

OS EFEITOS DE CHOQUES DE POLÍTICA MONETÁRIA E TECNOLÓGICOS EM TRÊS MODELOS DA ÁREA DO EURO*

Sandra Gomes**

Carlos Martins**

João Sousa**

1. INTRODUÇÃO

O objectivo deste estudo é analisar a resposta dinâmica de um conjunto de variáveis macroeconómicas da área do euro a choques de política monetária e tecnológicos. Para tal, foram conduzidas simulações em três modelos diferentes da área do euro. A primeira abordagem de modelação corresponde a um modelo VAR estrutural (SVAR), a segunda recorre ao modelo multi-país NiGEM do *National Institute of Economic and Social Research* (NIESR) e a terceira corresponde a uma versão ligeiramente modificada do modelo dinâmico de equilíbrio geral (DSGE) de Smets e Wouters (2003).

Os modelos económicos são representações matemáticas da economia que implicam uma simplificação da realidade que é complexa. Os modelos são utilizados pelos economistas para os ajudar a compreender o funcionamento da economia, para identificar os principais mecanismos económicos, para prever o seu comportamento e para fazer análises contra-factuais de política económica. No entanto, nenhum modelo é capaz de captar de forma perfeita a realidade. Assim, uma abordagem mais robusta pode ser obtida analisando os resultados de diferentes modelos. Neste estudo utilizamos três abordagens de modelação que diferem entre si, tanto em termos dos fundamentos teóricos, como em termos da especificação empírica. Consequentemente, os resultados devem ser comparados sobretudo em termos qualitativos e não em termos quantitativos.

Pagan (2003) propõe uma forma útil de exprimir a noção de que qualquer modelo implica sempre um compromisso entre o seu grau de coerência teórica e o seu grau de coerência empírica. Um modelo é tanto mais coerente em termos teóricos quanto mais reflectir o estado actual do conhecimento relativamente à forma de funcionamento da economia. Por seu turno, a coerência empírica refere-se à capacidade de um modelo reproduzir os padrões das variáveis macroeconómicas de interesse num determinado conjunto de dados históricos. A necessidade de estabelecer um compromisso entre os dois tipos de coerência surge porque a teoria pode ser insuficiente para explicar certos comportamentos observados nos dados (por exemplo, quantos termos autoregressivos devem ser incluídos no modelo), ou porque certas especificações de modelos empíricos podem ser implausíveis em termos teóricos (por exemplo, taxas de juro nominais não estacionárias).

Dentro do conjunto de modelos macro-económicos habitualmente utilizados, os modelos VAR são geralmente considerados como os mais coerentes em termos empíricos, dado que contêm apenas um conjunto mínimo de restrições teóricas e são capazes de descrever bem os dados observados. O VAR estrutural utilizado neste artigo tem alguma aderência teórica dado que as restrições impostas

* As opiniões expressas no artigo são da responsabilidade dos autores não coincidindo necessariamente com as do Banco de Portugal. Os autores agradecem os comentários de José Ferreira Machado, Nuno Alves e Ana Cristina Leal.

** Departamento de Estudos Económicos, Banco de Portugal.

no VAR decorrem de um modelo teórico (ver Alves *et al*, 2006a), mas de resto o modelo é extremamente flexível em termos do ajustamento aos dados.

O NiGEM segue uma abordagem de modelação mais tradicional. É um modelo multi-país onde, para cada país e região, existe uma descrição do lado da oferta, do mercado de trabalho, do comportamento dos consumidores, dos mercados financeiros e do sector governamental. Sendo um modelo global, o NiGEM descreve o comércio em bens e serviços, a estrutura de activos e passivos externos, e as ligações entre estes e o resto da economia. O NiGEM contém centenas de equações e permite uma simulação detalhada de um vasto conjunto de choques e variáveis. Apesar de permitir a consideração de alguns aspectos teóricos desejáveis (como o comportamento *forward-looking*), o modelo inclui várias especificações *ad-hoc* que reduzem a sua coerência teórica. Consequentemente, pode-se argumentar que o NiGEM é vulnerável à crítica de Lucas (ver Lucas, 1976), nomeadamente que os parâmetros do modelo são um misto dos chamados “parâmetros estruturais” (“*deep parameters*”), que descrevem as preferências e a tecnologia, e de parâmetros de expectativas, que por definição não permanecem estáveis quando há alterações do regime de política económica.

O terceiro modelo utilizado é um modelo DSGE. Estes modelos têm fundamentos microeconómicos e podem ser considerados como aqueles que têm uma aderência mais próxima à teoria económica, apesar de apresentarem um custo de simplificação relativamente a modelos como o NiGEM. Os modelos DSGE são baseados na literatura de ciclos económicos reais (*Real Business Cycles* – RBC) que começou nos anos 1980¹. Nos modelos RBC, os preços eram flexíveis e os mercados estavam continuamente em equilíbrio e consequentemente não havia um papel relevante para a política monetária. Nos anos 1990, uma nova geração de modelos apareceu, os modelos DSGE, que se baseiam nos modelos RBC e os estendem de forma a permitir o estudo de um conjunto mais alargado de questões macroeconómicas. Ao incluir rigidez nominal, a política monetária torna-se relevante nestes modelos. Como os modelos DSGE incluem o comportamento otimizador dos agentes são, em princípio, imunes à crítica de Lucas. A possibilidade de aliar a consistência teórica destes modelos à sua capacidade de descrever os dados torna-os um importante instrumento na análise de política económica².

O estudo está organizado da seguinte forma. Na secção 2 faz-se uma breve descrição dos modelos utilizados nas simulações. Na secção 3 definem-se os exercícios de simulação e na secção 4 são apresentados os resultados. A secção 5 conclui.

2. BREVE DESCRIÇÃO DOS MODELOS

2.1. O VAR estrutural

O modelo SVAR usado neste estudo foi estimado por Alves *et al* (2006 a, b) para a área do euro e é baseado na abordagem de Altig *et al* (2005) para os EUA³. O modelo SVAR inclui as seguintes variáveis endógenas: medidas de produtividade de trabalho, horas trabalhadas (*per capita*), inflação, consumo em termos reais, investimento em termos reais, utilização de capacidade, salários reais, taxas de juro e agregados monetários (veja-se Apêndice). Seja Y_t o vector de variáveis endógenas. A forma estrutural do modelo VAR é dada por:

(1) A primeira aplicação desta metodologia foi realizada por Kydland e Prescott (1982).

(2) Alguns estudos recentes mostraram que os modelos DSGE podem ter uma boa aderência aos dados (ver Smets e Wouters, 2003, 2004). De facto, vários bancos centrais substituíram os seus modelos macroeconómicos tradicionais na análise de política económica e no processo de previsão por modelos DSGE (por exemplo o Banco de Inglaterra, o Banco da Finlândia e o Banco do Canadá).

(3) Outros exemplos de trabalhos em que são usados modelos SVAR no contexto da área do euro incluem Peersman e Smets (2001) que, no entanto, estimam apenas choques tecnológicos e Peersman e Straub (2004) que estimam choques monetários e tecnológicos usando restrições de sinal consistentes com os modelos teóricos.

$$A_0 Y_t = A(L)Y_{t-1} + e_t$$

onde e_t é o vector de choques estruturais, A_0 e $A(L)$ são matrizes de parâmetros e L é o operador de desfasamento. Assume-se que os choques estruturais, e_t , que não são observados, são mutuamente independentes. A equação acima não pode ser estimada sem impor restrições sobre a matriz A_0 . De facto, o modelo é primeiro estimado na sua forma reduzida:

$$Y_t = B(L)Y_{t-1} + u_t.$$

Os choques estruturais relacionam-se linearmente com os erros de previsão a um passo, u_t :

$$u_t = Ce_t, \quad E(e_t e_t') = I$$

Os parâmetros da forma estrutural estão relacionados com os da forma reduzida da seguinte maneira:

$$C = A_0^{-1}, \quad B(L) = A_0^{-1}A(L).$$

De forma a identificar de forma única os choques de política monetária e tecnológico é necessário impor restrições sobre as matrizes A_0 e $A(1)$ (veja-se Alves *et al*, 2006 a, b e a Secção 3 deste artigo).

2.2. O modelo NiGEM

O NiGEM é um modelo para a economia mundial que resulta da estimação de modelos para diversos países⁴. O NiGEM inclui um número alargado de economias que estão ligadas entre si, quer por relações comerciais quer ao nível dos mercados financeiros. É considerada a existência de rigidez nominal nas diversas economias que atrasa o processo de ajustamento após um choque, sendo adoptado tipicamente um mecanismo corrector do erro nas equações comportamentais estimadas.

