Política Monetária e Compulsório em um Modelo DSGE com Fricções Financeiras

Alexandre Kornelius[1]
José Angelo Divino[2]

RESUMO
Este trabalho implementa um modelo DSGE com fricções financeiras baseadas no balanço dos intermediários financeiros. Esta fricção consiste em uma restrição endógena à capacidade dos bancos se alavancarem. O modelo base adotado foi o proposto por Gertler e Karadi (2011). Sobre este modelo foram realizadas duas expansões: a introdução da exigência de depósitos compulsórios pela Autoridade Monetária; e a criação de um choque de confiança dos depositantes no sistema financeiro. Analisamos os impactos que a introdução de compulsórios tem sobre a economia e sobre os canais de transmissão da política monetária. Nossa conclusão é de que a presença de compulsórios amplifica a transmissão da política monetária pelo canal do crédito, aumentando a alavancagem dos bancos quando da queda dos juros, e diminuindo no caso contrário. Mostramos que esta diminuição do crédito quando os juros aumentam pode ser contrabalanceada por uma política macroprudencial de ajuste do nível de compulsório com base em uma regra baseada no volume de crédito. Por fim, mostrou-se também o lado negativo da presença de compulsórios, que leva o equilíbrio da economia a um patamar mais baixo de capital, investimento, produto, emprego e consumo.
Palavras-chave: modelo DSGE; fricções financeiras; política monetária; compulsório; políticas macroprudenciais.

ABSTRACT
This paper implements a DSGE model with financial frictions based on the balance sheet of the financial intermediaries. The friction is based on an endogenous constraint on the ability of banks to leverage their position. The underlying model used was the one proposed by Gertler and Karadi (2011). On top of this framework we implemented two expansions: the introduction of reserve requirements that must be held at the Monetary Authority, and the creation of a "depositor's confidence in the financial system" shock. We analyze the impact that the reserve requirements have on the economy and on the transmission channels of monetary policy. Our conclusion is that the presence of reserve requirements amplifies the transmission of monetary policy by the credit channel, increasing the leverage of banks when interest rates fall, and decreasing otherwise. We show that this decline in credit when interest rate is increased can be counterbalanced by a macroprudential policy rule that adjusts the level of reserve requirements based on deviations of credit from it's steady state value. Finally, we also show that reserve requirements have an important economic cost, since it retains capital from the economy, maintaining it in a lower steady state level of investment, output, employment and consumption.
Keywords: DSGE models; financial frictions; monetary policy; reserve requirements; macroprudential policy.

JEL Classification: E58; E44; E37

---

[1] Banco Central do Brasil e Universidade Católica de Brasília. As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do autor e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

[2] Universidade Católica de Brasília.

1 INTRODUÇÃO

A última década tem mostrado uma forte evolução do uso de modelos estocásticos dinâmicos de equilíbrio geral (modelos DSGE – *dynamic stocastic general equilibrium models*) para a análise dos efeitos macroeconômicos das ações de política monetária.

No entanto, a recente crise financeira de 2008 mostrou um aspecto destes modelos que ainda pode ser mais bem explorado, e que é de importância fundamental para a economia: o setor de intermediação financeira.

Tal deficiência na modelagem macroeconômica vem sendo apontada por diversos autores e formuladores de políticas, tais como, por exemplo, o Fundo Monetário Internacional (BLANCHARD, 2009) e o Bank for International Settlements (TOVAR, 2009).

Outra preocupação que surgiu com a crise de 2008 diz respeito à regulação do sistema financeiro, de forma a garantir sua estabilidade. Passou-se a discutir as chamadas “políticas macroprudenciais”, que visam reduzir a vulnerabilidade do sistema financeiro a flutuações adversas do ambiente macroeconômico, ou seja, reduzir o “risco sistêmico” (SAPORTA, 2009).

No entanto, Blanchard, Dell’Ariccia e Mauro (2010, p. 11-12) argumentam pela separação entre objetivos e instrumentos de política monetária e de política macroprudencial, mas pela inclusão destes instrumentos regulatórios no arcabouço utilizado para as análises macroeconômicas. Sugerem ainda, a utilização de uma regra simples para estas políticas macroprudenciais, da mesma forma que para a política monetária:

> The policy rate is a poor tool to deal with excesso leverage, excessive risk taking, or apparent deviations of asset prices from fundamentals. [...] But there are other instruments at the policymaker’s disposal – call them cyclical regulatory tools. [...] In this light, it seems better to use the policy rate primarily in response to aggregate activity and inflation and to use these specific instruments to deal with specific output composition, financing, or asset price issues. [...] If monetary and regulatory tools are to be combined in this way, it follows that the traditional regulatory and prudential frameworks need to acquire a macroeconomic dimension.
>
> [...]
>
> As for monetary policy decisions, these macroprudential measures should be updated on a regular and predictable (or even semi-automatic) basis to maximize their effectiveness through a credible and understood policy stance. The main challenge, here, is to find the right trade-off between a sophisticated system, fine-tuned to each marginal change in systemic risk, and an approach based on simple-to-communicate triggers and easy-to-implement rules.

Um dos possíveis instrumentos para implementação de medidas macroprudenciais é a exigência para que as instituições financeiras mantenham recolhimentos compulsórios (*reserve requirements*) depositados junto à Autoridade Monetária. Tal instrumento foi, inclusive, utilizado pelo Brasil após a crise financeira de 2008. Sobre os efeitos do uso de compulsórios no ciclo econômico, Montoro e Moreno, do Bank for International Settlements afirmam:

> Reserve requirements could have two implications for financial stability. First, raising reserve requirements could prevent financial imbalances by restraining credit growth (and, by extension, asset price increases) in the upswing of the business cycle. Second, lowering reserve requirements during a downturn can deploy the cushion of reserves built up during the expansion. In this manner, reserve requirements can potentially act countercyclically, smoothing out liquidity fluctuations in the financial system over time. (MONTORO e MORENO, 2011, p. 59)

É neste contexto que se insere o presente trabalho.

O trabalho contribui para a literatura desta área por incluir em um modelo DSGE com fricções financeiras a modelagem do requerimento de que as instituições financeiras mantenham depósitos compulsórios junto à autoridade monetária (*reserve requirements*). A partir daí analisamos como o compulsório influi na dinâmica de propagação de alguns choques. Concluímos que o compulsório amplia os efeitos sobre o canal do crédito, aumentando as respostas dos bancos aos movimentos dos juros. Mostramos ainda que, quando esta ampliação é indesejável (como no caso de contração do crédito em função de aumento dos juros), ela pode ser contrabalanceada com uma regra para o nível de compulsório com base no volume de crédito. A utilização da regra de flutuação mostrou-se mais eficiente na redução das flutuações econômicas do que a manutenção do compulsório em um patamar fixo.

Além da contribuição principal referente à modelagem de compulsórios no intermediário financeiro, também acrescentamos à modelagem um novo choque no modelo: um choque de confiança dos depositantes nas instituições financeiras. Tal choque permite avaliarmos quais poderiam ser os efeitos macro econômicos de uma “corrida bancária”.

Nossas contribuições foram realizadas em cima de um modelo base, que modelava a intermediação financeira em um arcabouço DSGE. Tal modelo foi o de Gertler e Karadi (2011) por possuir um conjunto de características que o diferenciam de outras modelagens alternativas[3].

Em primeiro lugar o modelo coloca a fricção financeira diretamente no setor de intermediação financeira, através de uma restrição à capacidade dos bancos emprestarem que

---

[3] Outras modelagens alternativas para a intermediação financeira e suas fricções incluem: Jermann e Quadrini (2009); Goodfriend e McCallum (2007); Christiano, Motto e Rostagno (2009).

tem origem em seus próprios balanços. Esta característica o diferencia de diversos modelos que limitam a capacidade dos bancos emprestarem através de restrições colocadas nos tomadores dos empréstimos (tais como restrições de colateral dos tomadores).

Em segundo lugar, neste modelo as taxas de captação de depósitos e de aplicação em empréstimos (e, portanto, o spread entre estas taxas) saem como característica endógena ao modelo.

E finalmente, porque já existe um artigo, de autoria de Gertler e Kiyotaki (2009), bastante semelhante ao de Gertler e Karadi (2011) no que diz respeito à fricção financeira, mas que também inclui heterogeneidade no setor de intermediação financeira e, em função disso, surge a atividade de empréstimos interbancários entre os bancos superavitários e os deficitários, também com sua taxa determinada endogenamente. No entanto, o modelo foi concebido sobre o arcabouço de um modelo RBC (*real business cycles*) e, portanto, ainda precisaria sem implementado sobre o arcabouço de um modelo DSGE para que fosse possível analisar as interações deste modelo com as regras de política monetária.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Na próxima seção descreveremos o modelo base que será utilizado, bem como as alterações que foram inseridas neste modelo base (compulsório e choque de confiança do depositante). Na seção três discutiremos os experimentos realizados, bem como os resultados obtidos. E por fim, na última seção, teceremos as discussões finais, bem como proporemos algumas sugestões de como o presente trabalho poderá ser estendido.

2 MODELO

Conforme já explicitado anteriormente, iremos utilizar como modelo base o modelo proposto por Gertler e Karadi (2011), e faremos algumas alterações sobre o mesmo.

2.1 MODELO BASE

O modelo base que iremos implementar consiste em um modelo DSGE novo-keynesiano padrão, com formação de hábitos de consumo e com custo de ajustamento do nível de investimento. Sobre este arcabouço, Gertler e Karadi (2011) incluíram um setor de intermediação financeira (bancos), com fricção na capacidade de estes bancos obterem depósitos das famílias.

Como a novidade neste modelo é a introdução da intermediação financeira com fricção, começaremos a descrição do modelo por estes agentes, para então seguirmos para os demais agentes do modelo novo-keynesiano padrão.

2.1.1 Agentes de Intermediação Financeira (Bancos)

Na economia proposta por este modelo, toda a intermediação de recursos entre os agentes superavitários (as famílias) e os agentes deficitários (empresas) é realizada por um setor de intermediação financeira. Tal setor recebe depósitos das famílias e os combina com seu capital próprio para então gerar ativos na forma de empréstimos às empresas.

Chamemos de N_{jt} o patrimônio líquido de cada banco j ao final do período t. E chamemos de D_{jt} o valor de depósitos (positivo ou negativo) que as famílias depositam no banco j no período t. Como dissemos, o banco irá combinar estes recursos à sua disposição e irá gerar uma quantidade S_{jt} de empréstimos às empresas, os quais terão um valor de mercado Q_t. Desta forma, podemos resumir o balanço de um banco j ao final do período t da seguinte forma:

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + D_{jt} \tag{1}$$

Pelos depósitos recebidos em t, o banco deverá remunerar ao depositante em t+1 a taxa bruta de R_{t+1}. E pelos empréstimos realizados em t, o banco deverá receber do tomador em t+1 a taxa bruta de R_{kt+1}. Como veremos posteriormente, ambas estas taxas, R_{t+1} e R_{kt+1}, serão obtidas endogenamente pelo modelo.

Devido a este fluxo de pagamentos, o patrimônio líquido do banco j irá evoluir de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{jt+1} = R_{kt+1}Q_tS_{jt} - R_{t+1}D_{jt} \quad (2)$$

Substituindo o valor de D_{jt} que podemos obter de (1), teremos:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{t+1})Q_tS_{jt} + R_{t+1}N_{jt} \quad (3)$$

Pela expressão acima podemos perceber que, enquanto a diferença entre as taxas de aplicação e captação (*spread*) for positiva, o banco irá expandir sua base de empréstimos (e, consequentemente, seu capital) indefinidamente.

Tal fato evitaria que pudéssemos construir uma restrição endógena à capacidade dos bancos de expandirem seus empréstimos conforme seu nível de capital próprio. Para superar este obstáculo Gertler e Karadi (2011) propõem que haja uma taxa de “mortalidade” entre os bancos.

Segundo esta proposta, a cada período os bancos têm uma probabilidade θ de continuarem operando no próximo período e, complementarmente, uma probabilidade (1-θ) de saírem do mercado no próximo período. Esta probabilidade θ é i.i.d. entre bancos e ao longo do tempo. Para que a quantidade de bancos se mantenha constante em j ao longo do tempo, suporemos que a cada banco que saia do mercado, haja a entrada de um novo banco em seu lugar. O banco que sai do mercado transfere seu patrimônio para a família proprietária deste banco, e os novos bancos que entram no mercado recebem das famílias a transferência de um capital inicial para que possam começar a operar.

Desta forma, o objetivo do banqueiro pode ser definido como sendo a escolha dos valores futuros do seu capital próprio, de forma a maximizar o valor esperado que será repassado à família que detém a sua propriedade quando ele sair do mercado. Tal valor esperado consistirá do valor descontado do capital próprio do banco a cada período, multiplicado pela probabilidade de sair do mercado naquele período:

$$V_{jt} = E_t \sum_{i=0}^{\infty}(1-\theta)\theta^i\beta^{1+i}\Lambda_{t,t+1+i}N_{jt+1+i} \quad (4)$$

onde $\beta^{1+i}\Lambda_{t,t+1+i}$ é o fator de desconto intertemporal estocástico do banqueiro de t a t+1+i, conforme veremos quando estivermos detalhando o comportamento das famílias.

