

Analysis of the Monetary Policy Impact on Regional Gross Domestic Product: A Regional DSGE Model

André Luiz Brito

from March 1st to Aug 31, 2023

PPGDE-UFPR

1. Introduction
2. Literature Review
3. Model
4. Expected Results
5. Project Timeline

Introduction



- A modelagem macroeconômica é uma importante ferramenta para estudar as ligações entre a economia monetária e os resultados dos agregados de um país, Galí (2015).
- As regiões brasileiras possuem matrizes e setores econômicos heterogêneos que respondem de diferentes formas às decisões da autoridade monetária, Bertanha and Haddad (2008).

- *Na realidade, a maior parte das tolices já escritas e que se continuam a escrever sobre economia poderia ter sido poupada se todo economista fosse obrigado a expor suas ideias construindo um modelo matemático — Simonsen (1979, p.68).*

- Proposta: desenvolver um modelo estrutural com desdobramentos regionais, utilizando a metodologia DSGE (*Dynamic and Stochastic General Equilibrium*).
- Objetivo: verificar se existe correlação entre a taxa de juros nominal da economia (uma variável macroeconômica) e o nível de produção de uma região brasileira (uma variável regional). Existindo esta correlação, pretendemos quantificá-la.

O que é um modelo DSGE?

- Os modelos DSGE são ferramentas utilizadas em macroeconomia para avaliar a relação existente entre as variáveis selecionadas pelo pesquisador.
- Tem como principais características um horizonte de tempo infinito e choques aleatórios sobre algumas variáveis de interesse.

- Os modelos DSGE começaram a ser usados para estruturar a Teoria dos Ciclos Reais de Negócios (*Real Business Cycle Theory, RBC*), com os trabalhos seminais de Kydland and Prescott (1982) e Prescott (1986), Galí (2015).
- As principais características dos modelos RBC são: eficiência dos ciclos de negócios; importância dos choques de tecnologia como fontes de flutuações; papel limitado dos fatores monetários.

- Em paralelo aos modelos RBC, surgiram os modelos Novos Keynesianos (*New Keynesian Theory, NK*), que procuram dar microfundamentos aos conceitos Keynesianos, Galí and Gertler (2007, p.26).
- As características de destaque dos modelos NK são: competição monopolística; rigidez nominal de preços; não-neutralidade da moeda no curto prazo.

Literature Review

- *se você possui uma ideia econômica coesa, você pode colocar em termos de um modelo DSGE — Solis-Garcia (2022)*

Exemplos de temas:

- Pereira and Góes (2013): desmatamento.
- Albuquerque (2018): mercado imobiliário;
- Ribeiro (2023): mercado de trabalho;

- Costa Junior (2016): inicia com RBC e depois adiciona os elementos de NK;
- Galí (2015), idem;
- Bergholt (2012), modelo NK e a programação no Dynare;
- Smets and Wouters (2003): modelo para avaliar choques na zona do Euro.
- Smets and Wouters (2007): modelo para avaliar choques nos EUA.

- Rickman (2010): ligação entre a modelagem macroeconômica e a modelagem regional (modelo insumo-produto de Leontief, o modelo Walrasiano de equilíbrio geral aplicado e o sistema de equações macroeconômicas).
- Mora and Costa Junior (2019): efeitos do investimento estrangeiro direto (IED), levando em consideração onde ele é aplicado: modelo estrutural com duas regiões: Bogotá e o resto da Colômbia.
- Costa Junior et al. (2022): efeitos da política fiscal, considerando os entes federativos: modelo para o Estados de Goiás e o resto do país.

- Osterno (2022): regionalização do SAMBA: SAMBA+REG (*Stochastic Analytical Model with Bayesian Approach* do Banco Central do Brasil).

Model

The model has four agents:

- the representative household maximizes utility;
- firms producing intermediate goods minimize costs and maximize profit flow;
- firms producing final goods maximize profit.
- the monetary authority determines the interest rate, aiming to control inflation and pursuing economic growth.