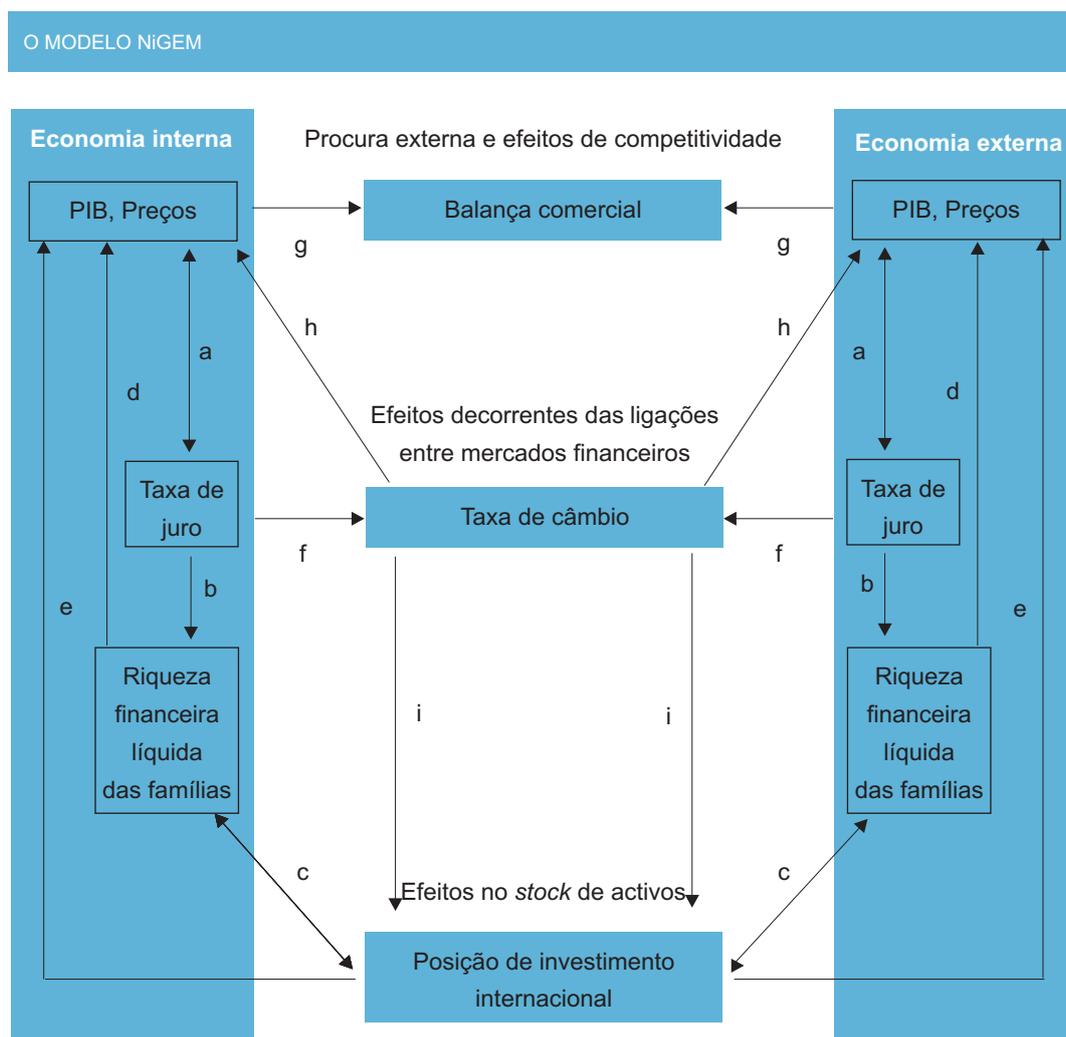
O NiGEM permite-nos ter uma visão bastante detalhada dos diferentes efeitos económicos resultantes de uma simulação de política económica. De acordo com a abordagem de Pagan, um modelo estrutural como o NiGEM pode ser encarado como um ponto intermédio entre o modelo SVAR e o modelo DSGE. Nos modelos SVAR, a utilização de hipóteses *a priori* ("priors") é escassa e o sistema não comporta um número alargado de variáveis. Por outro lado, o NiGEM não assenta em bases teóricas tão consistentes como os modelos DSGE, mas apresenta uma maior riqueza em termos de características do modelo. Todavia, é de salientar que as simulações no NiGEM podem ser efectuadas quer num ambiente de expectativas *forward-looking* como *backward-looking*. Dos modelos considerados neste artigo, o NiGEM é o único que contempla ligações internacionais entre economias (Gráfico 1).

Quase todas as economias da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) são modeladas no NiGEM em blocos separados, embora apresentando geralmente uma estrutura semelhante. A área do euro não é modelada *per se*, mas resulta da agregação dos países individuais que são modelados separadamente. No entanto, é possível fazer simulações de política económica de uma forma consistente com a existência de uma união monetária, assegurando taxas de juro e de câmbio comuns para os países da área do euro.

O modelo para cada economia contempla uma especificação completa da procura e da oferta agregadas, tal como da respectiva estrutura de activos. No que diz respeito à oferta, o NiGEM considera a existência de apenas um sector. A quantidade de produto oferecida em cada economia depende da

(4) Para uma descrição mais aprofundada veja-se "The NiGEM Model", NIESR, documento disponível em <http://www.niesr.ac.uk/pdf/nigem2.pdf>.

Gráfico 1



função de produção agregada e do equilíbrio prevalecente no mercado de trabalho. A oferta é afectada por factores internacionais apenas através das taxas de juro reais, excepto em alguns países em que o progresso tecnológico depende do investimento directo estrangeiro. Os preços são determinados, em grande medida, pela função de custos resultante da função de produção e pelo grau de utilização da capacidade produtiva na economia. O mercado de trabalho compreende um conjunto de equações que determinam o nível de equilíbrio do emprego, da taxa de desemprego, das horas médias trabalhadas por trabalhador e dos salários horários. No longo prazo, o salário real aumenta em linha com a produtividade, tudo o resto igual. No curto e no médio prazo, a existência de desemprego actua como um mecanismo de estabilização no modelo, criando uma pressão descendente no salário real.

A procura agregada decompõe-se na procura interna, que se traduz também em importações de bens e serviços, e na procura externa, ou seja nas exportações de bens e serviços. O consumo privado depende do rendimento disponível (que inclui salários, lucros, juros e transferências líquidas de impostos) e da riqueza. O investimento é determinado pela variação do *stock* de capital ajustado pela sua

respectiva depreciação. O comércio externo de bens e serviços depende da procura e de efeitos de competitividade.

O NiGEM contempla uma posição de investimento internacional para cada economia, ou seja um *stock* de activos e de responsabilidades face ao exterior. Neste contexto, as variações cambiais, dos preços das acções e de outros títulos, quer domésticos quer estrangeiros, bem como das taxas de juro, originam efeitos de rendimento e de riqueza.

Cada economia inclui um modelo para o sector público que considera impostos e despesa pública. A política orçamental pode ser determinada pelos impostos ou pelos níveis de despesa. Adicionalmente, existe uma regra de solvência automática que é implementada através de um aumento na taxa de impostos directos. Esta regra bastante simples permite assegurar que o sector do governo permanece solvente no longo prazo, impondo que o défice orçamental e o nível de dívida pública se mantêm em níveis sustentáveis. No longo prazo, verifica-se a equivalência Ricardiana.

Os mercados financeiros assumem um papel crucial no NiGEM dado que determinam as taxas de juro de longo prazo, as taxas de câmbio e os preços das acções. Estes mercados podem ser *backward looking* ou *forward looking*. As taxas de juro nominais de curto prazo são definidas por uma autoridade monetária segundo uma determinada regra de política. As taxas de juro de longo prazo resultam das taxas de juro de curto prazo esperadas no futuro. A taxa de câmbio *forward looking* rege-se segundo a Paridade Descoberta das Taxas de Juro, o que significa que em cada período a variação cambial esperada deverá ser igual ao prémio de juro esperado. Os preços das acções resultam do cálculo do valor actual da soma dos lucros futuros esperados.