Substituindo o valor de N_{jt+1+i} que pode ser obtido de (3), teremos então que o banqueiro irá escolher o caminho ótimo para seus ativos (S_{jt+i}), de forma a maximizar o seu valor esperado de saída do mercado, conforme a expressão:

$$V_{jt} = E_t \sum_{i=0}^{\infty}(1-\theta)\theta^i\beta^{1+i}\Lambda_{t,t+1+i}\left[(R_{kt+1+i} - R_{t+1+i})Q_{t+i}S_{jt+i} + R_{t+1+i}N_{Jt+i}\right] \quad (5)$$

ou:

$$V_{jt} = E_{\mathrm{t}} \sum_{i=0}^{\infty} (1-\theta)\theta^i \beta^{1+i} \Lambda_{t,t+1+i} (R_{kt+1+i} - R_{t+1+i}) Q_{t+i} S_{jt+i} + E_t \sum_{i=0}^{\infty} (1-\theta)\theta^i \beta^{1+i} \Lambda_{t,t+1+i} R_{t+1+i} N_{Jt+i} \quad (6)$$

E, a partir daí, podemos escrever V_{jt} de forma recursiva, utilizando a seguinte expressão:

$$V_{jt} = \nu_t Q_t S_{jt} + \eta_t N_{jt} \quad (7)$$

onde:

$$\nu_t = E_t\left\{(1-\theta)\beta\Lambda_{t,t+1}(R_{kt+1} - R_{t+1}) + \theta\beta\Lambda_{t,t+1} x_{t,t+1} \nu_{t+1}\right\} \quad (8)$$

$$\eta_t = E_t\left\{(1-\theta)\beta\Lambda_{t,t+1} R_{t+1} + \theta\beta\Lambda_{t,t+1} z_{t,t+1} \eta_{t+1}\right\} \quad (9)$$

e onde definimos as taxas de crescimento dos ativos e do capital próprio como sendo:

$$x_{t,t+i} = \frac{Q_{t+i} S_{jt+i}}{Q_t S_{jt}} \quad (10)$$

$$z_{t,t+i} = \frac{N_{jt+i}}{N_{jt}} \quad (11)$$

Estas novas variáveis definidas (ν_t e η_t) podem ser interpretadas como preços-sombra, ou seja, ν_t pode ser interpretado como o ganho esperado e descontado do banqueiro ao expandir os ativos em uma unidade, mantendo-se o capital constante; enquanto η_t pode ser interpretado como o ganho esperado e descontado do banqueiro ao expandir o capital em uma unidade, mantendo-se seus ativos constantes.

Vamos agora inserir no modelo a fricção financeira. Diferentemente de outros modelos, esta se dará no lado da captação de depósitos pelos bancos, através de uma restrição endógena que limite o montante de recursos que as famílias estarão dispostas a depositar nos bancos.

A justificativa dos autores Gertler e Karadi (2011) para esta restrição é um problema de "*moral hazard*", ou seja, os banqueiros terão a possibilidade de desviar recursos de seu banco, que encerrará suas atividades, transferindo uma proporção λ de seus ativos para a família do banqueiro. Os depositantes, por sua vez, conseguem recuperar apenas uma proporção (1-λ) dos ativos.

Para que não incorram neste risco de desvio de recursos pelo banqueiro, as famílias apenas depositarão recursos no banco até o limite onde haja mais valor esperado para o banqueiro em manter o banco em funcionamento do que em desviar os recursos do banco. Ou seja, as famílias só depositarão novos recursos no banco se a seguinte restrição for satisfeita:

$$V_{jt} \geq \lambda Q_t S_{jt} \quad (12)$$

Substituindo a expressão que obtivemos para V_{jt} (7), teremos:

$$\nu_t Q_t S_{jt} + \eta_t N_{jt} \geq \lambda Q_t S_{jt}$$

$$\eta_t\, N_{jt} \geq (\lambda - \nu_t) Q_t S_{jt}$$

$$\frac{Q_t S_{jt}}{N_{jt}} \leq \frac{\eta_t}{(\lambda - \nu_t)} \equiv \phi_t \tag{13}$$

onde definimos $\phi_t = \frac{\eta_t}{(\lambda - \nu_t)}$ como sendo o índice de alavancagem máxima suportada pelas famílias para manterem seus depósitos nos intermediários financeiros.

Os bancos, por sua vez, na medida em que esperarem um *spread* descontado positivo, tomarão todos os depósitos disponíveis das famílias até que a restrição esteja ativa e que, portanto, seja válida com o sinal de igualdade:

$$Q_t S_{jt} = \phi_t\, N_{jt} \tag{14}$$

Podemos utilizar esta equação de volta na equação de evolução do capital dos bancos (3), de forma a obtermos:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{t+1}) \phi_t N_{jt} + R_{t+1} N_{jt}$$

$$N_{jt+1} = [(R_{kt+1} - R_{t+1}) \phi_t + R_{t+1}] N_{jt} \tag{15}$$

E, por sua vez, a evolução do capital dos bancos de volta nas equações (11) e (10), que definem as taxas de crescimento do capital e dos ativos:

$$z_{t,t+1} = \frac{N_{jt+1}}{N_{jt}} = (R_{kt+1} - R_{t+1}) \phi_t + R_{t+1} \tag{16}$$

$$x_{t,t+1} = \frac{Q_{t+1} S_{jt+1}}{Q_t S_{jt}} = \frac{\phi_{t+1} N_{jt+1}}{\phi_t N_{jt}} = \frac{\phi_{t+1}}{\phi_t} z_{t,t+1} \tag{17}$$

A equação (14) pode ser agregada para todos os bancos da economia, resultando em:

$$Q_t S_t = \phi_t\, N_t \tag{18}$$

onde descartamos os subscritos j para indicar que agora se tratam das variáveis agregadas.

Para derivarmos uma equação de movimento de N_t (capital agregado do sistema bancário), devemos lembrar que a cada instante t temos uma parte dos bancos saindo do mercado, e um conjunto de novos bancos entrando no mercado. Desta forma, teremos:

$$N_t = N_{et} + N_{nt} \tag{19}$$

onde N_{et} representa o capital agregado dos bancos que sobrevivem de um período para o outro (*existing*), e N_{nt} representa o capital agregado dos novos bancos (*new*), que entram no mercado para substituir os que dele se retiram. O capital do subconjunto N_{et} de bancos pode ser representado por:

$$N_{et} = \theta[(R_{kt} - R_t) \phi_{t-1} + R_t] N_{t-1} = \theta z_{t-1,t} N_{t-1} \tag{20}$$

e o subconjunto N_{nt} de bancos irá receber uma transferência de capital para iniciar suas atividades proporcional ao tamanho dos ativos dos bancos que se retiraram do mercado no período anterior. Esta proporção será designada por ω e, portanto, N_{nt} será representado por:

$$N_{nt} = \omega(1-\theta)\, Q_t S_{t-1} \tag{21}$$

Com isto encerramos a descrição do segmento de intermediação financeira do modelo, e passaremos agora a descrever brevemente os demais agentes presentes no modelo.

2.1.2 Famílias

As famílias escolhem a quantidade de trabalho que oferecerão, seu consumo e a quantidade de recursos que depositarão nos bancos, de forma a maximizarem sua utilidade ao longo do tempo, mas sujeitas à sua restrição orçamentária. Sua utilidade é representada por uma função separável entre consumo e (desutilidade do) trabalho e que contempla a formação de hábitos de consumo (ou a suavização intertemporal do consumo). Desta forma, o problema de otimização intertemporal da família pode ser representado por:

$$\max_{C_t, L_t, D_{t+1}} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[\ln(C_{t+i} - hC_{t+i-1}) - \chi \frac{L_{t+i}^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \tag{22}$$

sujeito a:

$$C_t + D_{t+1} = W_t L_t + R_t D_t + \mathrm{T}_t \tag{23}$$

onde D_{t+1} são os depósitos realizados em t, cuja maturação se dará em t+1; D_t são os depósitos realizados em t-1, que agora estão sendo retornados com uma taxa de retorno R_t; W_t é o salário real; e T_t são as transferência recebidas pelas famílias, por serem proprietárias dos bancos, já líquidas das transferências realizadas aos novos bancos entrantes. Todas as quantidades estão definidas em número de unidades do bem de consumo.

As condições de primeira ordem da solução do problema acima são, para a oferta de trabalho pelas famílias:

$$UMgC_t W_t = \chi L_t^{\varphi} \tag{24}$$

e, para a indiferença entre consumir e poupar (via depósitos nos bancos):

$$E_t \beta \Lambda_{t,t+1} R_{t+1} = 1 \tag{25}$$

onde definimos a utilidade marginal do consumo em t como sendo:

$$UMgC_t = (C_t - hC_{t-1})^{-1} - h\beta E_t[(C_{t+1} - hC_t)^{-1}] \tag{26}$$

e o fator de desconto estocástico entre t e t+1 como sendo:

$$\Lambda_{t,t+1} = \frac{UMgC_{t+1}}{UMgC_t} \tag{27}$$

2.1.3 Firmas Produtoras de Bens Intermediários

As firmas produtoras de bens intermediários utilizam insumos (capital e trabalho) para produzirem, em um ambiente competitivo, bens que serão posteriormente vendidos às firmas produtoras de bens finais.

Para obter o capital necessário à sua operação, as firmas produtoras de bens intermediários tomam empréstimos junto aos bancos (S_t), que irão financiar seu capital no período seguinte (K_{t+1}).

Os bancos tem informação perfeita sobre a firma e não incorrem em custos para garantir o pagamento destes empréstimos. Desta forma, teremos:

$$Q_t K_{t+1} = Q_t S_t \tag{28}$$

É importante observar que, neste modelo proposto por Gertler e Karadi (2011), não há fricções na obtenção de empréstimos por parte das firmas (como, por exemplo, restrições de volume de colateral existentes em outros modelos). No entanto, como os bancos terão restrições à obtenção de depósitos das famílias, esta restrição do volume de recursos disponível acabará por atingir as firmas, uma vez que limitará a quantidade de empréstimos que os bancos poderão oferecer às firmas.

Como em um determinado período t o capital disponível para a produção das firmas (K_t) já está dado pelos empréstimos tomados no período anterior (S_{t-1}), então no período t as firmas terão como variáveis de escolha a taxa de utilização (U_t) deste capital e a quantidade de trabalho (L_t) que utilizarão na sua produção, que seguirá a tecnologia Cobb-Douglas definida abaixo:

$$Y_{mt} = A_t (U_t \xi_t K_t)^{\alpha} L_t^{1-\alpha} \tag{29}$$

onde A_t é um choque exógeno na produtividade dos fatores de produção, e ξ_t representa um choque exógeno na qualidade do capital, de forma que $\xi_t K_t$ representará a quantidade efetiva de capital disponível no tempo t.

A taxa de depreciação do capital dependerá da taxa de utilização do capital escolhida pela firma e utilizaremos a mesma forma funcional utilizada por Gertler e Karadi (2011), dada por:

$$\delta(U_t) = \delta_a + \delta_b \frac{U_t^{1+\zeta}}{1+\zeta} \tag{30}$$

É assumido que o custo de repor o capital depreciado é de 1 unidade.

Desta forma o problema de otimização intertemporal da firma produtora de bens intermediários consiste em escolher a quantidade de trabalho e a taxa de utilização de capital, de forma a maximizar seu lucro, representado por:

$$\max_{L_t,U_t} P_{mt}Y_{mt} - W_tL_t - 1\,\delta(U_t)\xi_tK_t \quad (31)$$

sujeito à tecnologia definida em (29).

As condições de primeira ordem da solução do problema acima são, para a demanda de trabalho pelas firmas:

$$P_{mt}(1-\alpha)\frac{Y_{mt}}{L_t} = W_t \quad (32)$$

e, para a escolha da taxa de utilização do capital:

$$P_{mt}\alpha\frac{Y_{mt}}{U_t} = \delta'(U_t)\xi_tK_t = \delta_bU_t^{\zeta}\xi_tK_t \quad (33)$$

Desta forma, após as escolhas ótimas feitas pela firma, esta irá gerar um lucro igual a:

$$\Pi_t = P_{mt}Y_{mt} - W_tL_t - \delta(U_t)\xi_tK_t = P_{mt}Y_{mt} - P_{mt}(1-\alpha)Y_{mt} - \delta(U_t)\xi_tK_t$$

$$\Pi_t = \alpha P_{mt}Y_{mt} - \delta(U_t)\xi_tK_t \quad (34)$$

Agora lembremos, pela equação (28), que a firma tomou empréstimos em t equivalentes a Q_tS_t e que, portanto, ela terá que pagar em t+1 o equivalente a $Q_tS_tR_{kt+1}$. Com o empréstimo tomado a firma financiou seu capital Q_tK_{t+1}, que terá um valor em t+1 equivalente a $Q_{t+1}\xi_{t+1}K_{t+1}$ e o utilizou na produção, gerando um lucro de Π_{t+1} (lembrando que o custo de reposição do capital depreciado já foi levado em conta na apuração do lucro, portanto o capital se encontra no mesmo nível em t+1 que estava em t).

Desta forma o banco, tendo perfeita informação sobre a firma, irá cobrar pelo empréstimo o equivalente ao retorno financeiro que seria obtido pela firma, apropriando-se de todo o seu ganho. Numericamente teremos:

$$Q_tS_tR_{kt+1} = \Pi_{t+1} + Q_{t+1}\xi_{t+1}K_{t+1}$$

$$Q_tK_{t+1}R_{kt+1} = \alpha P_{mt+1}Y_{mt+1} - \delta(U_{t+1})\xi_{t+1}K_{t+1} + Q_{t+1}\xi_{t+1}K_{t+1}$$

$$Q_tR_{kt+1} = \alpha P_{mt+1}\frac{Y_{mt+1}}{K_{t+1}} + Q_{t+1}\xi_{t+1} - \delta(U_{t+1})\xi_{t+1}$$

$$R_{kt+1} = \frac{\xi_{t+1}}{Q_t}\left[\frac{\alpha P_{mt+1}Y_{mt+1}}{\xi_{t+1}K_{t+1}} + Q_{t+1} - \delta(U_{t+1})\right] \quad (35)$$

Onde, da mesma forma que no caso da taxa paga pelos depósitos, também conseguimos determinar a taxa cobrada pelos empréstimos endogenamente ao modelo.