Model Structure

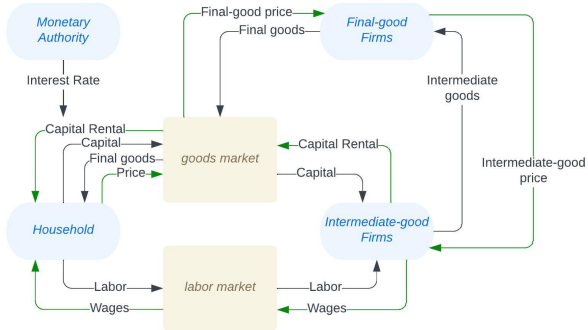


Figure 1: Model Diagram

Household Maximization Problem

$$\max_{C_t, L_t, K_{t+1}} : U(C_t, L_t) = \mathbb{E}_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \phi \frac{L_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \quad (1)$$

$$\text{s. t. : } P_t(C_t + I_t) = W_t L_t + R_t K_t + \Pi_t \quad (2)$$

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (3)$$

$$C_t, L_t, K_{t+1} \geq 0 ; K_0 \text{ given.}$$

Final-goods Firm Maximization Problem

$$\max_{Y_{jt}} : \quad \Pi_t = P_t Y_t - \int_0^1 P_{jt} Y_{jt} dj \quad (4)$$

$$\text{s. t. :} \quad Y_t = \left(\int_0^1 Y_{jt}^{\frac{\psi-1}{\psi}} dj \right)^{\frac{\psi}{\psi-1}} \quad (5)$$

Cost Minimization Problem:

$$\min_{K_{jt}, L_{jt}} : R_t K_{jt} + W_t L_{jt} \quad (6)$$

$$\text{s. t. : } Y_{jt} = Z_{At} K_{jt}^{\alpha} L_{jt}^{1-\alpha} \quad (7)$$

Price Stickiness and Profit Flow, Calvo's Rule (CALVO, 1983):

$$\mathbb{P}(P_t = P_{t-1}) = \theta \quad (8)$$

$$\max_{P_{jt}} : \quad \mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \frac{\theta^s [P_{jt} Y_{j,t+s} - TC_{j,t+s}]}{\prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k})} \right\} \quad (9)$$

$$\text{s. t. :} \quad Y_{jt} = Y_t \left(\frac{P_t}{P_{jt}} \right)^{\psi} \quad (10)$$

Taylor's Rule (TAYLOR, 1993)

$$\frac{R_t}{R} = \left(\frac{R_{t-1}}{R} \right)^{\gamma_R} \left[\left(\frac{\pi_t}{\pi} \right)^{\gamma_\pi} \left(\frac{Y_t}{Y} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} Z_{Mt} \quad (11)$$

Productivity Shock:

$$\ln Z_{At} = (1 - \rho_A) \ln Z_A + \rho_A \ln Z_{A,t-1} + \varepsilon_{At} \quad (12)$$

Monetary Policy Shock:

$$\ln Z_{Mt} = (1 - \rho_M) \ln Z_M + \rho_M \ln Z_{M,t-1} + \varepsilon_{Mt} \quad (13)$$

Square system of 16 variables and 16 equations:

- from the household problem: C_t, L_t, K_{t+1} ;
- from the final-good firm problem: Y_{jt}, P_t ;
- from the intermediate-good firm problems: K_{jt}, L_{jt}, P_t^* ;
- from the market clearing condition: Y_t, I_t ;
- prices: $W_t, R_t, \Lambda_t, \pi_t$;
- shocks: Z_{At}, Z_{Mt} .

Equations:

1. Labor Supply:

$$\frac{\phi L_t^\varphi}{C_t^{-\sigma}} = \frac{W_t}{P_t} \quad (14)$$

2. Household Euler Equation:

$$\left(\frac{\mathbb{E}_t C_{t+1}}{C_t} \right)^\sigma = \beta \left[(1 - \delta) + \mathbb{E}_t \left(\frac{R_{t+1}}{P_{t+1}} \right) \right] \quad (15)$$

3. Budget Constraint:

$$P_t(C_t + I_t) = W_t L_t + R_t K_t + \Pi_t \quad (16)$$

4. Law of Motion for Capital:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (17)$$

5. Bundle Technology:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{jt}^{\frac{\psi-1}{\psi}} dj \right)^{\frac{\psi}{\psi-1}} \quad (18)$$