2.3. O modelo DSGE

O modelo DSGE usado neste estudo é uma versão ligeiramente modificada do modelo de Smets e Wouters (2003), que foi re-estimado com dados para a área do euro (veja-se Apêndice). Este é um modelo de economia fechada onde existem dois tipos de agentes optimizadores: as famílias e as empresas. As famílias maximizam a utilidade (que depende do consumo e do lazer), tendo em conta a sua restrição orçamental, e as empresas maximizam os lucros. O sector do governo é modelado de forma totalmente exógena e assume-se que o comportamento da autoridade monetária é bem descrito por uma regra do tipo *Taylor* onde a taxa de juro reage ao hiato do produto e a desvios da inflação face ao objectivo do banco central. A estrutura do modelo está sumariada no Gráfico 2.

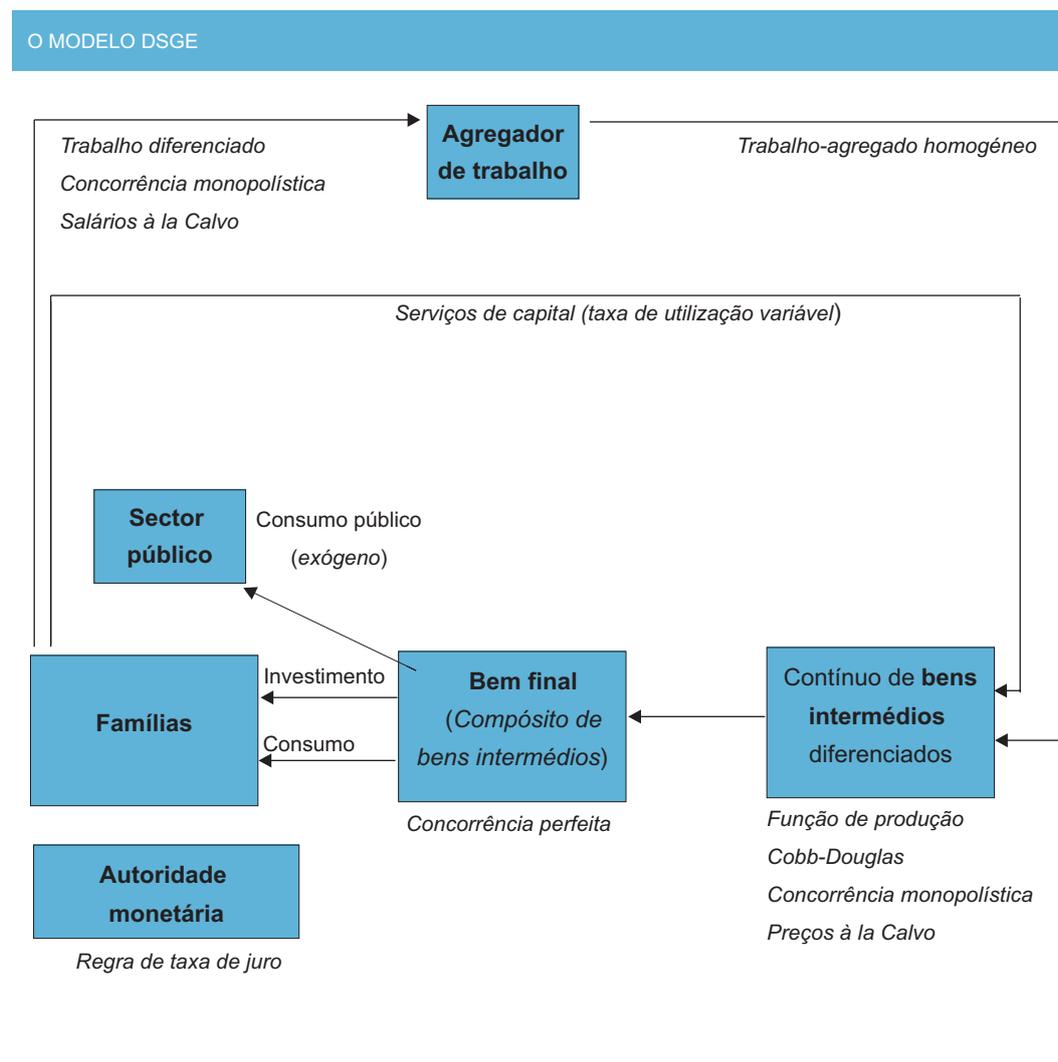
As famílias pretendem manter, ao longo da sua vida, um nível de consumo tão alisado quanto possível. Adicionalmente, as famílias apresentam hábitos no consumo⁵, o que introduz persistência no consumo, à semelhança do observado nos dados. No que respeita às poupanças, o modelo assume que os agentes podem investir em obrigações com maturidade de um período, sendo a taxa de juro destas obrigações idêntica à taxa de juro oficial do banco central.

As famílias decidem igualmente quanto tempo pretendem dedicar ao trabalho e ao lazer e fixam o seu salário no mercado de trabalho. Note-se que este modelo não permite a existência de desemprego⁶. Cada família oferece um tipo de trabalho diferenciado a uma empresa que agrega os vários tipos de trabalho e os transforma num *input* homogéneo. Os salários são rígidos à la Calvo (1983), o que significa que existe uma probabilidade constante e exógena de as famílias poderem re-optimizar o seu salário em cada período. A fracção de famílias que não pode re-optimizar os salários actualiza

(5) Quando a função de utilidade apresenta hábitos no consumo, um aumento no consumo corrente faz diminuir a utilidade marginal de consumir no período actual e aumenta-a no período seguinte. O facto dos hábitos serem externos significa que a formação de hábitos depende do consumo agregado passado e não do consumo individual passado.

(6) Para um exemplo recente de um modelo DSGE estimado que permite a existência de desemprego veja-se Christoffel, Kuester e Linzert (2006).

Gráfico 2



parcialmente o seu salário do período anterior com a inflação do período anterior. As famílias que podem re-otimizar os seus salários fixam-nos de forma a que o valor actual do rendimento marginal do trabalho seja igual a uma margem (*markup*) sobre o valor actual do custo marginal do trabalho (isto é, a desutilidade de trabalhar). Em consequência, o salário real agregado é uma função do salário real esperado e da inflação esperada, actual e passada.

O modelo assume que são as famílias que detêm o capital e que estas o alugam às empresas. As famílias podem alterar o seu *stock* de capital ao investir em novo capital, tomando em consideração que existem custos de ajustamento⁷. Podem igualmente fazer variar o grau de utilização do *stock* de capital (isto é, o nível de serviços de capital que alugam às empresas). Quando as famílias alugam capital às empresas recebem uma remuneração, a taxa de rendibilidade do capital. À medida que a taxa de rendibilidade do capital aumenta, o *stock* de capital pode ser usado mais intensivamente de acordo com uma função de custo (segundo King e Rebelo, 2000). O valor real do capital instalado depende positivamente do seu valor futuro esperado (tomando em consideração a taxa de depreciação), bem

(7) Estes custos, que são uma função da variação do investimento, são úteis para capturar a resposta do investimento a vários choques, como discutido por Christiano, Eichenbaum e Evans (2005).

como dos valores esperados da taxa de rendibilidade do capital e da taxa de utilização do capital (líquida dos custos esperados de utilização do capital)⁸. As famílias escolhem a taxa de utilização do capital que iguala o custo de aumentar a utilização à taxa de rendibilidade dos serviços de capital. A introdução de utilização variável do capital tende a alisar o ajustamento da taxa de rendibilidade do capital em resposta a alterações da produção.

No que respeita aos mercados do produto, esta economia produz apenas um bem final e um contínuo de bens intermédios. O bem final é um compósito dos bens intermédios e o seu mercado encontra-se em concorrência perfeita. O bem final pode ser utilizado para consumo (quer privado quer público) e para investimento. Os bens intermédios são diferenciados, pelo que existe concorrência monopolística nos mercados destes bens. Cada bem intermédio é produzido por uma única empresa através de uma função de produção do tipo *Cobb-Douglas* com capital e trabalho.

Cada empresa decide a combinação de *inputs* a usar na produção (através da minimização de custos) e decide o preço que quer cobrar. As empresas não podem escolher os preços optimamente em todos os períodos. Seguindo Calvo (1983), em cada período apenas uma proporção fixa e exógena de empresas pode re-optimizar os preços. As outras empresas actualizam parcialmente o preço cobrado no período anterior com a inflação no período anterior (como em Christiano, Eichenbaum e Evans, 2005). Em resultado da maximização dos lucros, as empresas fixam os novos preços como uma margem ("*markup*") sobre os custos marginais actuais e esperados. Consequentemente, a inflação agregada depende da inflação passada e esperada e do custo marginal.