2.1.4 Firmas Produtoras de Capital

Para permitir o custo de ajustamento do nível de investimento, também fazem parte do modelo base as firmas produtoras de capital. Tais firmas, ao final de cada período, compram o capital remanescente nas firmas produtoras de bens intermediários e tanto recuperam o capital depreciado, como produzem novo capital, vendendo-os de volta às firmas produtoras de bens intermediários para a produção do próximo período.

O capital depreciado, uma vez recuperado, terá custo unitário (e, portanto, não sofre custo de ajustamento). Desta forma, o custo de ajustamento do nível de investimento irá incidir apenas sobre o novo capital produzido, denominado capital líquido (I_{nt}), que é representado por:

$$I_{nt} = I_t - \delta(U_t)\xi_t K_t \tag{36}$$

onde I_t representa o investimento total realizado no período t.

O investimento líquido sofrerá um custo de ajustamento que definiremos de acordo com a seguinte forma funcional:

$$f\left(\frac{I_{nt}}{I_{nt-1}}\right) = \frac{\eta_i}{2}\left(\frac{I_{nt}}{I_{nt-1}} - 1\right)^2 \tag{37}$$

As firmas produtoras de capital atuam em ambiente competitivo. Portanto, tomam o preço do capital, Q_t, como dado e, com base nele, escolhem o nível de investimento líquido que produzirão, de forma a maximizar seu lucro (que só aparecerá fora do estado estacionário). Desta forma, o problema de otimização intertemporal destas firmas é dado por:

$$\max_{I_{nt}} E_t \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{\tau-t}\Lambda_{t,\tau}\left\{Q_\tau I_{n\tau} - \left[1 + f\left(\frac{I_{n\tau}}{I_{n\tau-1}}\right)\right] I_{n\tau}\right\} \tag{38}$$

Cuja condição de primeira ordem fornece a seguinte equação para o preço do investimento líquido:

$$Q_t = 1 + f\left(\frac{I_{nt}}{I_{nt-1}}\right) + \frac{I_{nt}}{I_{nt-1}} f'\left(\frac{I_{nt}}{I_{nt-1}}\right) - E_t\left[\beta\Lambda_{t,t+1}\left(\frac{I_{nt+1}}{I_{nt}}\right)^2 f'\left(\frac{I_{nt+1}}{I_{nt}}\right)\right] \tag{39}$$

2.1.5 Firmas Produtoras de Bens Finais

As firmas produtoras de bens finais atuam em um ambiente de competição monopolística, utilizando-se como único insumo o bem produzido pelas firmas produtoras de bens intermediários (não diferenciado), e produzindo um bem final diferenciado.

Tais firmas, portanto, tem o poder de estipular preço para seus bens. No entanto, tais firmas estarão sujeitas a uma rigidez na remarcação de seus preços, *a la* Calvo, como veremos posteriormente.

Supõe-se que haja um contínuo de massa 1 de f firmas produtoras de bens finais. O produto agregado destas firmas, Y_t, é dado por um agregador de elasticidade de substituição constante (e igual a ε, com ε>1):

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_{ft}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} df\right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \tag{40}$$

Da minimização de custos dos usuários destes bens finais, dado um nível de consumo desejado, obtemos a demanda pelo bem de cada firma f, Y_{ft}, em função dos preços de cada um destes bens, P_{ft}, e do nível de preço agregado da economia, P_t:

$$Y_{ft} = Y_t \left(\frac{P_{ft}}{P_t}\right)^{-\varepsilon} \tag{41}$$

Colocando esta expressão para Y_{ft} de volta no agregador do produto (40), obtemos a seguinte expressão para o índice de preços agregado da economia, P_t:

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{ft}^{1-\varepsilon} df\right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \tag{42}$$

Como já foi dito, estas firmas produtoras de bens finais, apesar de produzirem bens diferenciados e terem a possibilidade de determinar os preços destes bens, sofrem uma rigidez em sua capacidade de remarcar os preços. A cada período, apenas uma fração (1-γ) das firmas podem reajustar livremente os seus preços.

Para as demais γ firmas haverá a possibilidade de reajuste de preços com base na inflação nominal observada no período imediatamente anterior (ou seja, uma forma de indexação dos preços da economia). Definiremos esta inflação nominal observada no período anterior como sendo:

$$\pi_{t-1} = \frac{P_{t-1}}{P_{t-2}} \tag{43}$$

No entanto, esta indexação não será absoluta, mas sujeita a um parâmetro γ_P. Portanto, as γ empresas que não puderem reajustar livremente seus preços, irão reajustá-los pelo fator $\pi_{t-1}^{\gamma_P}$.

Este reajuste passivo (indexação) será levado em conta pelas empresas que puderem reajustar livremente seus preços. Estas escolherão seu preço ótimo (P_t^*) utilizando não apenas o preço ideal de hoje, mas a probabilidade γ de que este empresa não possa reajustar livremente seus preços no próximo período, a probabilidade γ^2 de que não possa reajustar livremente seus preços nos próximos 2 períodos, e assim por diante.

Observe que todas as empresas que puderem reajustar livremente seus preços escolherão o mesmo preço ótimo; bem como que todas as empresas que não puderem reajustar livremente seus preços terão o mesmo reajuste passivo.

Portanto, a partir destas considerações e da equação (42), concluímos que os preços dos bens finais irão evoluir conforme a relação:

$$P_t = \left[(1-\gamma)(P_t^*)^{1-\varepsilon} + \gamma\left(\pi_{t-1}^{\gamma_P} P_{t-1}\right)^{1-\varepsilon}\right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \tag{44}$$

que pode ser reescrita como:

$$\pi_t^{1-\varepsilon} = (1-\gamma)\left(\frac{P_t^*}{P_{t-1}}\right)^{1-\varepsilon} + \gamma\pi_{t-1}^{\gamma_P(1-\varepsilon)} \tag{45}$$

Vejamos, agora, como se dá a escolha do preço ótimo pelas firmas que podem reajustar seus preços em um determinado período. Conforme já colocado, estas escolherão este preço ótimo baseado não apenas no lucro que terão no período em que é feito o reajuste de preços, mas levando em conta todos os períodos futuros em que não poderão reajustar seus preços novamente para o nível ótimo.

Dado que uma empresa f reajustou para o nível ótimo P_t^* em t, no período t+i seu preço estará no seguinte nível:

$$P_{ft+i} = P_t^* \prod_{k=1}^{i}\left(\frac{P_{t-1+k}}{P_{t-2+k}}\right)^{\gamma_P} = P_t^*\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P} \tag{46}$$

Suporemos ainda que as firmas produtoras de bens finais utilizam uma tecnologia “um para um”, ou seja, para cada unidade do bem final produzido, será necessária como insumo uma unidade do bem intermediário. Com esta simplificação, o custo marginal (MC_t) de se produzir mais uma unidade do bem final será igual ao preço do bem intermediário (P_{mt}).

Portanto, o problema que cada firma f resolve para escolher o preço ótimo a cada possibilidade de reajuste pode ser expresso conforme a seguinte equação:

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i}\, Y_{ft+i}\left(\frac{P_{ft+i}}{P_{t+i}} - MC_{t+i}\right)$$

Podemos utilizar o valor de Y_{ft+i} obtido na equação (41) e também substituir MC_{t+i} por P_{mt+i} e, após alguma manipulação algébrica (indicada abaixo) chegaremos no problema representado pela equação (47):

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i}\, Y_{t+i}\left(\frac{P_{ft+i}}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon}\left(\frac{P_{ft+i}}{P_{t+i}} - P_{mt+i}\right)$$

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i}\left[Y_{t+i}\frac{{P_{ft+i}}^{1-\varepsilon}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}} - Y_{t+i}\frac{{P_{ft+i}}^{-\varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}} P_{mt+i}\right]$$

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i}\left[Y_{t+i}\frac{\left(P_t^*\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P}\right)^{1-\varepsilon}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}} - Y_{t+i}\frac{\left(P_t^*\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P}\right)^{-\varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}} P_{mt+i}\right]$$

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} \left[Y_{t+i} \frac{{P_t^*}^{1-\varepsilon} \left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}} - Y_{t+i} \frac{{P_t^*}^{-\varepsilon} \left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}} P_{mt+i} \right] \quad (47)$$

A condição de primeira ordem deste problema será:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} \left[(1-\varepsilon) Y_{t+i} \frac{{P_t^*}^{-\varepsilon} \left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}} + \varepsilon Y_{t+i} \frac{{P_t^*}^{-\varepsilon-1} \left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}} P_{mt+i} \right] = 0$$

Após alguma manipulação algébrica, obtemos a escolha de preço ótimo (P_t^*) da firma que pode reajustar livremente seus preços, dada pela equação (48):

$$(\varepsilon - 1) {P_t^*}^{-\varepsilon} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}} =$$

$$\varepsilon {P_t^*}^{-\varepsilon-1} E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{mt+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}}$$

$$P_t^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{mt+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}}} \quad (48)$$

Para chegarmos a uma relação entre este preço ótimo e o nível de preço agregado da economia, realizamos nova manipulação algébrica até obtermos a equação (49):

$$P_t^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{mt+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{{P_{t+i}}^{-\varepsilon}}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{{P_{t+i}}^{1-\varepsilon}}} \frac{P_t P_t^{-\varepsilon}}{P_t^{1-\varepsilon}} \frac{P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

$$\frac{P_t^*}{P_{t-1}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{mt+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{-\gamma_P \varepsilon}}{\left(\frac{P_{t+i}}{P_t}\right)^{-\varepsilon}}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P(1-\varepsilon)}}{\left(\frac{P_{t+i}}{P_t}\right)^{1-\varepsilon}}} \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

$$\frac{P_t^*}{P_{t-1}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{mt+i} \left(\frac{\frac{P_{t+i}}{P_t}}{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P}} \right)^{\varepsilon}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left(\frac{\frac{P_{t+i}}{P_t}}{\left(\frac{P_{t+i-1}}{P_{t-1}}\right)^{\gamma_P}} \right)^{\varepsilon - 1}} \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (49)$$

Iremos definir o índice de reajuste ótimo das firmas que conseguem reajustar livremente seus preços como sendo:

$$\pi_t^* = \frac{P_t^*}{P_{t-1}} \quad (50)$$

E, portanto, podemos agora reescrever a equação (49) de forma recursiva, utilizando as variáveis auxiliares NN_t e DD_t:

$$\pi_t^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\frac{NN_t}{DD_t}\pi_t \tag{51}$$

onde:

$$NN_t = Y_t P_{mt} + E_t\left[\gamma\beta\Lambda_{t,t+1}\left(\frac{\pi_{t+1}}{\pi_t{}^{\gamma_P}}\right)^{\varepsilon} NN_{t+1}\right] \tag{52}$$

$$DD_t = Y_t + E_t\left[\gamma\beta\Lambda_{t,t+1}\left(\frac{\pi_{t+1}}{\pi_t{}^{\gamma_P}}\right)^{\varepsilon-1} DD_{t+1}\right] \tag{53}$$

e onde $\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$ representa o *markup* que as firmas produtoras de bens finais irão praticar sobre o seu custo marginal.

2.1.6 Autoridade Monetária e Restrições Agregadas

Consideraremos que a autoridade monetária se compromete com uma regra de Taylor com suavização da taxa de juros, da seguinte forma (linearizada):

$$i_t = (1-\rho_i)\left[\bar{\iota} + \kappa_\pi \pi_t + \kappa_y(\log Y_t - \log Y_t^*)\right] + \rho_i i_{t-1} + \epsilon_{it} \tag{54}$$

onde i_t é a taxa de juros nominal; $\bar{\iota}$ é a taxa de juros nominal do estado estacionário (ou seja, $1/\beta$); ρ_i é o parâmetro de suavização da taxa de juros nominal; κ_π e κ_y representam, respectivamente, o peso que a autoridade monetária dá ao controle da inflação e à minimização do hiato do produto; Y_t^* é o produto natural (caso não houvesse a rigidez de preços); e ϵ_{it} representa um choque estocástico exógeno na taxa de juros nominal.

A relação entre a taxa de juros nominal e a taxa de juros real é dada pela seguinte equação de Fisher:

$$1 + i_t = E_t\left(R_{t+1}\frac{P_{t+1}}{P_t}\right) \tag{55}$$

O produto desta economia é dividido entre consumo, investimento e pelo custo de ajustamento do nível de investimento, conforme a seguinte equação de restrição agregada de recursos da economia:

$$Y_t = C_t + I_t + f\left(\frac{I_{nt}}{I_{nt-1}}\right) I_{nt} \tag{56}$$

O capital desta economia evolui conforme a seguinte equação de movimento do capital, onde o capital do período seguinte é dado pelo capital do período atual (após a realização do choque de qualidade do capital) somado ao investimento líquido realizado:

$$K_{t+1} = \xi_t K_t + I_{nt} \tag{57}$$

2.1.7 Equilíbrio

O equilíbrio deste modelo é dado por sequências para as variáveis que representem simultaneamente soluções para:

a) O problema das famílias, dado pela equação (22) e sujeito à restrição imposta pela equação (23);
b) O problema das firmas produtoras de bens intermediários, dado pela equação (31) e sujeito à restrição imposta pela equação (29);
c) O problema das firmas produtoras de bens finais, dado pela equação (47) e sujeito à restrição imposta pela equação (40);
d) O problema das firmas produtoras de capital, dado pela equação (38);
e) O problema dos banqueiros, dado pela equação (6) e sujeito à restrição imposta pela equação (12);
f) A economia está sujeita à restrição agregada de recursos (equação (56)); o capital evolui conforme a equação (57); a autoridade monetária segue uma regra para a política monetária, dada pela equação (54); e a relação entre o juro nominal e real é dado pela equação de Fisher (equação (55));
g) Os mercados se equilibram.

