e de laboratório.

Não se pressupõe conhecimento prévio de qualquer linguagem de programação. As aplicações potenciais das teorias e do ferramental ensinados na disciplina estão majoritariamente relacionados à situações em que formas de heterogeneidade importem para o resultado global, o que torna seu uso potencialmente muito frutífero considerando a natureza do sistema econômico.

Programa

1 A Abordagem Agent-Based

1.1 Economia como um sistema complexo adaptativo e as implicações para a ciência econômica

Introduzem-se conceitos essenciais de economia da complexidade. Mostra-se como a existência de heterogeneidade, interações e não-linearidades geram implicações dinâmicas relevantes para a teoria econômica, que não devem ser ignoradas ou simplificadas para lidar com parte relevante dos problemas de política econômica.

Referências: Arthur (1999, 2006, 2021), Arthur (2015) (capítulos 1, 11 e 12), Simon (1996) (capítulos 7 e 8), Farmer e Foley (2009), Delli Gatti, Gaffeo e Gallegati (2010), Dosi e Roventini (2019), Kirman (1989), Rosser (1999).

1.2 Modelos DSGE: uma visão crítica

Apresenta-se uma visão crítica aos modelos DSGE, mostrando que essa abordagem não é, em geral, compatível com a representação de sistemas complexos adaptativos. Em particular, questionam-se os pressupostos típicos de agente representativo e a forma de representar a racionalidade dos agentes.

Referências: Fagiolo e Roventini (2017), Christiano et al. (2018), Haldane e Turrell (2018a), Stiglitz (2018), Colander et al. (2009), Fair (2012).

1.3 Características gerais da abordagem agent-based

Apresenta-se a abordagem AB como capaz de lidar com sistemas complexos adaptativos. Serão introduzidas noções gerais da abordagem AB, suas características principais, uma definição geral de um modelo AB e suas aplicações ideais.

Referências: Pyka e Fagiolo (2007), Dosi e Roventini (2019).

1.4 Modelos Micro-Macro Multissetorial (MMM)

Nessa etapa, apresenta-se o modelo MMM, que remete à tese de doutorado e muito das pesquisas de Mario Possas (Professor Emérito da UFRJ) e diversas evoluções introduzidas por Esther Dweck, Matheus Vianna, Maria Isabel Busato e Ana Cristina Reif, dentre outros. São apresentados seus fundamentos teóricos, sua estrutura básica e seus principais resultados.

Referências: Possas et al. (2001), Possas e Dweck (2004), Dweck (2006), Dweck et al. (2020), Vianna (2021).

1.5 Modelo where Minsky, Keynes, Kalecki, and Schumpeter meet (MKKS)

Nessa parte, apresenta-se o modelo MKKS, que enfatiza os aspectos monetários e financeiros dentro da abordagem AB. O modelo MKKS incorpora elementos como estrutura de dívidas, racionamento de crédito, taxas de juros e instabilidade financeira, com destaque para seus impactos na dinâmica econômica e na fragilidade financeira.

Referências: Pedrosa e Lang (2021).

1.6 Panorama Geral da Literatura Agent-Based Macroeconômica: famílias de modelos

Nessa parte, é feita uma revisão ampla da literatura MABM, considerando as principais famílias de modelo. Para *surveys* abrangentes sobre o tema, são utilizadas as seguintes referências:

Referências: Dawid e Delli Gatti (2018), Di Guilmi (2017), Brancaccio et al. (2022), Haldane e Turrell (2018b).

1.6.1 Schumpeter meets Keynes (K+S)

Apresentação da estrutura básica, fundamentos teóricos e principais resultados dos modelos da família K+S.

Referências: Dosi et al. (2010), Dosi et al. (2013), Dosi et al. (2015), Dosi et al. (2018).

1.6.2 *Complex Adaptive Trivial Systems* (CATS)

Apresentação da estrutura básica, fundamentos teóricos e principais resultados dos modelos da família CATS.

Referências: Delli Gatti, Gallegati et al. (2010), Riccetti et al. (2013) e Russo et al. (2016).

1.6.3 EURACE@Unibi

Apresentação da estrutura básica, fundamentos teóricos e principais resultados dos modelos da família EURACE@Unibi.

Referências: Dawid et al. (2012, 2019).

1.6.4 *Agent-Based Stock-Flow Consistent* (AB-SFC)

Apresentação da estrutura básica, fundamentos teóricos e principais resultados de um modelo AB-SFC importante.

Referências: Caiani et al. (2016).

1.7 Tópicos especiais

1.7.1 Economia aberta

Nessa parte, são discutidos aspectos de economia aberta dentro da abordagem AB, incluindo restrição de balanço de pagamentos, taxa de câmbio, comércio internacional e fluxos de capitais, com ênfase nos impactos sobre a dinâmica econômica.

Referências: Dosi et al. (2019).