Todos os mercados têm de estar em equilíbrio. Logo, a produção do bem final (líquida dos custos associados à variação da utilização do capital) tem de ser igual à sua procura, nomeadamente para consumo (privado e público) e para investimento. Adicionalmente, o mercado de locação de capital está em equilíbrio quando a procura de serviços de capital pelas empresas produtoras de bens intermédios iguala a oferta das famílias e o mercado de trabalho está em equilíbrio quando a procura de trabalho pelas empresas iguala a oferta, considerando o nível de salários fixado pelas famílias.

3. DEFINIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

3.1. Choque de política monetária

Seguindo a abordagem de Christiano, Eichenbaum e Evans (1999), os choques de política monetária são identificados como desvios da taxa de juro de curto prazo em relação a uma regra de política monetária que se assume ser representativa do comportamento do banco central.

No caso do modelo SVAR, a identificação do choque de política monetária é obtida assumindo que o banco central reage contemporaneamente a apenas um subconjunto das variáveis, nomeadamente às variáveis produtividade, medidas de actividade económica (horas trabalhadas e utilização de capacidade), salários e inflação (ver Alves *et al* 2006 a, b).

Nos modelos DSGE e NiGEM, o choque de política monetária corresponde ao desvio entre a taxa de juro de curto prazo em vigor e a taxa de juro que resultaria da aplicação da regra de *Taylor*. Segundo esta regra, o banco central ajusta a taxa de juro como uma reacção a valores passados da taxa de juro ("*interest rate smoothing*"), ao hiato do produto e a diferenças entre a taxa de inflação e o seu respectivo objectivo. Note-se que existem algumas diferenças na forma como as regras são implementadas.

(8) Neste estudo é usada uma equação de evolução do stock de capital ligeiramente diferente da de Smets e Wouters (2003). Enquanto Smets e Wouters (2003) assumem que o investimento demora um período a ser instalado, neste estudo assume-se que o capital é instalado imediatamente.

De facto, no NiGEM a regra para as taxas de juro de curto prazo (R_t) é definida em termos do nível das variáveis:

$$R_t = \rho R_{t-1} + r^* + \gamma_y (y_t - \bar{y}_t) + \gamma_\pi (\pi_t - \pi_t^*) + \varepsilon_t$$

Onde $y_t - \bar{y}_t$ é o hiato do produto, $\pi_t - \pi_t^*$ é o desvio da inflação face ao objectivo do banco central e r^* é o valor da taxa de juro de longo prazo que se assume ser igual a 4 por cento.

No modelo DSGE utilizamos a seguinte regra⁹:

$$\hat{R}_t = \rho \hat{R}_{t-1} + \gamma_y \hat{y}_t + \gamma_\pi (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^*) + \gamma_{\Delta y} (\hat{y}_t - \hat{y}_{t-1}) + \gamma_{\Delta \pi} (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1}) + \varepsilon_t$$

onde o acento circunflexo (^) significa que as variáveis estão medidas em desvios face ao seu estado estacionário. No modelo DSGE, a estimativa para o parâmetro ρ é igual a 0.89, para γ_π é igual a 1.5 e as estimativas para γ_y , $\gamma_{\Delta y}$ e $\gamma_{\Delta \pi}$ são todas iguais a 0.1. No NiGEM assume-se adicionalmente que o parâmetro ρ é igual a 0.8 e que γ_y e γ_π são iguais a 0.5 e 1.5, respectivamente.

Nas simulações descritas nas próximas secções, o choque de política monetária implica um aumento temporário e exógeno do termo estocástico da regra de política monetária da área do euro (isto é, um aumento de ε_t), de forma a que a taxa de juro de curto prazo aumente 25 pontos base no período do choque.

3.2. Choque tecnológico

A abordagem de identificação do choque tecnológico difere entre os vários modelos. No caso dos modelos SVAR, seguimos a literatura e assumimos que os choques tecnológicos são os únicos a ter efeitos sobre a produtividade no longo prazo. A implementação segue a metodologia de Shapiro e Watson (1988), onde se assume adicionalmente, e como é habitual na literatura, que a actividade económica real e os preços não reagem no muito curto prazo a choques de política monetária ou choques de velocidade da moeda. No modelo NiGEM, o choque tecnológico consiste em aumentar temporariamente a produtividade do factor trabalho em todos os países da área do euro na função de produção com elasticidade-substituição constante. No modelo DSGE, o choque é implementado como um aumento exógeno da produtividade total dos factores numa função produção *Cobb-Douglas*. Em todos os modelos a magnitude do choque é calibrada de forma a que o efeito máximo sobre o produto seja de 1 por cento (não necessariamente no momento do choque).

4. RESULTADOS

Nesta secção reportamos as respostas das variáveis macroeconómicas aos choques de política monetária e tecnológico que foram descritos na secção anterior. Na apresentação dos resultados concentramo-nos nos primeiros vinte trimestres posteriores à ocorrência de cada choque.

(9) No modelo de Smets e Wouters (2003) a regra de taxa de juro é definida em termos do desvio do produto em relação ao potencial, que por sua vez é definido como o nível do produto que se verificaria numa situação em que os preços e salários são flexíveis e de ausência de choques que afectem os custos ("cost-push shocks").

4.1. Respostas a um choque de política monetária

4.1.1. SVAR

As respostas das variáveis ao choque de política monetária estão representadas na Gráfico 3¹⁰. Após um choque de política monetária, a taxa de juro aumenta temporariamente, seguindo-se uma diminuição. O produto, o consumo, o investimento e as horas trabalhadas *per capita* diminuem, atingindo o ponto mínimo após um período de um ano e meio a dois anos após o choque. Como esperado, a reacção do investimento é mais forte em termos quantitativos do que a do consumo. No curto prazo, a inflação aumenta. Este resultado é usual em estudos VAR e constitui o chamado “*price puzzle*”¹¹. Surpreendentemente, os salários reais aumentam no curto prazo apesar da inflação estar a aumentar. Esse efeito é invertido posteriormente pelo que a prazo a resposta do salário real torna-se negativa.

4.1.2. NiGEM

No NiGEM, a resposta dos mercados financeiros ocorre imediatamente após um choque de política monetária. O diferencial positivo na taxa de juro entre a área do euro e as outras economias suscitado pelo choque origina uma expectativa de depreciação do euro nos períodos seguintes¹². A taxa de câmbio, sendo *forward-looking*, responde imediatamente com um movimento em sentido contrário, o que corresponde a uma apreciação instantânea do euro em termos nominais efectivos face ao cenário base. Em linha com a evolução das taxas de juro de curto prazo, as taxas de juro de longo prazo também aumentam. O aumento das taxas de juro provoca uma diminuição quer dos preços dos activos financeiros quer do preço das habitações em comparação com o cenário base.

O choque inicial e a reacção dos mercados financeiros transmitem-se gradualmente aos mercados do produto e de trabalho através de uma desaceleração da procura agregada e dos preços (Gráfico 3). A apreciação real da taxa de câmbio reduz a procura externa líquida. Em particular, o volume de exportações diminui. O aumento do custo de utilização do capital, influenciado pelo aumento das taxas de juro de longo prazo reais *forward-looking* (ou seja, considerando expectativas de inflação *forward-looking*), origina uma diminuição do *stock* de capital desejado e do volume de investimento. Embora de forma mais moderada, o consumo privado em termos reais também diminui em relação ao cenário base, afectado principalmente pela redução da riqueza real das famílias. A diminuição da procura agregada, que entra directamente na equação respeitante ao grau de utilização da capacidade na economia, origina pressões descendentes nos preços internos. Adicionalmente, a apreciação da taxa de câmbio reflecte-se numa diminuição dos preços das importações que se transmite igualmente aos preços internos. Em resultado, a inflação no consumidor reduz-se face ao projectado no cenário base¹³.

(10) As respostas das variáveis estão medidas em percentagem, excepto as da taxa de juro e de inflação, que estão expressas em termos de pontos percentuais.