Do equilíbrio do mercado de trabalho, podemos igualar a oferta de trabalho pelas famílias, dada pela equação (24), com a demanda de trabalho pelas firmas produtoras de bens intermediários, dada pela equação (32), eliminando a remuneração W_t, e obtendo a quantidade de trabalho no equilíbrio através da seguinte expressão:

$$P_{mt}(1-\alpha)\frac{Y_{mt}}{L_t} = \frac{\chi L_t^{\varphi}}{UMgC_t} \qquad (58)$$

Do equilíbrio no mercado de captação de recursos pelos bancos, os depósitos realizados pelas famílias devem igualar os depósitos recebidos pelos bancos. Ao longo da descrição do modelo já utilizamos a mesma variável D_t para denotar esta quantidade de equilíbrio. Repare que esta variável pode ser eliminada do modelo, já que pode ser obtida a partir dos ativos e do capital próprio dos bancos, dada a identidade do balanço dos bancos (equação (1)).

Ainda, como a taxa de remuneração destes depósitos (R_t) é definida conforme a equação (25), podemos utilizar esta remuneração para simplificar a equação (9) para:

$$\eta_t = E_t\{(1-\theta) + \theta\beta\Lambda_{t,t+1} z_{t,t+1} \eta_{t+1}\} \tag{59}$$

Do equilíbrio do mercado de aplicação de recursos pelos bancos, os empréstimos realizados pelos bancos S_t devem igualar os recursos captados pelas firmas produtoras de bens intermediários para financiar seu capital no período seguinte, conforme já explicitado pela equação (28).

Para fechar o modelo utilizaremos ainda a seguinte expressão para a dispersão dos preços na economia:

$$D_t = \gamma D_{t-1}\left(\frac{\pi_t}{\pi_{t-1}^{\gamma_P}}\right)^{\varepsilon} + (1-\gamma)\left(\frac{1-\gamma\left(\frac{\pi_t}{\pi_{t-1}^{\gamma_P}}\right)^{\gamma-1}}{1-\gamma}\right)^{-\frac{\varepsilon}{1-\gamma}} \tag{60}$$

E a relação entre a produção das firmas de bens intermediários e as firmas de bens finais será dada pela equação:

$$Y_{mt} = D_t Y_t \tag{61}$$

Além do choque estocástico exógeno nos juros, já presente na regra de política monetária, o modelo também possui choques na qualidade de capital e na produtividade dos fatores de produção. Tais choques serão modelados como seguindo processos autorregressivos de ordem 1, com graus de persistência e componentes estocásticos conforme as seguintes equações:

$$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + \epsilon_{\xi t} \tag{62}$$

$$A_t = \rho_A A_{t-1} + \epsilon_{At} \tag{63}$$

Portanto, o modelo base completo é representado por 20 parâmetros (θ, λ, ω, β, h, χ, φ, α, δ_a, δ_b, ζ, η_i, ε, γ, γ_P, κ_π, κ_y, ρ_i, ρ_ξ, ρ_A), 3 variáveis exógenas (ϵ_{it}, $\epsilon_{\xi t}$, ϵ_{At}), 31 variáveis endógenas (Q_t, R_t, R_{kt}, ν_t, η_t, $x_{t,t+1}$, $z_{t,t+1}$, ϕ_t, N_t, N_{et}, N_{nt}, C_t, L_t, $UMgC_t$, $\Lambda_{t,t+1}$, P_{mt}, Y_{mt}, A_t, U_t, ξ_t, K_t, δ_t, I_t, I_{nt}, π_t, π_t^*, NN_t, DD_t, DP_t, Y_t, i_t) e por 31 equações (equações 8, 59, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 58, 29, 30, 33, 35, 36, 39, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63).

2.2 CHOQUE DE CONFIANÇA DO DEPOSITANTE NOS INTERMEDIÁRIOS FINANCEIROS

A fricção financeira deste modelo advém da restrição das famílias em depositarem mais recursos nos bancos além de um limite em que haveria incentivos para o mesmo sair do mercado ao invés de continuar operando. No modelo base, este limite é dado pelo parâmetro λ, e a restrição que as famílias impõem aos bancos está expressa na equação (12). Podemos interpretar este parâmetro como sendo uma medida do grau de confiança dos depositantes no sistema financeiro.

O modelo base supõe que este comportamento das famílias seja constante ao longo do tempo. No entanto, é razoável supor que isso não seja verdade. Isto é, esta medida de confiança dos depositantes no sistema financeiro (limite a partir do qual as famílias consideram que haja incentivos para o banqueiro encerrar as atividades do banco) pode variar ao longo do tempo.

Por exemplo, podemos supor que notícias que as famílias recebam a respeito de fraudes ou da saúde financeira dos bancos influa na decisão das famílias em relação ao volume de depósitos que farão nos bancos. Além disto, estas notícias podem eventualmente não se confirmarem, portanto causando um gradual retorno das famílias a seu nível de confiança anterior a estas notícias.

Com esta motivação, faremos as seguintes alterações sobre o modelo base: passaremos a denominar o parâmetro λ como $\bar{\lambda}$, e a ele será acrescentado uma variação percentual, representado pela variável λ_t (onde $0 \leq \lambda_t \leq 1$). Tal variável terá um componente estocástico, e seguirá um processo autorregressivo de ordem 1, conforme a equação a seguir:

$$\lambda_t = \rho_\lambda \lambda_{t-1} + \epsilon_{\lambda t} \tag{64}$$

A variável $\epsilon_{\lambda t}$ será, portanto, a representação de um "choque de confiança" dos depositantes nas instituições financeiras.

Em função desta alteração, a restrição para a captação de depósitos das famílias por parte dos bancos (em substituição à equação (12)) agora passa a ser:

$$\nu_t Q_t S_{jt} + \eta_t N_{jt} \geq \bar{\lambda}(1 + \lambda_t) Q_t S_{jt} \tag{65}$$

O que resultará em um índice de alavancagem máximo para os bancos (em substituição à equação (13)) definido como sendo:

$$\phi_t \equiv \frac{\eta_t}{(\bar{\lambda}(1+\lambda_t) - \nu_t)} \tag{66}$$

As demais equações que definem o comportamento dos bancos no modelo base permanecerão iguais, apenas utilizando esta nova definição para o índice de alavancagem.

2.2.1 Equilíbrio

A inclusão do choque de confiança dos depositantes no modelo base implica apenas na substituição da equação (13) pela equação (66), e pela inclusão da equação (64).

Portanto o modelo, agora acrescido do choque de confiança, passa a ser representado por 20 parâmetros (θ, ω, β, h, χ, φ, α, δ_a, δ_b, ζ, η_i, ε, γ, γ_P, κ_π, κ_y, ρ_i, ρ_ξ, $\rho_{A,}$ ρ_λ), 4 variáveis exógenas (ϵ_{it}, $\epsilon_{\xi t}$, ϵ_{At}, $\epsilon_{\lambda t}$), 32 variáveis endógenas (Q_t, R_t, R_{kt}, ν_t, η_t, $x_{t,t+1}$, $z_{t,t+1}$, ϕ_t, N_t, N_{et}, N_{nt}, C_t, L_t, $UMgC_t$, $\Lambda_{t,t+1}$, P_{mt}, Y_{mt}, A_t, U_t, ξ_t, K_t, δ_t, I_t, I_{nt}, π_t, π_t^*, NN_t, DD_t, DP_t, Y_t, $i_{t,}$ λ_t) e por 32 equações (equações 8, 59, 66, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 58, 29, 30, 33, 35, 36, 39, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64).

2.3 DEPÓSITOS COMPULSÓRIOS

Sobre o modelo base de Gertler e Karadi (2011) iremos acrescentar a necessidade de manutenção de reservas compulsórias depositadas junto à Autoridade Monetária ("*reserve requirements*" ou compulsórios), seguindo a ideia geral utilizada por Montoro e Tovar (2010).

2.3.1 Agentes de Intermediação Financeira (Bancos)

Consideraremos que a Autoridade Monetária obrigue cada um dos bancos da economia a manterem uma parte dos depósitos recebidos das famílias depositados em sua conta de reservas bancárias, de forma a estabelecer um limite superior para a velocidade de circulação da moeda. Desta forma, teremos o total de compulsórios exigidos de cada banco, denotado como RR_{jt}, como sendo:

$$RR_{jt} = \tau_t D_{jt} \tag{67}$$

onde τ_t ($0 \leq \tau_t \leq 1$) representa o percentual dos depósitos que devem ser recolhidos.

Desta forma agora, em substituição à equação (1) do modelo base, o balanço do banco deverá ser expresso como:

$$Q_t S_{jt} + RR_{jt} = N_{jt} + D_{jt} \tag{68}$$

e, utilizando a definição de compulsórios da equação (67), teremos:

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + (1 - \tau_t) D_{jt}$$

$$D_{jt} = \frac{1}{(1-\tau_t)} \left(Q_t S_{jt} - N_{jt} \right) \tag{69}$$

Ou seja, dado o mesmo capital próprio dos bancos, uma economia com compulsório precisará de um nível maior de depósitos para suportar o mesmo nível de crédito que uma economia sem compulsório. Ou, por outro ângulo, dado um mesmo nível de depósitos e de capital dos bancos, a economia com compulsório suportará um menor nível de crédito.

Consideraremos também que a Autoridade Monetária remunera os compulsórios a uma taxa R_{RRt}, sendo esta taxa $0 \leq R_{RRt} \leq R_t$. Neste cenário, a evolução do patrimônio líquido dos bancos, em oposição à equação (2), agora passará a se comportar da seguinte forma:

$$N_{jt+1} = R_{kt+1} Q_t S_{jt} - R_{t+1} D_{jt} + R_{RRt+1} RR_{jt} \tag{70}$$

Observe que na equação acima os bancos, mesmo na presença de compulsórios, continuam remunerando os depósitos à taxa R_{t+1}.

Substituindo as equação (67) e (69) na equação (70) obtemos:

$$N_{jt+1} = R_{kt+1} Q_t S_{jt} - (R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}) D_{jt}$$

$$N_{jt+1} = R_{kt+1} Q_t S_{jt} - \frac{R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}}{1-\tau_t} \left(Q_t S_{jt} - N_{jt}\right)$$

$$N_{jt+1} = \left(R_{kt+1} - \frac{R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}}{1-\tau_t}\right) Q_t S_{jt} + \frac{R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}}{1-\tau_t} N_{jt} \tag{71}$$

Definiremos:

$$R_{\tau t+1} \equiv \frac{R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}}{1-\tau_t} = \frac{(1-\tau_t) R_{t+1} + \tau_t R_{t+1} - \tau_t R_{RRt+1}}{1-\tau_t} = R_{t+1} + \frac{\tau_t}{1-\tau_t} (R_{t+1} - R_{RRt+1}) \tag{72}$$

Utilizando esta definição na equação (71), teremos a seguinte equação para a evolução do patrimônio líquido dos bancos na presença de depósitos compulsórios:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{\tau t+1}) Q_t S_{jt} + R_{\tau t+1} N_{jt} \tag{73}$$

Várias observações devem ser feitas a partir das equações (69), (72) e (73).

Em primeiro lugar observe que, caso $\tau_t = 0$ (economia sem compulsório), teremos que $R_{\tau t} = R_t$. Portanto, como seria de esperar, o modelo base sai como um caso particular do modelo com compulsório.

Observe também que, caso $\tau_t > 0$ (economia com compulsório), mas que a Autoridade Monetária opte por remunerar os depósitos compulsórios a uma taxa $R_{RRt} = R_t$, também teremos $R_{\tau t} = R_t$. Ou seja, o compulsório irá retirar liquidez dos intermediários financeiros, reduzindo o volume de crédito, mas não alterará o comportamento estratégico dos bancos em relação à sua alavancagem.

Por fim, caso $\tau_t > 0$ e $R_{RRt} < R_t$, então teremos $R_{\tau t} > R_t$. Comparando então a equação (73) com a sua equivalente do modelo sem compulsórios (equação (3)), podemos observar que a presença de compulsórios neste contexto diminui o retorno dos empréstimos e aumenta o retorno do capital próprio, o que representa um incentivo à diminuição da alavancagem dos bancos – daí o seu uso como uma ferramenta de políticas macroprudenciais, que visem a contenção ou expansão da alavancagem bancária do conjunto dos intermediários financeiros.

Vejamos, agora, quais são as alterações que esta nova estrutura do mercado de intermediação financeira irá implicar sobre as demais equações do modelo.

O valor esperado de saída do mercado para o banqueiro continua podendo ser expressa como na equação (7), porém com novas definições para ν_t e η_t:

$$\nu_t = E_t\left\{(1-\theta)\beta\Lambda_{t,t+1}(R_{kt+1} - R_{\tau t+1}) + \theta\beta\Lambda_{t,t+1}x_{t,t+1}\nu_{t+1}\right\} \tag{74}$$

$$\eta_t = E_t\left\{(1-\theta)\beta\Lambda_{t,t+1}R_{\tau t+1} + \theta\beta\Lambda_{t,t+1}z_{t,t+1}\eta_{t+1}\right\} \tag{75}$$

Observe apenas que agora o primeiro termo de η_t não poderá mais ser simplificado utilizando-se da equação (25).