6. General Price Level:

$$P_t = \left[\theta P_{t-1}^{1-\psi} + (1 - \theta) P_t^{*1-\psi} \right]^{\frac{1}{1-\psi}} \quad (19)$$

7. Capital Demand:

$$K_{jt} = \alpha Y_{jt} \frac{\Lambda_t}{R_t} \quad (20)$$

8. Labor Demand:

$$L_{jt} = (1 - \alpha) Y_{jt} \frac{\Lambda_t}{W_t} \quad (21)$$

9. Marginal Cost:

$$\Lambda_t = \frac{1}{Z_{At}} \left(\frac{R_t}{\alpha} \right)^\alpha \left(\frac{W_t}{1 - \alpha} \right)^{1 - \alpha} \quad (22)$$

10. Production Function:

$$Y_{jt} = Z_{At} K_{jt}^{\alpha} L_{jt}^{1-\alpha} \quad (23)$$

11. Optimal Price:

$$P_t^* = \frac{\psi}{\psi - 1} \cdot \frac{\mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \theta^s Y_{j,t+s} \Lambda_{t+s} / \prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k}) \right\}}{\mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \theta^s Y_{j,t+s} / \prod_{k=0}^{s-1} (1 + R_{t+k}) \right\}} \quad (24)$$

12. Market Clearing Condition:

$$Y_t = C_t + I_t \quad (25)$$

13. Monetary Policy:

$$\frac{R_t}{R} = \left(\frac{R_{t-1}}{R} \right)^{\gamma_R} \left[\left(\frac{\pi_t}{\pi} \right)^{\gamma_\pi} \left(\frac{Y_t}{Y} \right)^{\gamma_Y} \right]^{1-\gamma_R} Z_{Mt} \quad (26)$$

14. Gross Inflation Rate:

$$\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (27)$$

15. Productivity Shock:

$$\ln Z_{At} = (1 - \rho_A) \ln Z_A + \rho_A \ln Z_{A,t-1} + \varepsilon_{At} \quad (28)$$

16. Monetary Shock:

$$\ln Z_{Mt} = (1 - \rho_M) \ln Z_M + \rho_M \ln Z_{M,t-1} + \varepsilon_{Mt} \quad (29)$$

Steady State

Steady state solution (COSTA JUNIOR, 2016, p.41):

$$\mathbb{E}_t X_{t+1} = X_t = X_{t-1} = X_{ss} \quad (30)$$

Log-linearization

Uhlig's rules for log-linearization (UHLIG, 1999).

Square system of 12 variables and 12 equations:

Variables:

$$\left(\tilde{\pi} \quad \hat{P} \quad \tilde{\lambda} \quad \hat{C} \quad \hat{L} \quad \hat{R} \quad \hat{K} \quad \hat{I} \quad \hat{W} \quad \hat{Z}_A \quad \hat{Y} \quad \hat{Z}_M \right) \quad (31)$$

Equations:

1. Gross Inflation Rate:

$$\tilde{\pi}_t = \hat{P}_t - \hat{P}_{t-1} \quad (32)$$

2. New Keynesian Phillips Curve:

$$\tilde{\pi}_t = \varrho \mathbb{E}_t \tilde{\pi}_{t+1} + \frac{(1-\theta)(1-\theta\varrho)}{\theta} \hat{\lambda}_t \quad (33)$$

3. Labor Supply:

$$\varphi \hat{L}_t + \sigma \hat{C}_t = \hat{W}_t + \hat{P}_t \quad (34)$$

4. Household Euler Equation:

$$\mathbb{E}_t \hat{C}_{t+1} - \hat{C}_t = \frac{\beta R}{\sigma P} \mathbb{E}_t (\hat{R}_{t+1} - \hat{P}_{t+1}) \quad (35)$$

5. Law of Motion for Capital:

$$\hat{K}_{t+1} = (1 - \delta) \hat{K}_t + \delta \hat{I}_t \quad (36)$$

6. Real Marginal Cost:

$$\hat{\lambda}_t = \alpha \hat{R}_t + (1 - \alpha) \hat{W}_t - \hat{Z}_{At} - \hat{P}_t \quad (37)$$