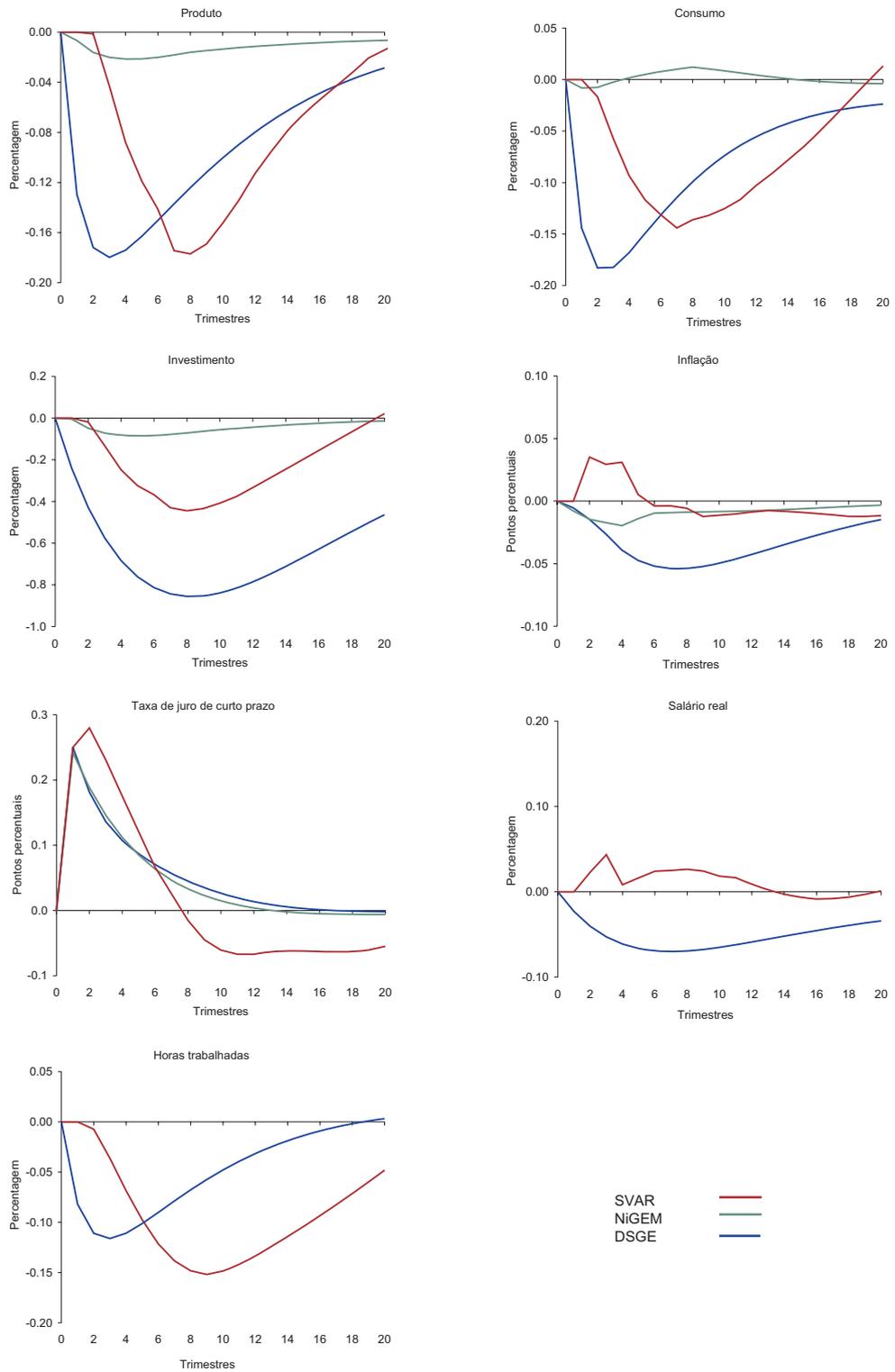
(11) Na literatura existem várias explicações para este resultado. Uma explicação para o “*price puzzle*” é que tal resulta de o banco central reagir a indicadores avançados de pressões inflacionistas (como preços de matérias-primas). Como existem desfasamentos nos efeitos da política monetária, a inflação aumenta numa primeira fase ao mesmo tempo que as taxas de juro estão a aumentar. No médio prazo, a inflação acaba por se reduzir à medida que os efeitos desfasados da política monetária são transmitidos à economia. Outra explicação para o “*price puzzle*” é que o aumento das taxas de juro faz aumentar os custos para as empresas que, no muito curto prazo, se repercutem nos preços do consumidor.

(12) A unidade de medida das respostas nos gráficos é o desvio face ao cenário base em percentagem (excepto para as taxas de juro e de inflação, em que corresponde ao desvio face ao cenário base em pontos percentuais).

(13) A redução da inflação modera, embora não contrariando completamente, o aumento da taxa de juro real de longo prazo *forward-looking*, a apreciação real da moeda e a diminuição da riqueza real.

Gráfico 3

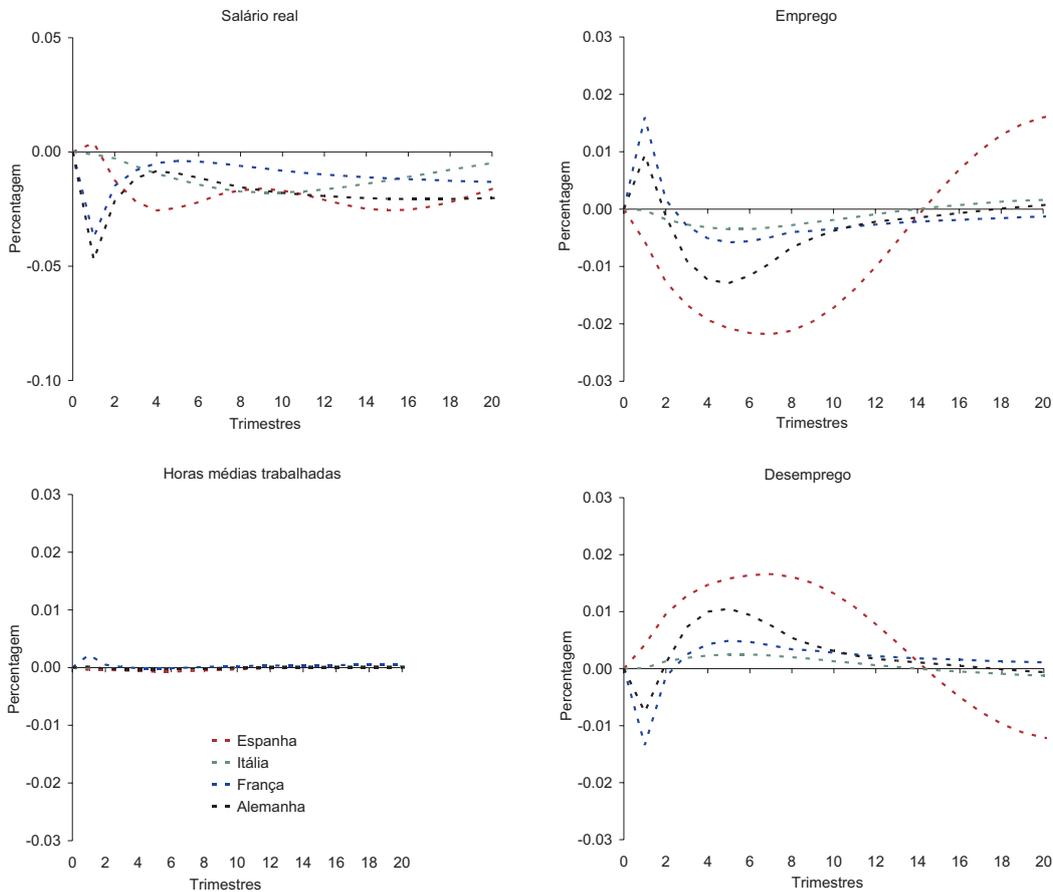
RESPOSTAS A IMPULSO DE UM CHOQUE DE POLÍTICA MONETÁRIA^(a)



Nota: (a) No caso do NiGEM não existe agregação para o conjunto da área do euro do salário real e das horas totais trabalhadas.

Gráfico 4

RESPOSTAS A IMPULSO DE UM CHOQUE DE POLÍTICA MONETÁRIA - O MERCADO DE TRABALHO NO NIGEM



O mercado de trabalho ajusta-se à redução da procura agregada e nas quatro maiores economias da área do euro observa-se, em geral, uma diminuição do emprego e um aumento do desemprego em comparação com o cenário base (Gráfico 4). O aumento do desemprego, em conjunto com a diminuição da inflação e o comportamento *forward-looking* no mercado de trabalho, originam uma redução gradual do salário nominal face ao cenário base. Os salários reais também diminuem, embora de forma mais mitigada, dada a redução da inflação.