O índice máximo de alavancagem aceito pelas famílias para manterem seus depósitos continua sendo igual a ϕ_t, conforme definido pelas equações (13) e (14), porém este também utilizando das novas definições de ν_t e η_t.

A equação (15), de evolução do patrimônio líquido dos bancos, sujeito à restrição imposta pelos depositantes, passa a ser:

$$N_{jt+1} = (R_{kt+1} - R_{\tau t+1})\phi_t N_{jt} + R_{\tau t+1}N_{jt}$$

$$N_{jt+1} = [(R_{kt+1} - R_{\tau t+1})\phi_t + R_{\tau t+1}]N_{jt} \tag{76}$$

e, portanto, a equação (16), da taxa de crescimento do capital, passa a ser:

$$z_{t,t+1} = \frac{N_{jt+1}}{N_{jt}} = (R_{kt+1} - R_{\tau t+1})\phi_t + R_{\tau t+1} \tag{77}$$

Já a taxa de crescimento dos ativos permanece conforme anteriormente definido pela equação (17).

2.3.2 Autoridade Monetária

Com a introdução dos depósitos compulsórios conforme a seção anterior, a Autoridade Monetária passa a ter mais duas variáveis de controle sobre o sistema financeiro: o nível de compulsórios que será exigido sobre os depósitos recebidos pelos bancos (τ_t); e a remuneração que pagará sobre tais compulsórios (R_{RRt}).

Seguindo Montoro e Tovar (2010) iremos analisar neste trabalho duas alternativas para a especificação do nível de compulsório: uma que estabelece o compulsório em um patamar fixo; e outra que estabelece que o compulsório será definido conforme uma regra que busca ser anti-cíclica em relação ao crédito, ou seja, aumenta o compulsório quando o crédito estiver além do seu valor do estado estacionário, e diminui o compulsório quando o crédito estiver aquém do estado estacionário. Estas alternativas podem ser expressas da seguinte forma (linearizada):

$$\tau_t = \begin{cases} \bar{\tau} \\ \bar{\tau} + \kappa_\tau(\log Q_t S_t - \log \overline{Q_t S_t}) \end{cases} \quad (78)$$

Onde κ_τ ($\kappa_\tau>0$) representa o peso que a Autoridade Monetária dará para os desvios do nível de crédito do nível do estado estacionário na regra de determinação dos depósitos compulsórios.

Os parâmetros $\bar{\tau}$ e κ_τ terão que ser calibrados de forma que, para níveis razoáveis de desvio do crédito do seu nível do estado estacionário, a variável τ_t ainda permaneça entre 0 e 1.

Já a taxa de remuneração dos depósitos compulsórios seguirá uma regra baseada em uma proporção da taxa pagas pelo banco na captação dos depósitos, ou seja:

$$R_{RRt} = \kappa_{RR} R_t \quad (79)$$[4]

onde $0 \leq \kappa_{RR} \leq 1$.

2.3.3 Equilíbrio

As alterações realizadas sobre o modelo base para a inclusão de depósitos compulsórios implicam na substituição da equação (8) pela equação (74), da (59) pela (75), da (16) pela (77), e pela inclusão das equações (72), (78) e (79).

Portanto, o modelo completo, já acrescido tanto do choque de confiança dos depositantes, quanto dos depósitos compulsórios, passa a ser representado por 23 parâmetros (θ, ω, β, h, χ, φ, α, δ_a, δ_b, ζ, η_i, ε, γ, γ_P, κ_π, κ_y, ρ_i, ρ_ξ, ρ_A, ρ_λ, $\bar{\tau}$, κ_τ, κ_{RR}), 4 variáveis exógenas (ϵ_{it}, $\epsilon_{\xi t}$, ϵ_{At}, $\epsilon_{\lambda t}$), 35 variáveis (Q_t, R_t, R_{kt}, ν_t, η_t, $x_{t,t+1}$, $z_{t,t+1}$, ϕ_t, N_t, N_{et}, N_{nt}, C_t, L_t, $UMgC_t$, $\Lambda_{t,t+1}$, P_{mt}, Y_{mt}, A_t, U_t, ξ_t, K_t, δ_t, I_t, I_{nt}, π_t, π_t^*, NN_t, DD_t, DP_t, Y_t, i_t, λ_t, τ_t, R_{RRt}, $R_{\tau t}$) e por 35 equações (equações 74, 75, 66, 77, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 58, 29, 30, 33, 35, 36, 39, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 72, 78, 79).

[4] Como estamos utilizando letras maiúsculas para denotar taxas, a proporção correta se dará sobre o rendimento, ou seja, mais formalmente teremos $(1 + r_{RRt}) = (1 + \kappa_{RR} r_t)$ ou, ainda, $R_{RRt} = \left(1 + \kappa_{RR}(R_t - 1)\right)$.

3 RESULTADOS

3.1 VALORES UTILIZADOS PARA OS PARÂMETROS DO MODELO

Para a realização dos experimentos descritos a seguir procuramos utilizar valores para os parâmetros do modelo mais próximos à realidade da intermediação financeira no Brasil, onde temos a presença de compulsório. Desta forma, na medida em que havia uma certa correspondência entre os modelos, utilizamos os parâmetros estimados (*posterior mean*) para a economia brasileira em Castro *et al* (2011)[5]. Este foi o caso dos parâmetros da regra de Taylor, dos preços (probabilidade de Calvo de não reajustar preços e grau de indexação passiva da economia), do parâmetro do hábito de consumo, e do parâmetro do custo de ajustamento do nível de investimento.

Para os demais parâmetros, utilizamos os mesmos que foram utilizados em Gertler e Karadi (2011). As exceções foram o β, para o qual utilizamos o mesmo valor calibrado utilizado em Castro *et al* (2011); e o ω, proporção dos ativos repassados aos bancos que estão entrando no mercado, que foi calibrado para que resultasse, no equilíbrio, em um índice de alavancagem (ϕ) do sistema financeiro de 5,7143. Tal valor equivale a uma proporção de capital próprio sobre empréstimos ($1/\phi$) para o sistema financeiro de 17,5%, o que representa o valor médio para esta proporção no mercado brasileiro nos últimos 10 anos.

Todos os parâmetros do modelo, seus valores e suas fontes de referência estão resumidos na Tabela 1.

[5] Outros trabalhos de estimação de modelos DSGE para a economia brasileira incluem: Carvalho e Valli (2011); Vasconcelos (2010); Issler e Piqueira (2000).

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na implementação do modelo.

Param.	Valor	Descrição	Fonte
Intermediários Financeiros			
λ	0,3815	proporção dos ativos desviáveis pelo banqueiro	Gertler e Karadi, 2011
θ	0,9716	probabilidade de sobrevivência dos bancos	Gertler e Karadi, 2011
ω	0,0140	proporção da transferência aos novos banqueiros	calculado pelo autor
Famílias			
β	0,9890	taxa de desconto da impaciência ao consumo	Castro et al, 2011 (SAMBA)
h	0,7400	parâmetro do hábito de consumo	Castro et al, 2011 (SAMBA)
φ	0,2500	inversa da elasticidade de Frisch da oferta de trabalho	Gertler e Karadi, 2011
χ	3,4090	peso relativo do trabalho na função utilidade	Gertler e Karadi, 2011
Firmas produtoras de bens intermediários			
α	0,3300	participação do capital na tecnologia	Gertler e Karadi, 2011
δ_a	0,0204	depreciação com taxa de utilização do capital = 0	Gertler e Karadi, 2011
δ_b	0,0376	inclinação da depreciação em relação à utilização	Gertler e Karadi, 2011
ζ	7,2000	parâmetro da taxa de utilização do capital	Gertler e Karadi, 2011
Firmas produtoras de capital			
η_i	3,4200	parâmetro do custo de ajustamento do investimento	Castro et al, 2011 (SAMBA)
Firmas produtoras de bens finais			
ε	4,1667	elasticidade de substituição entre os bens finais	Gertler e Karadi, 2011
γ	0,7400	probabilidade de não reajustar preços (Calvo)	Castro et al, 2011 (SAMBA)
γ_p	0,3300	grau de indexação passiva da economia	Castro et al, 2011 (SAMBA)
Autoridade Monetária			
κ_π	2,4300	peso da inflação na regra de política monetária	Castro et al, 2011 (SAMBA)
κ_y	0,1600	peso do hiato do produto na política monetária	Castro et al, 2011 (SAMBA)
ρ_i	0,7900	persistência da suavização da taxa de juros	Castro et al, 2011 (SAMBA)

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 FUNÇÕES IMPULSO-RESPOSTA[6]

Nesta subseção iremos analisar a dinâmica das principais variáveis macroeconômicas, quando uma economia representada por nosso modelo está sujeira a alguns choques exógenos. Para cada um destes choques, avaliaremos primeiro a resposta de uma economia onde não haja o requerimento de depósitos compulsórios pela Autoridade Monetária, e em seguida comparamos com a resposta de uma economia com compulsório fixo em determinado nível (ainda sem a regra de ajuste do compulsório ao nível de crédito da economia).

[6] Para a simulação do comportamento da economia representada pelo modelo, foi utilizado o *software* MatLab, versão R2010a. Sobre este *software* foi utilizada a *toolbox* Dynare, versão 4.2.1. Esta *toolbox* está disponível gratuitamente em http://www.dynare.org. Para uma referência sobre o seu uso, ver Adjemian *et al* (2011).

Para esta comparação precisaremos definir os valores estipulados pela Autoridade Monetária tanto para o nível do compulsório (parâmetro $\bar{\tau}$), quanto para o percentual de R que será pago como remuneração dos compulsórios (parâmetro κ_{RR}).

O Brasil possui vários tipos de compulsórios (sobre recursos à vista, recursos à prazo, poupança, etc), com bases de incidência diferentes e diversas taxas de remuneração. No entanto, nosso modelo, por ser uma simplificação da realidade, possui apenas uma base de incidência e uma taxa de remuneração. Desta forma, para melhor ilustrar os efeitos do compulsório, optamos por calibrar os parâmetros acima para aproximar o modelo do caso mais extremo existente no Brasil, que é o de compulsório sobre recursos à vista (compulsório de 45% sobre os depósitos à vista, sem remuneração).

Outros valores foram testados (apesar de não exibidos neste trabalho por uma questão de espaço), sendo os efeitos na economia crescentes com o crescimento de $\bar{\tau}$, e decrescentes com o crescimento de κ_{RR}.

A notação que será utilizada nos gráficos a seguir, que representarão funções impulso-resposta das diversas variáveis econômicas quando sujeitas aos choques exógenos, será a seguinte. No eixo “x” temos a quantidade de períodos após o choque, onde cada período corresponde a um trimestre. Já no eixo “y” exibiremos a variação percentual das variáveis em relação a seus valores de equilíbrio (de estado estacionário).

Além disso, a inflação e as taxas de juros i, R, R_τ, R_k, bem como o *spread*, estão sendo exibidas em variação percentual de seus valores anualizados em relação a seus valores de equilíbrio, também anualizados. O *spread* que estamos exibindo nos gráficos consiste da diferença em pontos percentuais entre a taxa de aplicação dos bancos (R_k) e a taxa de captação ajustada pela presença dos compulsórios (R_τ, que será igual a R no caso de não haver compulsório).

Por fim, para facilitar a comparação, exibiremos nos mesmos gráficos tanto as funções impulso-resposta da economia sem compulsório (linha contínua) quanto as da economia com compulsório (linha pontilhada), calibrado conforme descrito acima.

3.2.1 Choque de Política Monetária

Primeiro vejamos o caso de um choque adverso de política monetária, ou seja, uma política monetária que, em determinado instante, fuja da regra de Taylor, acrescentando à taxa de juros da regra um valor ϵ_i equivalente a um aumento de 1% ao ano (portanto um aumento de 0,25% no nosso período de análise, que é trimestral). Este aumento irá persistir na economia devido ao parâmetro de suavização da taxa de juros (ρ_i) presente na regra de Taylor. A Figura 1 apresenta funções impulso-resposta a este choque de política monetária.

Podemos observar os efeitos tradicionais de um choque deste tipo, ou seja, o aumento não antecipado da taxa de juros leva a uma queda no consumo, no produto, no trabalho e, consequentemente, na inflação. Além disso, há uma queda no investimento e, de forma defasada, isso irá implicar em uma queda no estoque de capital da economia (já as taxas de utilização e de depreciação caem de imediato, sem esta defasagem).

O aumento na taxa de juros (i) causa um aumento em R. Por sua vez, a queda no nível de investimento causa uma queda no preço do capital, Q. O retorno do capital investido R_k, sobe. No entanto, como o R_k sobe mais que o R, o *spread* também sobe.

Em relação às variáveis referentes à intermediação financeira, podemos observar que, com o aumento dos juros, o valor total do crédito cai, sendo esta queda devida mais à queda do preço dos ativos (Q) do que à queda do volume de capital, já que este cai de forma defasada. Em consequência disso, o valor do capital próprio dos bancos também cai, na proporção dada pela alavancagem dos mesmos. Pela identidade do balanço dos bancos, esta queda maior do capital dos bancos em relação a seus ativos tem que ser compensada no lado dos depósitos, seja pelo seu aumento (como foi o caso), seja por uma queda menor do que a queda dos ativos.

Como resultado das alterações nos balanços dos bancos, estes ficam sobrealavancados precisando, portanto, diminuir esta alavancagem, recompondo seu capital. Na medida em que vão recompondo seu capital, a alavancagem vai caindo; as taxas de juros (i) e o retorno do capital (R_k) também vão caindo; e os depósitos retornam a seus patamares anteriores.