7. Production Function:

$$\hat{Y}_t = \hat{Z}_{At} + \alpha \hat{K}_t + (1 - \alpha) \hat{L}_t \quad (38)$$

8. Marginal Rates of Substitution of Factors:

$$\hat{K}_t - \hat{L}_t = \hat{W}_t - \hat{R}_t \quad (39)$$

9. Market Clearing Condition:

$$\hat{Y}_t = \theta_C \hat{C}_t + \theta_I \hat{I}_t \quad (40)$$

10. Monetary Policy:

$$\hat{R}_t = \gamma_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \gamma_R)(\gamma_\pi \tilde{\pi}_t + \gamma_Y \hat{Y}_t) + \hat{Z}_{Mt} \quad (41)$$

11. Productivity Shock:

$$\hat{Z}_{At} = \rho_A \hat{Z}_{A,t-1} + \varepsilon_A \quad (42)$$

12. Monetary Shock:

$$\hat{Z}_{Mt} = \rho_M \hat{Z}_{M,t-1} + \varepsilon_M \quad (43)$$

Matlab and Dynare

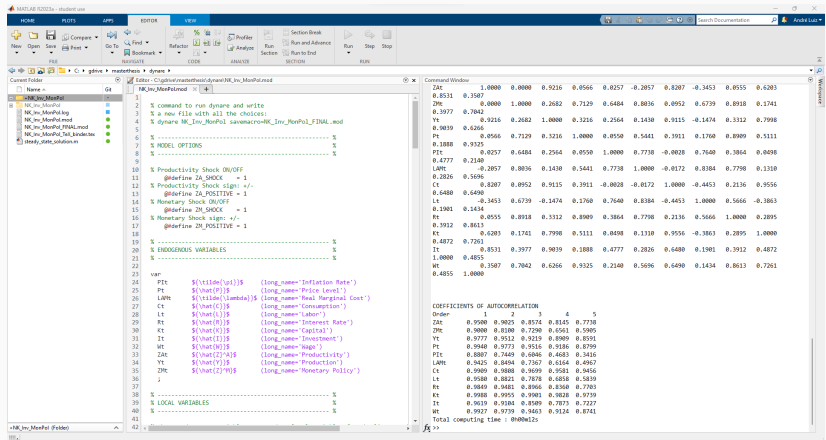
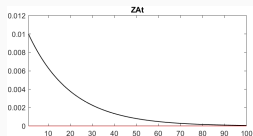
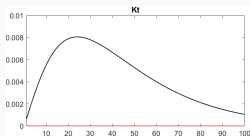