Durante alguns anos após o choque, o rendimento disponível das famílias em termos reais é sustentado, mas eventualmente acabará por diminuir no contexto da diminuição da remuneração do factor trabalho. Dois factores contribuem para o comportamento positivo do rendimento disponível real por algum tempo: em primeiro lugar, a diminuição da inflação exerce um efeito favorável e, em segundo lugar, o aumento do rendimento interno em juros e o aumento da balança de rendimento com o exterior. O comportamento do rendimento disponível real explica, em grande medida, a evolução do consumo privado depois do choque de política monetária, chegando mesmo a situar-se ligeiramente acima do cenário base no segundo e terceiro anos depois do choque.

4.1.3. Modelo DSGE

No modelo DSGE, o choque transitório de política monetária implica um aumento da taxa de juro nominal que conduz a uma queda do produto, do consumo e do investimento (Gráfico 3)¹⁴. O efeito máximo ocorre nos dois primeiros anos após o choque. A taxa de juro mais elevada torna a poupança mais atraente e, conseqüentemente, as famílias adiam decisões de consumo para o futuro, o que explica parcialmente a diminuição do consumo. Uma taxa de juro mais elevada aumenta o custo do investimento o que conduz a uma redução desta variável. O efeito máximo no investimento é três a quatro vezes superior ao efeito sobre o consumo. A diminuição da procura por produtos finais leva a que as empresas produzam menos e diminuam a sua procura de factores produtivos, o que explica a diminuição das horas trabalhadas e do emprego. Por seu turno, a menor procura do factor trabalho gera pressões descendentes sobre os salários nominais e, dada a pequena diminuição da inflação, conduz a uma redução do salário real. Por fim, a menor utilização do factor trabalho e a diminuição do salário real reforçam a queda do consumo.

4.2. Respostas a um choque tecnológico

4.2.1. SVAR

As respostas das variáveis ao choque tecnológico no modelo SVAR estão representadas no Gráfico 5. Um choque tecnológico positivo gera um aumento gradual do produto, que demora cerca de vinte trimestres a atingir 1 por cento. O consumo e o investimento também aumentam, em linha com o produto. Verifica-se também um aumento das horas trabalhadas e dos salários reais¹⁵. De referir ainda que o impacto sobre a inflação é negligenciável e que as taxas de juro aumentam ligeiramente.

4.2.2. NiGEM

O aumento exógeno do progresso tecnológico suscita imediatamente um aumento da capacidade produtiva na economia, afectando directamente a equação do grau de utilização da capacidade na economia e originando pressões descendentes sobre os preços. A inflação diminui em comparação com o cenário base (Gráfico 5). Num contexto em que a autoridade monetária segue uma regra de *Taylor*, a diminuição da inflação conduz a uma redução das taxas de juro. Em paralelo, a taxa de câmbio *forward-looking* reage no primeiro período dada a expectativa de taxas de juro mais baixas, o que se traduz instantaneamente numa depreciação nominal efectiva do euro em relação ao cenário base. Este factor, em conjunto com a diminuição da inflação, implica evidentemente uma depreciação real efectiva do euro, ou seja, um aumento da competitividade da área do euro.

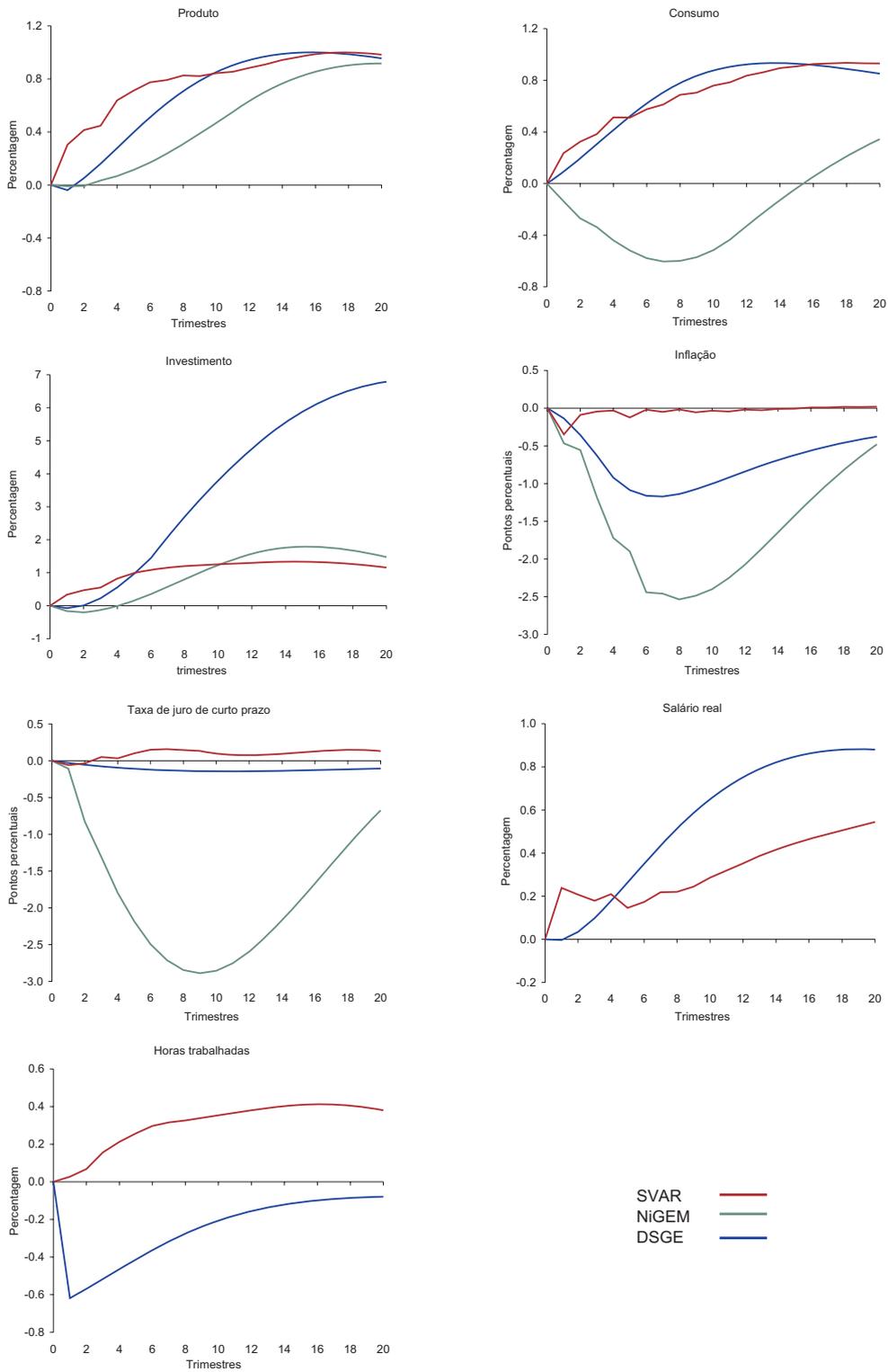
As alterações nos mercados financeiros transmitem-se à actividade económica real, traduzindo-se, em particular, no estímulo do investimento e da procura externa. O custo de utilização do capital diminui depois do choque influenciado pela redução das taxas de juro de longo prazo reais *forward-looking* e, conseqüentemente, o *stock* de capital desejado e o investimento em termos reais aumentam. Por seu turno, a depreciação real da taxa de câmbio estimula as exportações, dada a diminuição do

(14) As respostas das variáveis estão expressas em desvios percentuais face ao estado estacionário, excepto no caso da taxa de juro que está expressa em termos de desvios face ao estado estacionário (isto é, em pontos percentuais).

(15) Note-se que a resposta das horas trabalhadas depende crucialmente da hipótese de esta série ser estacionária. Se se considerar que as horas trabalhadas não são estacionárias então estas diminuem depois de um choque tecnológico positivo (ver Alves *et al* 2006 a, b).