Ainda na Figura 1, mas agora observando-se a linha pontilhada, temos os efeitos de um mesmo choque de política monetária, mas desta vez aplicado sobre uma economia com compulsório de 45%, sem remuneração.

Podemos observar que a presença dos compulsórios amplifica os efeitos do choque, levando a uma maior queda do produto, consumo, capital e trabalho.

Tal efeito advém do fato de que, pela equação (72), um aumento na taxa R irá implicar em um aumento no R_τ, e este aumento será tanto maior quanto maior for o compulsório e menor sua remuneração. Desta forma, o mesmo aumento na taxa i causado pelo choque de política monetária causa um aumento maior na taxa R_τ no caso com compulsório.

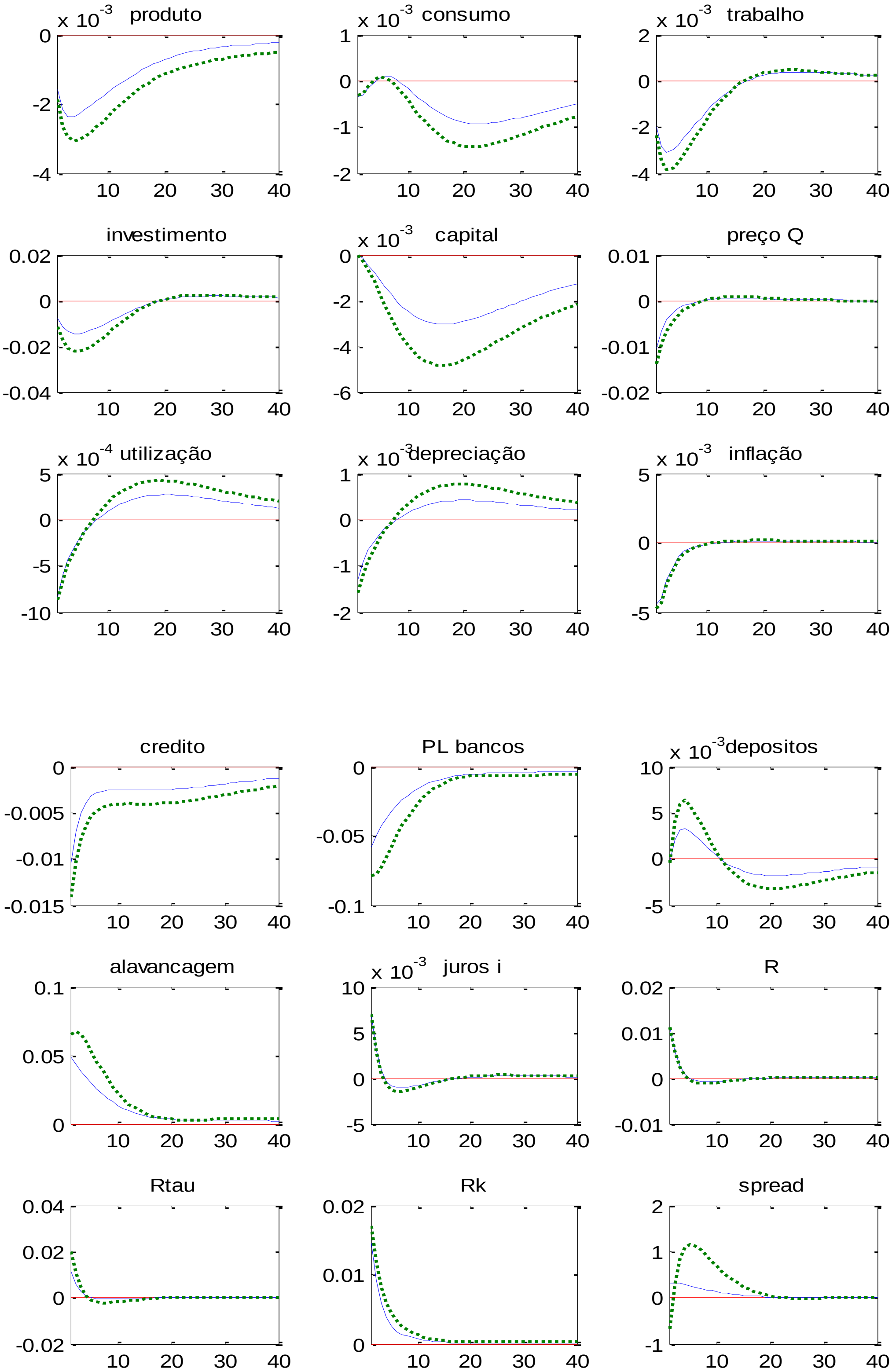

Figura 1 – Funções impulso-resposta a um choque de política monetária: linha contínua – economia sem compulsório; linha pontilhada – economia com compulsório de 45%, sem remuneração.

Este maior aumento no R_τ no caso com compulsório irá causar um maior efeito sobre os bancos, aumentando ainda mais os incentivos para que estes reduzam o crédito e aumentem o capital próprio, ou seja, eles estarão mais sobrealavancados, precisando diminuir ainda mais sua alavancagem. É esta redução mais acentuada do crédito que causa uma maior queda das variáveis econômicas reais: capital, produto, consumo e trabalho.

3.2.2 Choque de Qualidade do Capital

Vejamos agora a dinâmica da economia após um choque de qualidade de capital, conforme proposto por Gertler e Karadi (2011). Tal choque representa uma desvalorização exógena do capital da economia em 5%, com uma persistência de 0,66. Tal choque foi proposto pelos autores por implicar em uma dinâmica para a queda do produto semelhante à ocorrida no mercado norte americano na crise financeira de 2008.

A Figura 2 apresenta funções impulso-resposta ao choque de qualidade do capital. A dinâmica se assemelha à de uma economia com capital inicial abaixo do seu valor de estado estacionário. Com o capital em um patamar mais baixo, as taxas de utilização do capital e de depreciação sobem. Devido à queda do capital, o produto, o trabalho, o consumo e o investimento também caem. Em função destas quedas, a inflação cai e a taxa básica de juros (i) é reduzida em conformidade com a regra de Taylor, em um esforço para que a economia retome a atividade.

A queda na taxa i implica em uma queda da taxa R. Por sua vez, a queda do investimento causa uma queda do preço dos ativos (Q). Além disso, o retorno do capital investido (R_k) sobe. Como nesta situação o R_k está subindo e o R caindo, o spread sobe consideravelmente.

Do lado financeiro, o nível do crédito cai consideravelmente, desta vez tanto em função da queda do preço do capital (Q), quanto pela simultânea queda do volume de capital. O capital próprio dos bancos cai ainda mais, na proporção de sua alavancagem. Novamente neste caso, para fechar o balanço, é necessário que os depósitos compensem estes efeitos, ou subindo, ou caindo menos que os ativos. Neste caso o que ocorre é a queda dos depósitos, porém em um percentual bem abaixo da queda dos ativos. Novamente vemos que os bancos resultam sobrealavancados, precisando recompor seu capital.

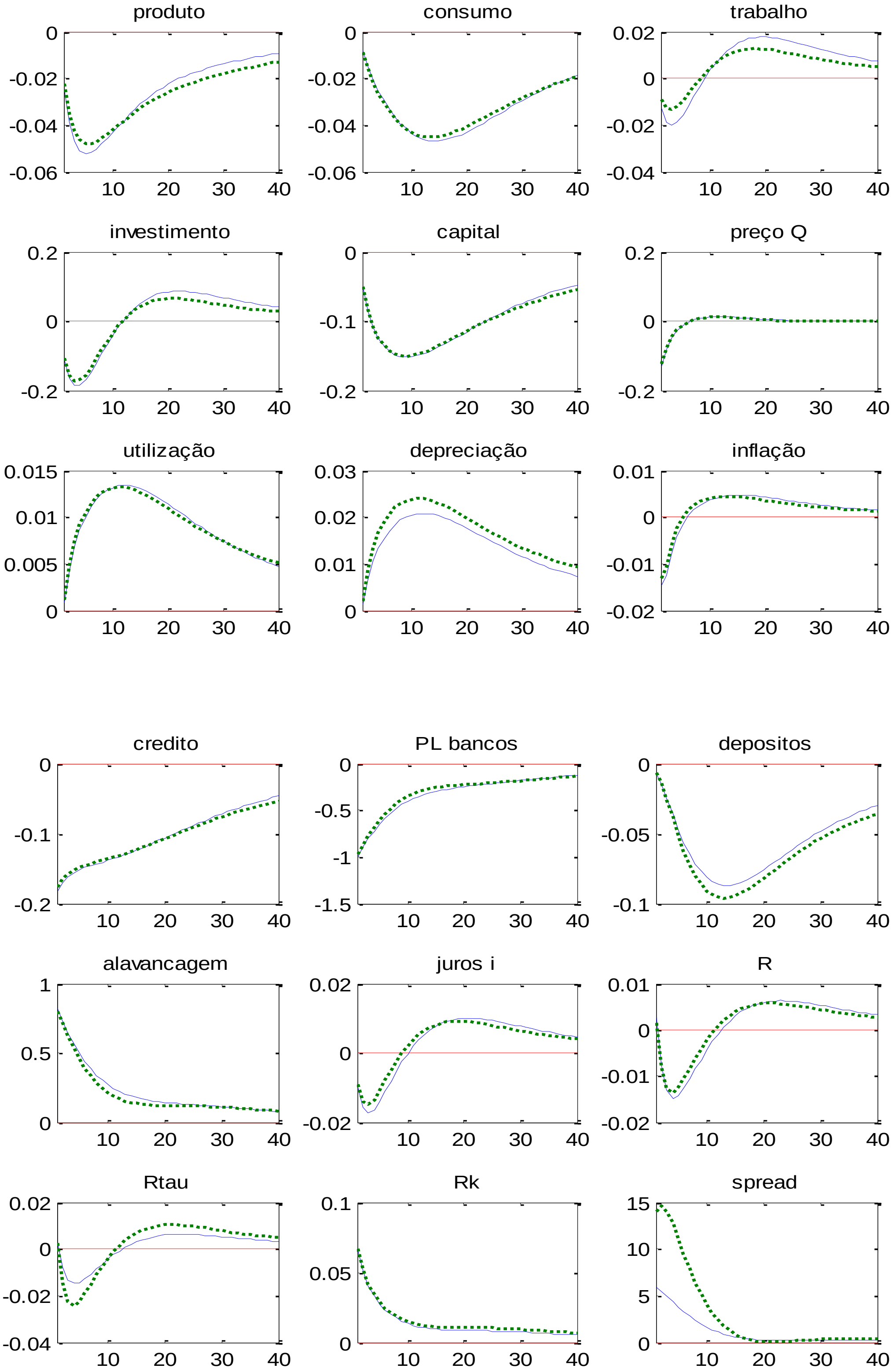

Figura 2 – Funções impulso-resposta a um choque de qualidade do capital: linha contínua – economia sem compulsório; linha pontilhada – economia com compulsório de 45%, sem remuneração.

Esta dinâmica é semelhante ao choque de política monetária descrito anteriormente, porém com efeitos amplificados, afetando mais fortemente o balanço dos bancos e, por conseguinte, a reação dos mesmos é mais intensa em termos de recuo do crédito com vistas à desalavancagem e recomposição do capital próprio. O movimento bem mais intenso de aumento do *spread* pode ser utilizado como um indicativo de que a economia se encontra sujeita a um choque com efeitos pronunciados na intermediação financeira.

Ainda na Figura 2, mas agora observando-se a linha pontilhada, temos os efeitos de um mesmo choque de qualidade do capital, mas desta vez aplicado sobre uma economia com compulsório de 45%, sem remuneração. Neste caso o compulsório irá atuar no sentido de atenuar os efeitos do choque sobre o produto, consumo, capital e investimento.

Isto ocorre pois a queda no capital causada pelo choque irá diminuir o produto e causando uma queda na inflação. Em reação a esta queda da inflação a regra de política monetária diminui os juros, o que causa uma queda na taxa R. Como vimos na subseção anterior, na presença de compulsório, esta queda em R implicará em uma queda ainda maior no R_τ.

Para o sistema financeiro, R_τ caindo mais significa maior incentivo aos bancos a oferecerem mais crédito em proporção a seu capital próprio, ou seja, os mesmos encontrar-se-ão menos sobrealavancados do que no caso sem compulsório. Esta menor queda do crédito ajuda a economia a recuperar o capital perdido mais rapidamente, diminuindo os efeitos negativos do choque de capital.

3.2.3 Choque de Confiança do Depositante

O choque de qualidade do capital ilustra como um choque oriundo no lado real da economia (a diminuição do nível de capital da economia) pode ter efeitos econômicos amplificados pelas fricções financeiras porventura existentes na intermediação.

O choque que propomos (de confiança do depositante nos intermediários financeiros) visa mostrar com um choque oriundo eminentemente do segmento de intermediação financeira também pode ter efeitos significativos sobre as variáveis econômicas.

O choque proposto tem fundamentação na alteração da confiança que o depositante tem no sistema financeiro. Tal alteração pode ser em função de, por exemplo, notícias que levem o depositante a acreditar que o risco de manter sua poupança nos intermediários financeiros aumentou e, em consequência, ele retira depósitos das instituições. Tal movimento terá consequências sobre o comportamento dos bancos, o que irá afetar o crédito e, em consequência, a economia como um todo.

Eventualmente, a percepção de risco considerada pelo depositante pode ir gradualmente retornando a seus patamares anteriores (por exemplo, caso a alteração inicial tenha sido motivada por boatos, e que estes posteriormente venham a se mostrar infundados).