1.7.2 Mudança climática

Discutem-se temas relacionados às mudanças climáticas e ao crescimento sustentável dentro da abordagem AB, enfatizando a relação entre as condições ambientais e a dinâmica econômica.

Referências: Lamperti et al. (2018), Lamperti et al. (2020).

2 Laboratório de Implementação de Modelos MABM

2.1 Introdução ao Laboratory for Simulation Developemnt

Nessa etapa, apresenta-se o LSD, um dos possíveis *softwares* para simulação computacional. Para se justificar a escolha do *software* em questão, são apresentadas algumas vantagens do sistema em comparação às alternativas. O aluno aprende a baixar, instalar, configurar e abrir o software e suas demais janelas, situando onde procurar as estruturas de dados, objetos, variáveis e parâmetros. Em paralelo, apresenta-se o *Github* como forma útil de hospedar código-fonte e arquivos com controle de versão.

2.2 Escrevendo Modelos no LSD

Expõem-se as principais macros do *software*, empregadas na escrita do código de um modelo ou em uma equação. Serão utilizados exemplos do modelo MMM e MKKS, de forma a já familiarizar o aluno com os modelos. Destacam-se as principais macros, como CYCLE, SEARCH, WRITE, SUM, AVE, etc. Também são ensinadas macros básicas como EQUATION, $v[]$, $V[]$, lagged values e o sistema de ponteiros. Por fim, deve ser brevemente comentado como utilizar o *Help* do software para aprender e compreender outras macros.

2.3 Rodando Modelos no LSD

Descreve-se como utilizar a janela do LSD propriamente dita, criar ou carregar uma configuração inicial e configurar uma simulação e rodar simulações. O aluno precisa montar ou entender a estrutura do modelo, criar ou identificar variáveis e parâmetros, além de alocá-los nos respectivos objetos, e definir ou carregar valores defasados e iniciais.

2.4 Analisando Resultados no LSD

Nessa parte o aluno aprende a analisar os resultados gerados pelo LSD utilizando a própria janela do *software* para plotar gráficos, gerar estatísticas, salvar séries, etc. Também será apresentada brevemente uma interface de conexão do LSD com o R, que permite analisar os resultados gerados pelo LSD no software estatístico.

2.5 Calibragem

Nessa parte, apresenta-se o problema dos valores iniciais em modelos AB, bem como se propõe uma forma sistemática e prática de calibrar os modelos.

2.6 Análise de Sensibilidade

Ensina-se a realizar análise de sensibilidade sobre o espaço paramétrico de um modelo utilizando o LSD e o R.

3 Avaliação

A avaliação será composta por duas partes: (i) a entrega e conformidade de exercícios computacionais; e (ii) um trabalho final em formato de artigo. O trabalho final deve envolver um exercício prático, utilizando um dos modelos apresentados ou explorando ideias originais. Recomendamos o uso de versões dos modelos de Pedrosa e Lang (2021), Dweck (2006) e Vianna (2021). Em casos específicos, pode ser justificável a aplicação de outros tipos de modelos. O exercício pode ser um experimento de política, uma alteração em alguma forma funcional e comparação com a versão anterior, uma análise de sensibilidade sobre parâmetros ou um novo modelo simples, desde que se motive e justifique a relevância do experimento. Todo o material, incluindo o código, arquivos de resultado, etc., deve ser disponibilizado com o trabalho final.

Bibliografia indicativa

- Arthur, W. B. (1999). Complexity and the Economy. *Science*, 284(5411), 107–109.
- Arthur, W. B. (2006). Out-of-Equilibrium Economics and Agent-Based Modeling. Em *Handbook of Computational Economics* (pp. 1551–1564). Elsevier.
- Arthur, W. B. (2015). *Complexity and the Economy*. Oxford University Press.
- Arthur, W. B. (2021). Foundations of complexity economics. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 136–145.
- Brancaccio, E., Gallegati, M., & Giammetti, R. (2022). Neoclassical influences in agent-based literature: A systematic review. *Journal of Economic Surveys*, 36(2), 350–385.
- Caiani, A., Godin, A., Caverzasi, E., Gallegati, M., Kinsella, S., & Stiglitz, J. E. (2016). Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 69, 375–408.