Gráfico 5

RESPOSTAS A IMPULSO DE UM CHOQUE TECNOLÓGICO^(a)



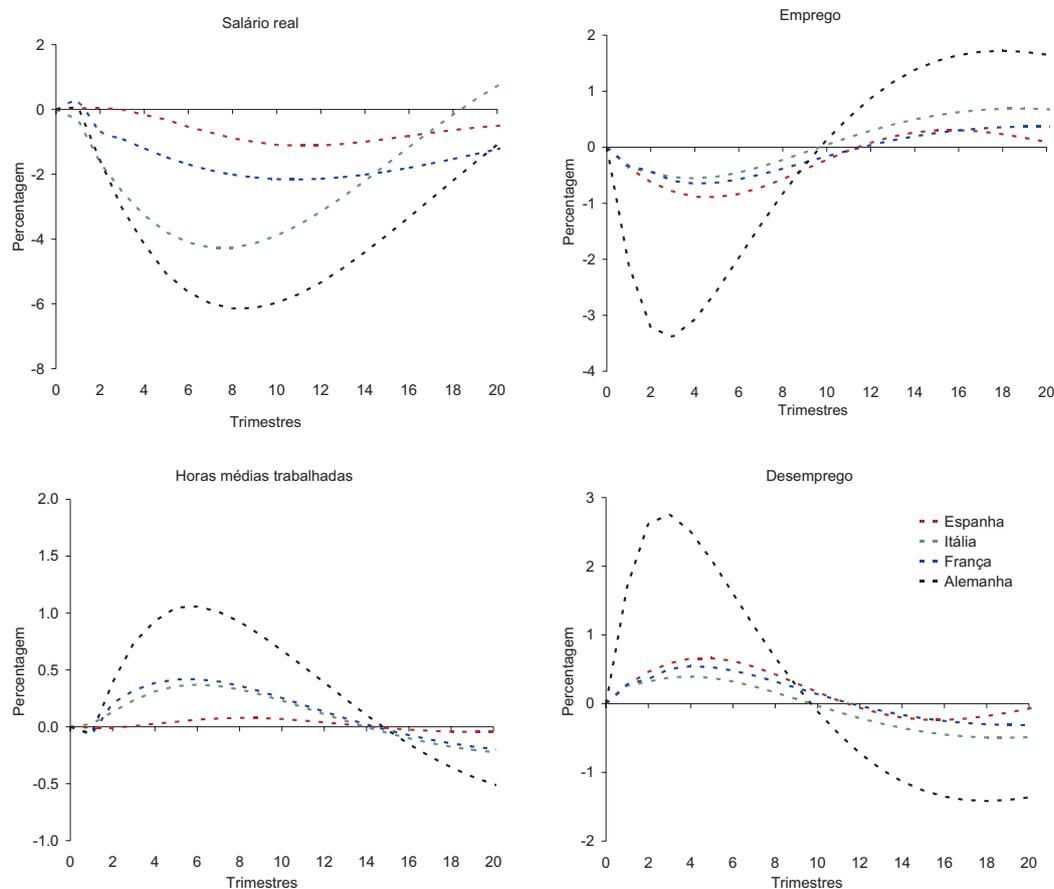
Nota: (a) No caso do NiGEM não existe agregação para o conjunto da área do euro do salário real e das horas totais trabalhadas.

preço das mesmas. O efeito positivo no investimento e na procura externa líquida contribuem para o aumento do PIB.

Durante alguns períodos após o choque ocorre uma redução no emprego e um aumento no desemprego em comparação com o cenário base (Gráfico 6). Esta evolução resulta imediatamente do choque que origina uma redução na procura de trabalho para um dado nível de PIB e do salário real. A resposta das horas médias trabalhadas é relativamente simétrica à resposta do emprego, sendo, em grande medida, explicada pela dinâmica de curto prazo dos salários reais e do PIB. Dado que a resposta das horas médias trabalhadas é menor do que a resposta do emprego, as horas totais trabalhadas diminuem. O aumento do desemprego, em conjunto com a diminuição da inflação e o comportamento *forward-looking* no mercado de trabalho, originam uma redução significativa do salário nominal, contribuindo para a redução da remuneração do factor trabalho e do rendimento disponível das famílias face ao cenário base. Nos primeiros anos depois do choque, a diminuição do salário nominal e do rendimento podem ser maiores do que a redução observada nos preços, o que em geral se traduz numa queda dos salários reais e do rendimento disponível real nas quatro maiores economias da área do euro. Estes factores contribuem para a resposta menos favorável do consumo privado por algum tempo após o choque.

Gráfico 6

RESPOSTAS A IMPULSO DE UM CHOQUE TECNOLÓGICO - O MERCADO DE TRABALHO NO NIGEM



Com o decorrer do tempo, a expansão da actividade económica real torna-se mais abrangente e o consumo privado apresenta uma recuperação. Como atrás referido, além do rendimento, o consumo privado depende da riqueza. Neste contexto, é de salientar que a riqueza financeira real das famílias aumenta depois do choque, o que resulta, em grande medida, do nível mais baixo dos preços e, em parte, do aumento temporário da riqueza nominal resultante do aumento dos preços das acções e de outros títulos depois da redução das taxas de juro. Por outro lado, o processo continuado de expansão da actividade económica acabará por reverter a situação no mercado de trabalho, o que se deverá reflectir numa diminuição do desemprego, numa recuperação do salário real e num nível mais elevado do rendimento disponível real das famílias.

4.2.3. Modelo DSGE

Após um choque tecnológico positivo, o aumento da produtividade conduz a uma expansão temporária da fronteira de produção da economia e reduz os custos marginais das empresas. Como resultado, o produto, o consumo e o investimento aumentam (Gráfico 5). A resposta destas variáveis ocorre com algum atraso, que é menor no caso do consumo, e com bastante persistência, sendo os efeitos ainda significativos após um período de cinco anos depois do choque. O salário real aumenta de forma continuada, o que se reflecte num aumento do consumo embora com algum desfasamento devido à presença de hábitos no consumo.

Dada a redução dos custos marginais, as empresas ajustam os seus preços para baixo o que resulta numa diminuição da inflação. Esta diminuição é gradual dada a existência de rigidez nominal no ajustamento dos preços e atinge um ponto máximo no segundo ano após o choque. A política monetária responde com uma diminuição da taxa de juro apesar do aumento do PIB, o que reflecte o facto de o efeito deflacionista ser dominante na regra de *Taylor*. Note-se que, como os trabalhadores se tornam mais produtivos, as empresas necessitam de uma menor quantidade do factor trabalho para produzir a mesma quantidade de produto. Tal conduz a uma diminuição do número de horas trabalhadas. De referir que, como este é um resultado de equilíbrio geral, a redução das horas trabalhadas é também a resposta desejada pelos trabalhadores.

As respostas das variáveis do mercado de trabalho devem ser interpretadas com alguma cautela dado que este sector é bastante estilizado neste modelo. De referir ainda que a resposta das horas trabalhadas não é uma característica imposta no modelo. Assim, uma possível interpretação da diminuição das horas trabalhadas (embora não seja apresentada nos gráficos, a resposta do emprego é semelhante à das horas trabalhadas) é que o choque tecnológico permite às famílias trabalharem menos, embora tendo ao mesmo tempo um salário real mais elevado e um maior nível de consumo.

5. CONCLUSÕES

Este estudo caracterizou as respostas de agregados macroeconómicos da área do euro face a choques de política monetária e tecnológicos em três modelos diferentes. A análise permitiu identificar semelhanças em termos das respostas de algumas variáveis macroeconómicas mas também foram encontradas algumas diferenças significativas. Em todos os modelos, o choque de política monetária que consiste numa subida de taxas de juro tem um efeito contraccionista sobre a actividade económica. No entanto, no caso do NiGEM, a resposta do consumo é pouco expressiva. Tal parece estar relacionado com efeitos provenientes do sector externo, que é excluído de outros modelos onde a área do euro é tratada como uma economia fechada. No que diz respeito à inflação, as respostas tanto do NiGEM como do modelo DSGE estão de acordo com o esperado. De facto, um choque de política mo-

netária restritivo conduz a uma menor taxa de inflação. Contudo, no modelo SVAR, a inflação aumenta no curto prazo, diminuindo apenas no médio-longo prazo. Este “puzzle” é uma característica encontrada em outros estudos com modelos VAR. No que diz respeito ao choque tecnológico positivo, os três modelos sugerem respostas similares em termos do perfil do produto e do investimento, que registam um aumento. No entanto, o consumo diminui no caso do NiGEM, enquanto que nos restantes modelos aumenta. O impacto negligenciável na inflação no modelo SVAR difere do obtido no DSGE e no NiGEM, onde o choque tecnológico tem um forte efeito deflacionista. No NiGEM, este efeito conduz a uma depreciação real do euro e a uma melhoria das exportações, o que explica o aumento do produto apesar da queda do consumo. Outra diferença assinalável está relacionada com a resposta das variáveis do mercado de trabalho. No modelo DSGE e no NiGEM, a utilização do factor trabalho diminui após um choque tecnológico, enquanto que no SVAR aumenta. No modelo DSGE tal decorre do comportamento otimizador das famílias e empresas. No caso do NiGEM, o mercado de trabalho é modelado com maior detalhe. As respostas mostram que o emprego diminui e o desemprego aumenta nos prazos mais curtos. Tal pode ser explicado pelo facto da procura reagir de forma lenta ao aumento da capacidade produtiva da economia e portanto uma menor quantidade de trabalho é suficiente para satisfazer tal procura. O aumento do desemprego no NiGEM tem um efeito de negativo sobre os salários e, conseqüentemente, no rendimento disponível e no consumo.