O parâmetro que mede esta percepção de risco do depositante ($\bar{\lambda}$) foi inicialmente calibrado em um patamar onde o depositante coloca dinheiro no intermediário financeiro até um limite em que o valor do banco para o banqueiro seja maior ou igual a 38% dos ativos do banco. O choque de confiança do depositante que implementamos eleva este patamar em aproximadamente 14 pontos percentuais (aumento de 36%), para 52%, e depois retornando ao patamar inicial com uma persistência de 0,90. Tais valores foram assim calibrados de forma a se obter uma queda no produto semelhante à do choque de qualidade do capital já apresentado.

A Figura 3 ilustra esse choque de confiança do depositante. Podemos observar que a dinâmica das variáveis principais é bastante semelhante ao choque de qualidade do capital. No entanto, no choque de qualidade do capital o nível de capital da economia já partia de um patamar mais baixo, portanto sua queda era maior e sua consequente recuperação mais lenta.

No choque de confiança, com intensidade e persistência conforme propusemos, a recuperação do capital e do produto acontece de forma mais rápida e, na medida em que o choque vai perdendo seus efeitos e as famílias voltam a aumentar seus depósitos nos bancos, há um efeito de *over-shooting*, onde a economia passa do seu nível de equilíbrio, gerando produto acima do potencial, inflação e, consequentemente, a um aumento dos juros básicos da economia, de forma a retorná-la a seu nível de equilíbrio.

No caso do choque de confiança do depositante, da mesma forma que no choque de qualidade do capital, também pudemos observar que há um aumento bastante pronunciado dos *spreads* do sistema financeiro. Este é um indicador que pode ser usado para se avaliar que o choque em questão tem um alto grau de impacto de um choque sobre a intermediação financeira. De agora em diante passaremos a denominar tais choques com alto impacto na intermediação financeira genericamente de “choques financeiros”.

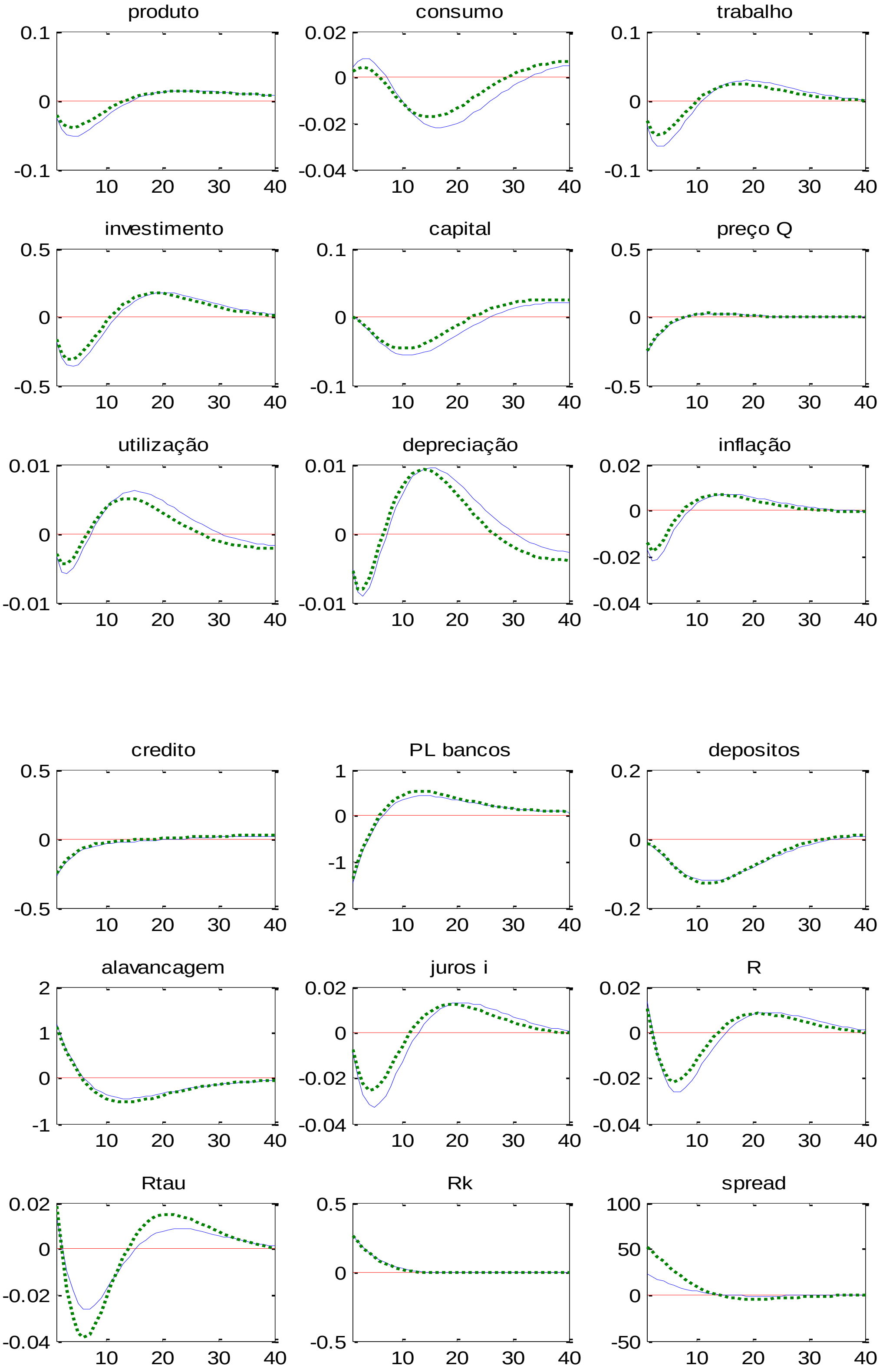

Figura 3 – Funções impulso-resposta a um choque de confiança do depositante: linha contínua – economia sem compulsório; linha pontilhada – economia com compulsório de 45%, sem remuneração.

Comparando-se agora o choque de política monetária com estes choques financeiros, podemos observar que em todos eles a presença de compulsório amplifica os efeitos do canal de crédito na transmissão da política monetária. Ou seja, quando os juros estão subindo, como no choque de política monetária, o compulsório causa um aperto ainda maior das condições de crédito. E quando os juros estão caindo, como nos choques financeiros, o compulsório causa um aperto menor nas condições de crédito, mas ainda assim há um aperto do crédito.

Surge, então, uma interessante questão: qual seria o efeito sobre a economia se, simultaneamente ao movimento dos juros com o objetivo de estabilizar a inflação, dado pela regra de Taylor, fosse também implementada uma política macroprudencial de alteração da alíquota de compulsório, com o objetivo de estabilizar as condições de crédito? Repare que teremos um instrumento (os juros) para um objetivo (a inflação), e outro instrumento (o compulsório) para outro objetivo (condições de crédito).

Buscaremos dar alguma contribuição a esta discussão na próxima subseção.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES REGRAS DE POLÍTICA PARA O COMPULSÓRIO

Seguindo Montoro e Tovar (2010), implementamos uma política de ajuste do nível de compulsório segundo uma regra associada ao desvio do nível de crédito do seu valor de equilíbrio, conforme definido pela equação (78).

Da mesma forma que uma regra de Taylor, tal regra possui um parâmetro (κ_τ) que representa o peso que se dará a esta variável no ajuste do compulsório. Ou seja, um desvio de um ponto percentual do nível do crédito para acima do seu valor de equilíbrio corresponderá um aumento de κ_τ pontos percentuais no compulsório.

Testamos a aplicação desta regra em cada um dos choques analisados, com vários valores para o parâmetro κ_τ (0,5; 1,0 e 1,5). Na Figura 5 apresentamos as funções impulso-resposta a estes choques para as principais variáveis econômicas: produto e inflação,

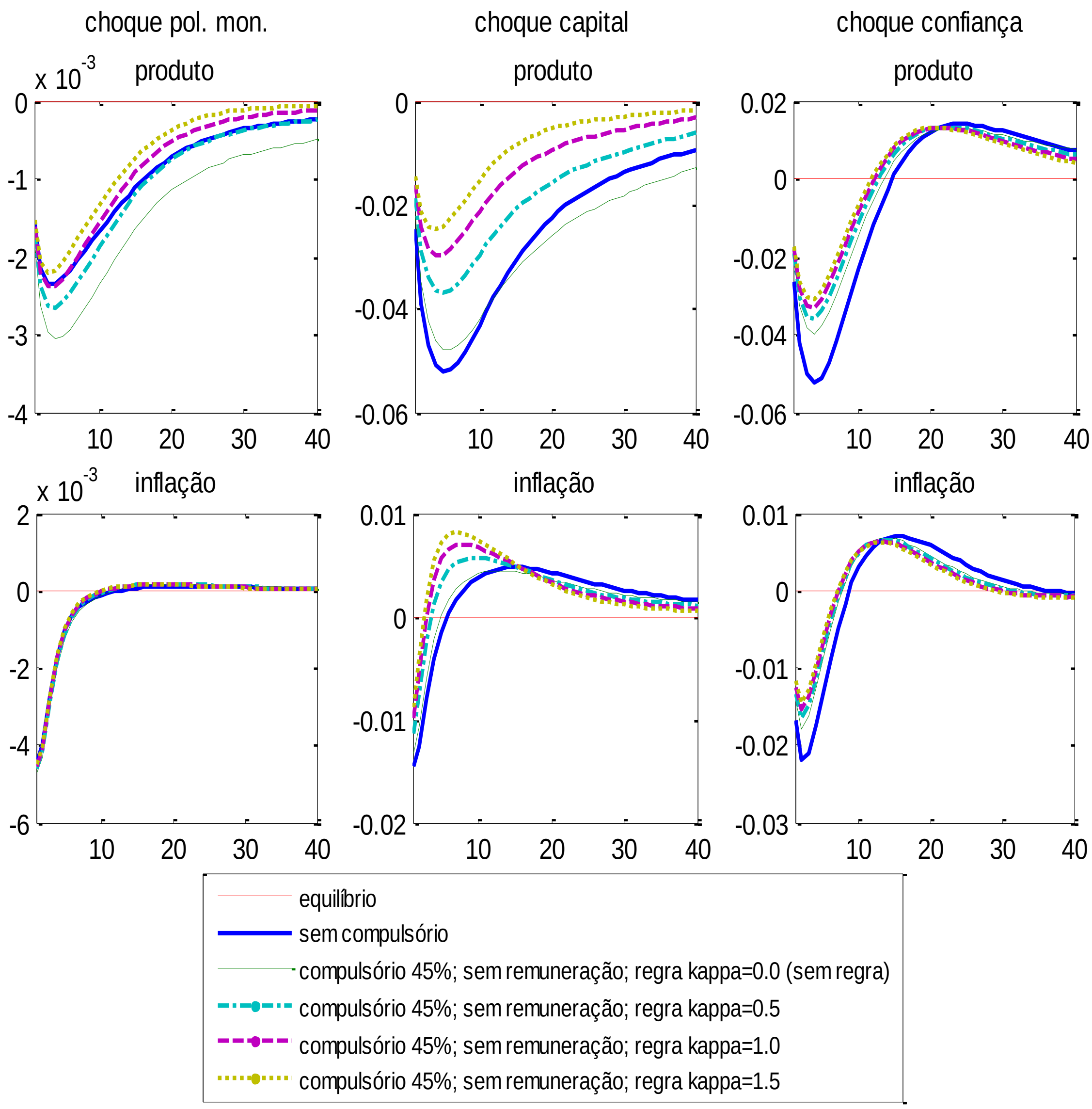

Figura 4 – Funções impulso-resposta a um choque de política monetária (coluna 1), de qualidade do capital (coluna 2) e de confiança do depositante (coluna 3), para diferentes regras de compulsório.

Além disso, apresentamos na Tabela 2 a volatilidade destas mesmas variáveis econômicas: produto e inflação.

Para os choques financeiros, onde apenas a introdução do compulsório já havia diminuído a oscilação do produto, podemos observar que a regra para a política de compulsório atenua ainda mais esta oscilação, na medida em que κ_τ cresce. Isto ocorre pois nestes choques estávamos com uma queda de juros buscando incentivar a economia e o compulsório ajudava para que o efeito de recuperação do crédito fosse amplificado. Com a regra que altera o nível de compulsório iremos incentivar ainda mais o crédito, diminuindo o compulsório enquanto o crédito estiver abaixo de seu nível de equilíbrio.

No entanto, esta redução da oscilação do produto terá um custo em termos de maior oscilação da inflação, uma vez que a economia se recupera mais rapidamente, causando inflação no médio prazo.

Já para o choque de política monetária, onde a introdução do compulsório tinha efeito de amplificar a queda do produto, uma vez que amplificava os efeitos do aumento dos juros sobre o crédito, podemos observar que a regra para a política do nível de compulsório, com um parâmetro adequadamente calibrado, pode levar a oscilações menores do que a economia sem compulsório, tanto para o produto como para a inflação, desde que o κ_τ tenha um valor mínimo de 1,5. Isto ocorre pois neste caso o efeito era do aumento dos juros restringindo ainda mais o crédito, o que é parcialmente compensado pela diminuição do nível do compulsório quando utilizamos a regra.

Tabela 2 – Resultados obtidos para as volatilidades do produto e da inflação quando a economia é submetida a cada um dos choques, conforme as diversas regras de política para o compulsório.