- Christiano, L. J., Eichenbaum, M. S., & Trabandt, M. (2018). On DSGE models. *Journal of Economic Perspectives*, 32(3), 113–140.
- Colander, D., Goldberg, M., Haas, A., Juselius, K., Kirman, A., Lux, T., & Sloth, B. (2009). The financial crisis and the systemic failure of the economics profession. *Critical Review*, 21(2-3), 249–267.
- Dawid, H., & Delli Gatti, D. (2018). Agent-Based Macroeconomics. Em C. Hommes & B. LeBaron (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (pp. 63–156, Vol. 4). Elsevier B.V.
- Dawid, H., Gemkow, S., Harting, P., & Hoog, S. V. D. (2012). *The Eurace@ Unibi Model: An Agent-Based Macroeconomic Model for Economic Policy Analysis* (October), Bielefeld University, Department of Business Administration e Economics.
- Dawid, H., Harting, P., van der Hoog, S., & Neugart, M. (2019). Macroeconomics with heterogeneous agent models: fostering transparency, reproducibility and replication. *Journal of Evolutionary Economics*, 29(1), 467–538.
- Delli Gatti, D., Gaffeo, E., & Gallegati, M. (2010). Complex agent-based macroeconomics: a manifesto for a new paradigm. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 5(2), 111–135.
- Delli Gatti, D., Gallegati, M., Greenwald, B., Russo, A., & Stiglitz, J. E. (2010). The financial accelerator in an evolving credit network. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9), 1627–1650.
- Di Guilmi, C. (2017). The Agent-Based Approach To Post Keynesian Macro-Modeling. *Journal of Economic Surveys*, 31(5), 1183–1203.
- Dosi, G., Fagiolo, G., Napoletano, M., & Roventini, A. (2013). Income distribution, credit and fiscal policies in an agent-based Keynesian model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1598–1625.
- Dosi, G., Fagiolo, G., Napoletano, M., Roventini, A., & Treibich, T. (2015). Fiscal and monetary policies in complex evolving economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 52, 166–189.
- Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2010). Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9), 1748–1767.
- Dosi, G., Pereira, M. C., Roventini, A., & Virgillito, M. E. (2018). The effects of labour market reforms upon unemployment and income inequalities: An agent-based model. *Socio-Economic Review*, 16(4), 687–720.
- Dosi, G., & Roventini, A. (2019). More is different.. and complex! the case for agent-based macroeconomics. *Journal of Evolutionary Economics*, 29(1), 1–37.
- Dosi, G., Roventini, A., & Russo, E. (2019). Endogenous growth and global divergence in a multi-country agent-based model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 101, 101–129.
- Dweck, E. (2006). *Uma análise da interação micro-macro com base em um modelo dinâmico multissetorial de simulação* [tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio de Janeiro].
- Dweck, E., Vianna, M. T., & da Cruz Barbosa, A. (2020). Discussing the role of fiscal policy in a demand-led agent-based growth model. *EconomiA*, 21(2), 185–208.
- Fagiolo, G., & Roventini, A. (2017). Macroeconomic policy in DSGE and agent-based models redux: New developments and challenges ahead. *Jasss*, 20(1).
- Fair, R. C. (2012). Has macro progressed? *Journal of Macroeconomics*, 34(1), 2–10.

- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685–686.
- Haldane, A. G., & Turrell, A. E. (2018a). An interdisciplinary model for macroeconomics. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 219–251.
- Haldane, A. G., & Turrell, A. E. (2018b). Drawing on different disciplines : macroeconomic agent-based models, 39–66.
- Kirman, A. (1989). The Intrinsic Limits of Modern Economic Theory: The Emperor has No Clothes. *The Economic Journal*, 99(395), 126.
- Lamperti, F., Dosi, G., Napoletano, M., Roventini, A., & Sapio, A. (2018). Faraway, So Close: Coupled Climate and Economic Dynamics in an Agent-based Integrated Assessment Model. *Ecological Economics*, 150(October 2017), 315–339.
- Lamperti, F., Dosi, G., Napoletano, M., Roventini, A., & Sapio, A. (2020). Climate change and green transitions in an agent-based integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change*, 153.
- Pedrosa, Í., & Lang, D. (2021). To what extent does aggregate leverage determine financial fragility? New insights from an agent-based stock-flow consistent model. *Journal of Evolutionary Economics*, 31(4), 1221–1275.
- Possas, M. L., & Dweck, E. (2004). A Multisectoral Micro-Macrodynamic Model. *EconomiA*, 5(3), 1–43.
- Possas, M. L., Koblitz, A., Licha, A., Oreiro, J. L., & Dweck, E. (2001). Um modelo evolucionário setorial. *Revista Brasileira de Economia*, 55(3), 333–377.
- Pyka, A., & Fagiolo, G. (2007). Agent-based modelling: a methodology for neo-Schumpeterian economics. Em H. Hanusch & A. Pyka (Eds.), *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics* (pp. 467–487). Edward Elgar.
- Riccetti, L., Russo, A., & Gallegati, M. (2013). Leveraged network-based financial accelerator. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1626–1640.
- Rosser, J. B. (1999). On the Complexities of Complex Economic Dynamics. *Journal of Economic Perspectives*, 13(4), 169–192.
- Russo, A., Riccetti, L., & Gallegati, M. (2016). Increasing inequality, consumer credit and financial fragility in an agent based macroeconomic model. *Journal of Evolutionary Economics*, 26(1), 25–47.
- Simon, H. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT Press.
- Stiglitz, J. E. (2018). Where modern macroeconomics went wrong. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 70–106.
- Vianna, M. T. (2021). *Monetary policy and stabilization in a multisectoral micro-macro dynamic simulation model* [tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio de Janeiro].