Figure 2: Matlab and Dynare

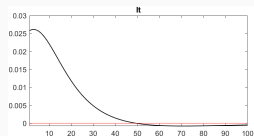
Productivity Shock



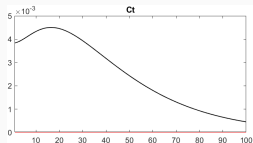
(a) Productivity Shock



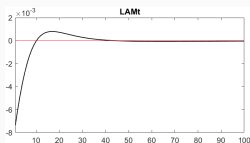
(b) Capital



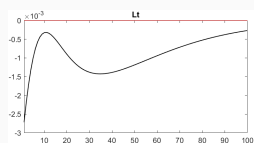
(c) Investment



(d) Consumption

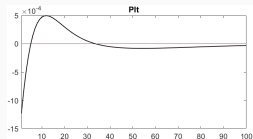


(e) Marginal Cost

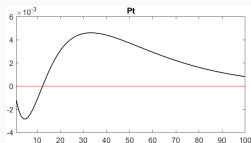


(f) Labor

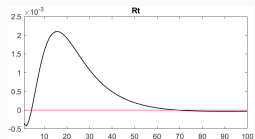
Productivity Shock



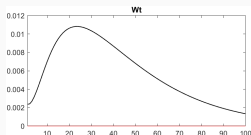
(a) Inflation



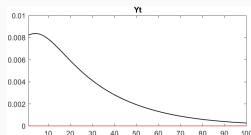
(b) Price Level



(c) Interest Rate

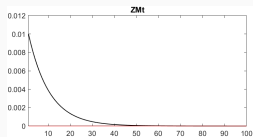


(d) Wage

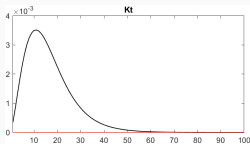


(e) Production

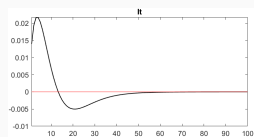
Monetary Shock



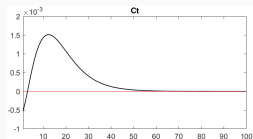
(a) Monetary Shock



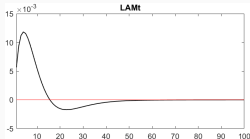
(b) Capital



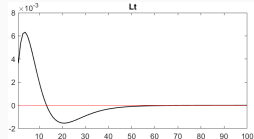
(c) Investment



(d) Consumption

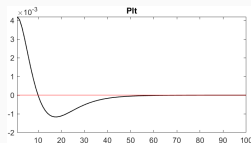


(e) Marginal Cost

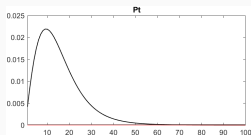


(f) Labor

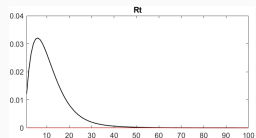
Monetary Shock



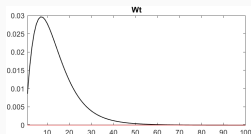
(a) Inflation



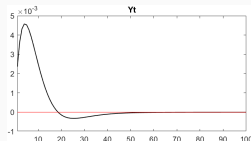
(b) Price Level



(c) Interest Rate



(d) Wage



(e) Production

Figure 6: Monetary Shock Impulse Response Functions

slide

slide

slide

Além disso, também teremos características específicas:

- regra de Calvo (1983): gerar fricções nominais nos preços dos bens, alterando as relações de equilíbrio do sistema, gerando a não-neutralidade da moeda no curto prazo, Costa Junior (2016, p.191).
- os choques estocásticos estarão presentes na produtividade das firmas e nas preferências da família representativa.
- regionalização do modelo: um índice para a região estudada e o restante do Brasil, de tal forma que teremos as famílias, a firma de bens finais e as firmas de bens intermediários de cada região.
- as famílias não terão mobilidade, mas os bens intermediários e finais terão, e esse será o elo para conectar as duas regiões.

Expected Results

- Esperamos que o modelo demonstre que uma região brasileira responde um choque de política monetária, gerando uma variação no produto regional.
- Por exemplo, um choque de 1% na taxa de juros gera uma diminuição de $x\%$ do produto de um Estado brasileiro.

Project Timeline



Cronograma

Atividade	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
Pesquisa Bibliográfica	x	x	x						
Projeto de Pesquisa			x						
Modelagem			x	x					
Programação no Dynare				x					
Seminário do Projeto				x					
Coleta dos dados					x				
Tratamento dos dados					x				
Cálculo dos Parâmetros						x			
Banca de Qualificação						x			
Análise dos Resultados							x		
Revisão e Edição								x	
Defesa da Dissertação									x
Reuniões de Orientação	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Referências Iniciais



ALBUQUERQUEMELLO, V. P. d. **Mercado imobiliário, crédito e o Ciclo Real de Negócios: evidências a partir de um modelo DSGE para a economia estadunidense.** 2018. PhD thesis. Cit. on p. 12.



BERGHOLT, D. **The Basic New Keynesian Model.** [S.l.], 2012. Available from:
<https://bergholt.weebly.com/uploads/1/1/8/4/11843961/the_basic_new_keynesian_model_-_drago_bergholt.pdf>. Cit. on p. 13.



BERTANHA, M.; HADDAD, E. A. **Efeitos regionais da política monetária no Brasil: impactos e transbordamentos espaciais.** *Revista Brasileira de Economia*, Mar. 2008. DOI: 10.1590/S0034-71402008000100001. Cit. on p. 4.