Modelo **Tipo de choque:**	pol. mon.	qualidade K	confiança
Amplitude:	+1% a.a.	-5%	-36%
Persistência:	0,79	0,66	0,90
Sem compulsório	dp Y: 0,0071 dp π: 0,0067	dp Y: 0,1739 dp π: 0,0280	dp Y: 0,1382 dp π: 0,0468
45% de compulsório; sem remuneração	dp Y: 0,0098 dp π: 0,0073	dp Y: 0,1766 dp π: 0,0247	dp Y: 0,1081 dp π: 0,0376
45% de compulsório; sem remuneração; regra de comp. sobre crédito com κτ=0,5	dp Y: 0,0079 dp π: 0,0070	dp Y: 0,1215 dp π: 0,0240	dp Y: 0,0978 dp π: 0,0349
45% de compulsório; sem remuneração; regra de comp. sobre crédito com κτ=1,0	dp Y: 0,0067 dp π: 0,0069	dp Y: 0,0894 dp π: 0,0250	dp Y: 0,0901 dp π: 0,0326
45% de compulsório; sem remuneração; regra de comp. sobre crédito com κτ=1,5	dp Y: 0,0060 dp π: 0,0067	dp Y: 0,0682 dp π: 0,0264	dp Y: 0,0839 dp π: 0,0307

Fonte: elaborado pelo autor. dp=desvio-padrão

3.4 MUDANÇA DO ESTADO ESTACIONÁRIO DA ECONOMIA QUANDO DA INCLUSÃO DOS COMPULSÓRIOS

Como vimos na descrição do modelo, um efeito da presença de compulsório na economia é que ele retira capital da economia. Desta forma, uma economia com compulsórios, comparada à mesma economia sem compulsório terá, no seu estado estacionário, um menor estoque de capital disponível para a produção. Com um capital menor, todo o equilíbrio é alterado, uma vez que este nível mais baixo de capital irá afetar as demais variáveis, como produto, consumo e trabalho.

Para ilustrar este efeito, realizamos um choque permanente no nível de compulsório, levando uma economia sem compulsório para um nível de compulsório de 45%, sem remuneração. Os efeitos deste choque podem ser observados na Figura 6.

Por estarmos tratando de um modelo bastante simplificado da economia, e com parâmetros calibrados (em oposição a parâmetros estimados com base em dados econômicos reais), devemos tratar com ressalvas qualquer resultado quantitativo.

Com esta ressalva em mente, observemos que, no modelo em questão, quando o compulsório é levado de 0 para 45%, sem remuneração, há uma queda de aproximadamente 18% no volume de capital da economia e, portanto uma queda no mesmo patamar ocorre no investimento, no crédito e no capital dos bancos. Em função do menor estoque de capital, a economia passa a trabalhar com uma taxa de utilização do capital mais alta e, em consequência, passa a ter uma depreciação maior. Ainda em função do menor estoque de capital, há uma queda de aproximadamente 7% no produto, de 5% no consumo e de 2% no trabalho.

Tais observações também poderiam ser feitas no sentido inverso, ou seja, a retirada ou a diminuição do nível de compulsório de uma economia que já possua um nível de compulsório elevado pode ser uma importante ferramenta para aumentar o nível de capital desta economia, aumentando seu investimento, produto, trabalho e consumo. Como este aumento de capital terá consequências inflacionárias, qualquer movimento neste sentido deve ser feito de forma gradual, permitindo que a política monetária tenha possibilidade de manter a inflação sob controle.

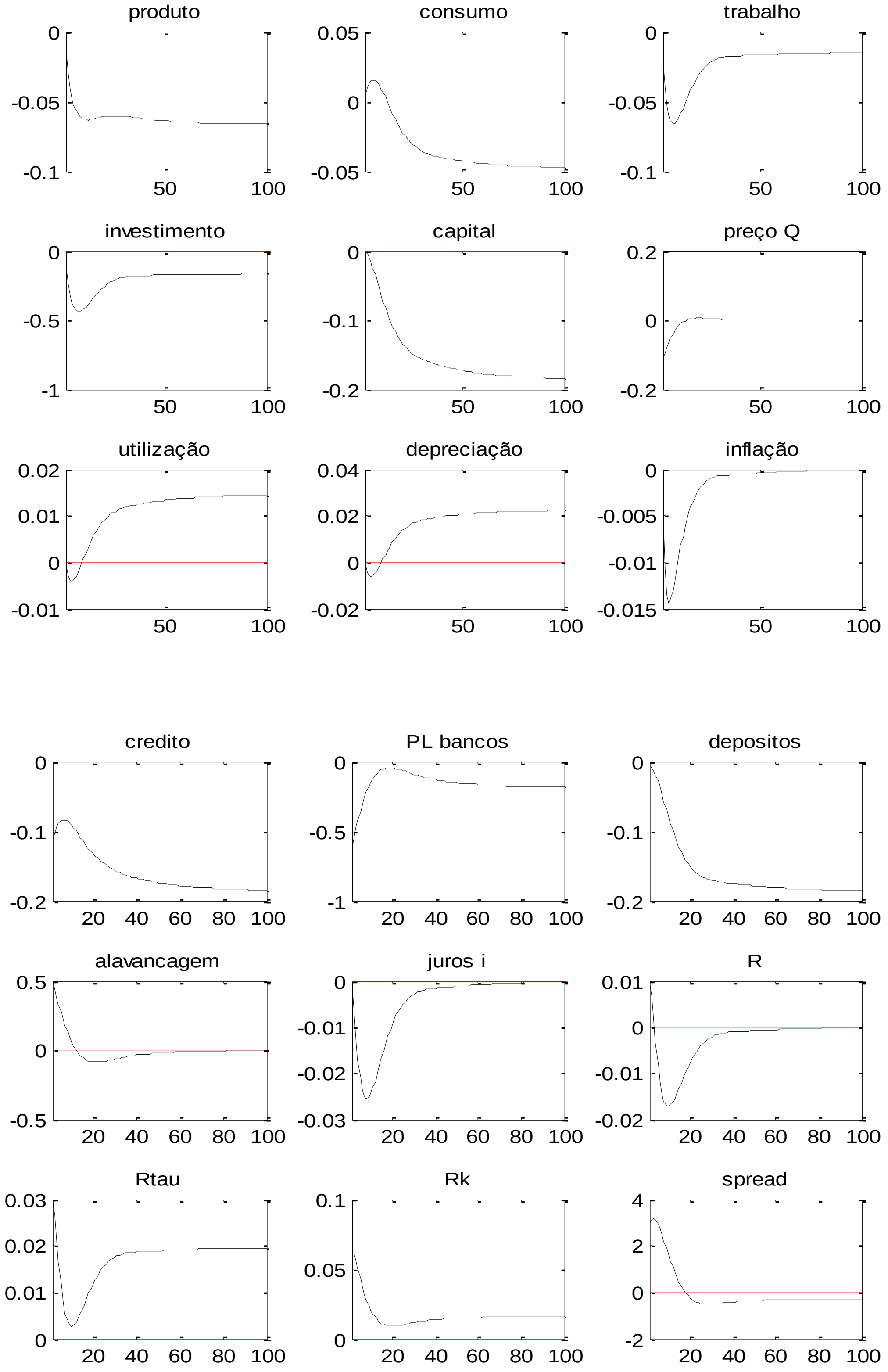

Figura 5 – Funções impulso-resposta a um choque permanente no nível de compulsório, levando-o de 0 a 45%, sem remuneração.

4 CONCLUSÃO

Pudemos observar, neste trabalho, que a intermediação financeira representa um importante canal de propagação de choques e na amplificação ou atenuação de seus efeitos. Em especial observamos como a fricção financeira presente neste modelo pode resultar em efeitos econômicos significativos em casos de choques financeiros.

Exemplos de choques financeiros incluem a desvalorização do capital de uma economia, de forma semelhante ao ocorrido no mercado norte americano na recente crise financeira de 2008, bem como uma hipotética corrida bancária, modelada por um choque de confiança do depositante no sistema financeiro.

Os choques financeiros podem ser identificados por causarem um aumento considerável no spread entre as taxas de captação e de aplicação de recursos pelos intermediários financeiros.

Uma vez que dispomos de um modelo macroeconômico cuja fricção financeira é baseada no balanço do intermediário financeiro, tal modelo se presta à avaliação de choques e políticas que afetem mais especificamente este aspecto dos bancos. Neste espírito mostramos como o modelo pode ser expandido para incluir o requerimento de que os bancos mantenham depósitos compulsórios junto à autoridade monetária.

Em particular mostramos que, se os compulsórios forem remunerados a uma taxa de remuneração abaixo da taxa de remuneração dos depósitos, um aumento no nível de compulsórios incentiva os bancos a reduzirem seu volume de crédito e a aumentarem seu capital próprio, diminuindo sua alavancagem. Daí a possibilidade do seu uso pela Autoridade Monetária como ferramenta de políticas macroprudenciais.

Analisamos como a presença de compulsórios influencia a propagação dos diversos choques na economia. Concluímos que o compulsório irá ampliar a propagação da política monetária sobre o canal do crédito. Em caso de redução dos juros, o compulsório irá implicar em uma expansão maior no crédito. Inversamente, em caso de aumento nos juros, a presença de compulsório irá implicar em uma contração maior do crédito.

Observamos, ainda, que a adoção, pela Autoridade Monetária, de uma regra de política (adequadamente calibrada) que ajuste o nível do compulsório exigido baseado no volume de crédito da economia pode contribuir para reduzir esta contração do crédito quando os juros estão subindo: por um lado o efeito da contração é ampliado pela existência do compulsório, mas por outro lado o compulsório é reduzido, liberando capital para a economia e, consequentemente, ampliando o crédito.

No entanto, a presença de compulsório também implica em efeitos negativos sobre a economia. Como ele retira capital da economia, reduz os níveis de produto, investimento, trabalho e consumo que podem ser atingidos. Desta forma, há um custo econômico em se manter o "seguro" ou "colchão de liquidez" representado pelos compulsórios em tempos normais.

Para o correto levantamento de tais custos seria necessário que o modelo em questão fosse estimado utilizando-se os dados reais da economia brasileira. Esta é uma das linhas para a continuidade desta pesquisa.

Além disso, o modelo também pode ser expandido de diversas formas, buscando retratar mais fielmente outras particularidades do mercado de intermediação financeira brasileiro. Entre estas expansões, algumas que consideramos interessantes incluem:

- a inclusão de heterogeneidade nos bancos, com a consequente introdução de um mercado de empréstimos interbancário;
- a inclusão de alternativas de poupança para as famílias como, por exemplo, através de títulos públicos federais;
- a inclusão de risco de crédito nos empréstimos oferecidos pelos bancos, passando a ocorrer a possibilidade de *default* dos tomadores, bem como à exigência de colaterais por parte dos bancos.

Tais expansões devem ser objeto de trabalhos futuros.

5 REFERÊNCIAS

ADJEMIAN, Stéphane; BASTANI, Houtan; JUILLARD, Michel; MIHOUBI, Ferhat; PERENDIA, George; RATTO, Marco; VILLEMOT, Sébastien. **Dynare: Reference Manual, Version 4.** Dynare Working Papers, n. 1, CEPREMAP (2011)

BLANCHARD, Olivier. **The State of Macro.** Annual Review of Economics, v. 1 (2009), p. 209-228

BLANCHARD, Olivier; DELL'ARICCIA, Giovanni; MAURO, Paolo. **Rethinking Macroeconomic Policy.** IMF Staff Position Note (2010)

CARVALHO, Fábia; VALLI, Marcos. **Fiscal Policy in Brazil through the Lens of an Estimated DSGE Model.** Banco Central do Brasil Working Paper Series, n. 240 (2011)

CASTRO, Marcos; GOUVEA, Solange; MINELLA, André; SANTOS, Rafael; SOUZA-SOBRINHO, Nelson. **SAMBA: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach.** Banco Central do Brasil Working Paper Series, n. 239 (2011)

CHRISTIANO, Lawrence; MOTTO, Roberto; ROSTAGNO, Massimo. **Financial Factor in Economic Fluctuations.** Northwestern, mimeo (2009)

GERTLER, Mark; KARADI, Peter. **A Model of Unconventional Monetary Policy.** Journal of Monetary Economics, n. 58 (2011), p. 17-34

GERTLER, Mark; KIYOTAKI, Nobuhiro. **Financial Intermediation and Credit Policy in Business Cycle Analysis.** NYU e Princeton, mimeo (2009)

GOODFRIEND, Marvin; MCCALLUM, Bennett. **Banking and Interest Rates in Monetary Policy Analysis: A Quantitative Exploration.** Journal of Monetary Economics, n. 54 (2007), p. 1480-1507

ISSLER, João; PIQUEIRA, Natália. **Estimating relative risk aversion, the discount rate, and the intertemporal elasticity of substitution in consumption for Brazil using three types of utility function.** Brazilian Review of Econometrics, n. 20 (2000), p. 200-238

JERMANN, Urban; QUADRINI, Vincenzo. **Macroeconomic Effects of Financial Shocks.** NBER Working Paper, n. 15338 (2009)

MONTORO, Carlos; TOVAR, Camilo. **Macroprudential tools: assessing the implications of reserve requirements in a DSGE model.** BIS Working Papers (2010)

MONTORO, Carlos; MORENO, Ramon. **The use of Reserve Requirements as a Policy Instrument in Latin America.** BIS Quarterly Review (2011), p. 53-65

SAPORTA, Victoria. **The Role of Macroprudential Policy.** Bank of England Discussion Paper (2009)

TOVAR, Camilo. **DSGE Models and Central Banks.** Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, v. 3 (2009)

VASCONCELOS, Bruno. **Condução de Política Monetária e Aspectos Estruturais da Economia Brasileira: uma Comparação com os EUA através de um Modelo DSGE Novo Keynesiano.** Universidade Católica de Brasília, mimeo (2010)