Em suma, os resultados acima apresentados demonstram a importância dos modelos como mecanismo disciplinador para a análise de choques sobre a economia. A heterogeneidade encontrada nos resultados aconselha a utilização de um conjunto alargado de modelos, para obter robustez nas respostas encontradas. Em particular, a modelação do mercado de trabalho e a inclusão de elementos de economia aberta parecem ser cruciais para as respostas das variáveis da área do euro a choques. Tais elementos são geralmente incluídos em modelos tradicionais, mas são frequentemente excluídos de modelos DSGE que têm vindo a ser cada vez mais utilizados nos anos mais recentes. Assim, a nossa análise corrobora os esforços em curso para melhorar estes blocos em modelos com fundamentos micro-económicos, que é uma área de investigação activa.

Apêndice: Estimação/calibração dos modelos usados

Os parâmetros de cada um dos três modelos usados neste estudo foram obtidos de forma diferente. Enquanto o modelo SVAR é estimado, o NiGEM e o modelo DSGE envolvem quer estimação quer calibração. Começando pelo SVAR, nós usámos o modelo estimado em Alves *et al* (2006 a, b). Os dados usados na estimação referem-se à área do euro com doze países e ao período desde o primeiro trimestre de 1970 até ao terceiro trimestre de 2004. As variáveis incluídas foram: PIB, consumo, investimento, utilização de capacidade, salários reais, horas trabalhadas *per capita*, taxa de juro de curto prazo, deflator do PIB e o agregado monetário M1. Para o período posterior a 1999, os dados correspondem a uma agregação das séries nacionais disponíveis usando, sempre que possível, fontes oficiais tais como o Eurostat, o BCE, a Comissão Europeia e a OCDE. No entanto, as séries da área do euro com frequência trimestral frequentemente estão apenas disponíveis para um período curto pelo que foi necessário retopolar um conjunto de séries. Para isso, foi usada a base de dados de Fagan *et al* (2001) (a base de dados do Area-Wide Model (AWM)) (veja-se Alves *et al*, 2006 a, b). A série usada para taxa de juro de curto prazo foi a Euribor a três meses fornecida pela Bloomberg e para períodos anteriores a 1999 foi usada a base de dados AWM. A série de horas trabalhadas foi construída por Alves *et al* (2006 a, b) sendo obtida multiplicando as horas medias trabalhadas pelo número de pessoas empregadas e depois dividindo pela população em idade de trabalhar. A inflação é medida pela variação trimestral anualizada do logaritmo do deflator do PIB. Todas as variáveis estão em logaritmos, excepto a taxa de juro de curto prazo.

O modelo NiGEM usado neste estudo é estimado e calibrado pelo NIESR e corresponde à versão V4.06 divulgada em Outubro de 2006. O período de estimação das equações do modelo varia de equação para equação e depende da sua estabilidade estrutural (na estimação nunca são usados dados anteriores ao primeiro trimestre de 1961). O cenário base usado nas simulações corresponde aos resultados obtidos no exercício de previsão do NIESR em Outubro de 2006, que assenta na base de dados trimestral contendo toda a informação divulgada até àquela data.

Relativamente ao DSGE, seguindo a metodologia de Smets e Wouters (2003), nós estimámos a versão log-linearizada¹⁶ do modelo usando técnicas Bayesianas, sendo que alguns parâmetros foram mantidos fixos. O modelo foi estimado usando dados para sete variáveis, nomeadamente PIB, consumo e investimento em termos reais, deflator do PIB, salário real, emprego e taxa de juro nominal de curto prazo. Em relação a Smets e Wouters (2003), foi usada uma base de dados ligeiramente diferente e actualizada (nomeadamente dados para o período compreendido entre o primeiro trimestre de 1980 e o quarto trimestre de 2006). Dado que no modelo teórico as variáveis estão em diferenças face ao nível no estado estacionário, todas as séries têm de ser estacionárias. As séries foram estacionarizadas através da remoção de tendências lineares, como em Smets e Wouters (2003).

Embora o modelo teórico inclua as horas trabalhadas como *input* na produção, Smets e Wouters usaram na estimação dados para o emprego, dado não existir uma série oficial de horas médias trabalhadas para a área do euro. Isto leva à utilização de uma equação auxiliar que relaciona o emprego (a variável observada) com as horas trabalhadas (a variável incluída no modelo mas não observada). Dado que o emprego geralmente reage mais lentamente a choques macroeconómicos do que as horas trabalhadas, é assumido que em cada período apenas uma fracção constante de empresas pode ajustar o emprego para o nível desejado enquanto as horas médias trabalhadas por trabalhador (uma variável não observada) são totalmente flexíveis. No presente estudo foi adoptado o mesmo procedimento e usámos a série de emprego na estimação, embora tenha sido usada uma versão ligeiramente diferente da equação auxiliar.

REFERÊNCIAS

- Altig, D., Christiano, L., Eichenbaum, M. e J. Linde (2005), "Firm-specific capital, nominal rigidities and the business cycle", *NBER Working Paper* N° 11034.
- Alves, N., Brandão de Brito, J., Gomes, S. e J. Sousa (2006a), "The transmission of monetary and technology shocks in the euro area", *Working Paper* 2-06, Banco de Portugal.
- Alves, N., Brandão de Brito, J., Gomes, S. e J. Sousa (2006b), "The effects of a technology shock in the euro area", *Working Paper* 1-06, Banco de Portugal.
- Calvo, G. (1983), "Staggered prices in a utility maximizing framework", *Journal of Monetary Economics*, 12, pág. 383-398.
- Christiano, L., Eichenbaum, M. e C. Evans (1999), "Monetary policy shocks: what have we learned and to what end?", in J. Taylor e M. Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, North Holland.
- Christiano, L., Eichenbaum, M. e C. Evans (2005), "Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy", *Journal of Political Economy*, Volume 111, N°1, pág. 1-45.
- Christoffel, K., Kuester, K. e T. Linzert (2006), "Identifying the role of labor markets for monetary policy in an estimated DSGE model", *ECB Working Paper* No. 635.

(16) É realizada uma aproximação log-linear das equações de equilíbrio em torno do estado estacionário.

- Fagan, G., Henry, J. e R. Mestre (2001), "An area-wide model for the EU11", *European Central Bank Working Paper* No. 42.
- King, R. e S. Rebelo (2000), "Resuscitating real business cycles", in John Taylor e Michael Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, North-Holland, pág. 927-1007.
- Kydland, F. e E. Prescott (1982), "Time to build and aggregate fluctuations", *Econometrica*, Volume 50, pág. 1345-1370.
- Lucas, R. (1976), "Econometric policy evaluation: a critique", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 1, pág. 19-46.
- Pagan, A. (2003), "Report on modelling and forecasting at the Bank of England", Bank of England, *Quarterly Bulletin*, Spring, pág. 1-29.
- Peersman, G. e F. Smets (2001), "The monetary transmission mechanism in the euro area: more evidence from VAR analysis", *ECB Working Paper* No. 91.
- Peersman, G. e R. Straub (2004), "Technology shocks and robust sign restrictions in an euro area SVAR", *ECB Working Paper* No. 373.
- Shapiro, M. e M. Watson (1988), "Sources of business cycle fluctuations", *NBER Macroeconomics Annual*, pág. 111-148.
- Smets, F. e R. Wouters (2003), "An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area", *Journal of the European Economic Association*, Volume 1, N° 5, pág. 1087-1122.
- Smets, F. e R. Wouters (2004), "Forecasting with a bayesian DSGE model: an application to the euro area", *Journal of Common Market Studies*, Volume 42, N° 4, pág. 841-867.