CALVO, G. A. **Staggered Prices In a Utility-maximizing Framework.** *Journal of Monetary Economics*, Sept. 1983. DOI: 10.1016/0304-3932(83)90060-0. Cit. on pp. 22, 49.



COSTA JUNIOR, C. J. **Understanding DSGE.** Wilmington, Delaware: Vernon Press, 2016. (Vernon series in economic methodology). Cit. on pp. 13, 33, 49.



COSTA JUNIOR, C. J.; TEIXEIRA, A. M.; SILVA, M. F. d. **DSGE para Macroeconomia Regional: Uma Aplicação para o Estado de Goiás.** In: ENCONTRO ANPEC. Cit. on p. 14.



GALÍ, J. Monetary Policy, Inflation, And The Business Cycle: An Introduction To The New Keynesian Framework And Its Applications. Second edition. Princeton ; Oxford: Princeton University Press, 2015. Cit. on pp. 4, 8, 13.



GALÍ, J.; GERTLER, M. Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation. Journal of Economic Perspectives, v. 21, n. 4, p. 25–46, Dec. 2007. DOI: 10.1257/jep.21.4.25. Cit. on p. 9.



KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. Time to Build and Aggregate Fluctuations. Econometrica, v. 50, n. 6, p. 1345, Nov. 1982. DOI: 10.2307/1913386. Cit. on p. 8.



MORA, J. U.; COSTA JUNIOR, C. J. **FDI Asymmetries in Emerging Economies: The Case of Colombia.** *International Journal of Economics and Finance*, v. 11, n. 8, 25 June 2019. DOI: 10.5539/ijef.v11n8p35. Cit. on p. 14.



OSTERNO, I. G. C. **Uma Nova Metodologia de Mensuração de Impactos Regionais de Políticas Nacionais: Uma Aplicação do SAMBA+REG para o Ceará.** In: 50º Encontro ANPEC. Fortaleza: ANPEC, 2022. Cit. on p. 15.



PEREIRA, R. M.; GÓES, G. S. **O Desmatamento amazônico e o ciclo econômico no Brasil.** <http://www.ipea.gov.br>, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), June 2013. Cit. on p. 12.



PRESCOTT, E. C. **Theory Ahead of Business-Cycle Measurement.** **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, v. 25, p. 11-44, 1 Sept. 1986. DOI: 10.1016/0167-2231(86)90035-7. Cit. on p. 8.



RIBEIRO, G. M. **Alongamento dos Ciclos Econômicos - O Preço da Estabilidade.** 2023. Dissertação – UFPR, Curitiba. Cit. on p. 12.



RICKMAN, D. S. **Modern Macroeconomics and Regional Economic Modeling.** **Journal of Regional Science**, 2010. DOI: 10.1111/j.1467-9787.2009.00647.x. Cit. on p. 14.



SIMONSEN, M. H. **Microeconomia - Fundamentos da Teoria dos Preços.** [S.l.]: IBRE, EPGE, 1979. (Ensaio Econômico EPGE: n. 27). Cit. on p. 5.



SMETS, F.; WOUTERS, R. **An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area.** *Journal of the European Economic Association*, 1 Sept. 2003. DOI: 10.1162/154247603770383415. Cit. on p. 13.



SMETS, F.; WOUTERS, R. **Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach.** *American Economic Review*, v. 97, June 2007. DOI: 10.1257/aer.97.3.586. Cit. on p. 13.



SOLIS-GARCIA, M. **UCB Macro Modeling Course.** 2022. Available from: <<https://sites.google.com/a/macalester.edu/solis-garcia/home/teaching/ucb-macro-modeling-course>>. Visited on: 13 Jan. 2023. Cit. on p. 11.



TAYLOR, J. B. **Discretion Versus Policy Rules In Practice.**

Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, Dec. 1993. DOI: 10.1016/0167-2231(93)90009-L. Cit. on p. 23.



UHLIG, H. **A Toolkit For Analysing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily.** In: **COMPUTATIONAL Methods for the Study of Dynamic Economies.** Oxford: Oxford University Press, 1999. P. 30–61. Cit. on p. 35.

Dúvidas e Sugestões

Obrigado!
andreluizmtg@gmail.com
41.98460.2209