

O DESMATAMENTO AMAZÔNICO E O CICLO ECONÔMICO NO BRASIL

Rodrigo Mendes Pereira*
Geraldo Sandoval Góes**

1 INTRODUÇÃO

Uma das questões mais relevantes no debate sobre crescimento econômico e degradação ambiental tem sido o desmatamento de florestas tropicais. Além do potencial desperdício prematuro de biodiversidade, o desmatamento de florestas tropicais também tem implicações sobre o efeito estufa, uma vez que boa parte do processo se baseia no uso de queimadas, emissoras de largas quantidades de dióxido de carbono. Como umas das principais florestas tropicais do planeta, a Floresta Amazônica destaca-se como foco de uma série de estudos sobre o tema.

A existência de uma boa base de dados de satélite provida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) tem permitido que se investiguem as causas econômicas e sociais do desmatamento na Amazônia. Boa parte destes estudos utiliza os dados no nível municipal. Reis e Guzman (1992) concluem que a densidade populacional, a densidade rodoviária e a área de lavoura são importantes determinantes do desmatamento. Nesta linha de estudo, Pfaff (1999) revela que os projetos de desenvolvimento subsidiados pelo governo, a qualidade do solo e a distância dos mercados consumidores ao sul da Amazônia são também importantes variáveis na determinação do desmatamento no nível municipal. Os dados de desmatamento para este nível também se prestam particularmente bem a aplicações dos recentes métodos desenvolvidos em econometria espacial, os quais consideram o potencial que o efeito vizinhança entre municípios geograficamente próximos podem gerar em modelos econométricos. Estas técnicas são utilizadas por Aguiar, Câmara e Escada (2007) – na determinação dos fatores causadores do desflorestamento – e, também, por Oliveira *et al.* (2011) – na estimação de uma curva de Kuznets ambiental para a Amazônia.

Se, por um lado, os dados de desmatamento no nível municipal da Amazônia legal têm sido relativamente bem explorados pela literatura, por outro lado, pouco se utilizam os dados agregados do desmatamento amazônico. Sob o ponto de vista econométrico,

* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea.

** Gestor do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

o emprego dos dados municipais em estudo *cross-section* ou com dados em painel justifica-se pela riqueza de informações e por graus de liberdade incomparavelmente maiores que os obtidos com dados agregados em séries de tempo. A série histórica fornecida pelo Inpe é ainda relativamente curta (24 observações em uma série que começa em 1988), o que praticamente inviabiliza estudos de séries de tempo. Porém, aos dados agregados pode ser dado outro tipo de uso. Estes podem revelar fatos estilizados sobre o desmatamento, que contribuiriam para a criação e a calibragem de modelo de equilíbrio geral dinâmico e estocástico (DSGE – *dynamics stochastic general equilibrium*). Os modelos DSGE surgiram com a literatura de ciclo de negócios reais (RBC – *real business cycle*) e tornaram-se extremamente populares, com diversas aplicações até mesmo fora da macroeconomia. Surpreendentemente, a técnica foi muito pouco explorada em estudos de meio ambiente e menos ainda, especificamente, no desmatamento da Floresta Amazônica. O trabalho de Hofler e Mikhail (2002) é um dos poucos sobre o tema. Os autores incorporam a qualidade ambiental a um modelo de ciclo real de negócios, com o objetivo de comparar estruturas alternativas de regulação ambiental.

Neste trabalho, explorar-se-ão os dados agregados do desmatamento amazônico. O objetivo é fazer uma análise descritiva, que posteriormente servirá como base para a calibração de modelo DSGE para o desmatamento na Amazônia. A seção 2 realiza uma análise descritiva dos dados de desmatamento agregados. A seção 3 apresenta um modelo DSGE estilizado para o desmatamento amazônico. Por fim, a seção 4 trata das conclusões, indicando as direções para futuras pesquisas sobre o tema.

2 O DESMATAMENTO DA FLORESTA E O CICLO ECONÔMICO

Nesta seção, descrever-se-ão aspectos das flutuações cíclicas do desmatamento da Floresta Amazônica. Os autores deste trabalho estão particularmente interessados em verificar como este desmatamento se relaciona com as principais variáveis macroeconômicas no Brasil. O desmatamento é medido em quilômetros quadrados por ano, conforme a série fornecida pelo Inpe. As demais variáveis foram obtidas a partir das Contas Nacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e estão medidas em milhões de reais. Todas as séries foram transformadas em logaritmos, de modo que, ao se tomar o desvio-padrão de cada série, se estará considerando o desvio-padrão proporcional.

Como é de praxe nessa metodologia, filtraram-se todas as séries logaritmizadas com o filtro de Hodrick-Prescott (HP), que separa o componente de tendência de uma série de seu componente cíclico. O componente de tendência poderia ser confundido com movimentos cíclicos de baixíssima frequência, que não têm importância para a análise. Portanto, considera-se apenas o componente cíclico de cada série após a aplicação do filtro, eliminando-se o componente de tendência.

A tabela 1 apresenta os desvios-padrões de consumo, gastos do governo, consumo somado a gastos do governo, produto, formação bruta de capital fixo (FBKF), exportações e desmatamento. A tabela reproduz um fato estilizado para economias em desenvolvimento, que é o consumo agregado ser mais volátil que o produto. Em economias avançadas, a série de consumo é quase sempre menos volátil que a série de produto, por conta do desejo natural dos indivíduos de suavização do consumo ao longo da vida. Em economias em desenvolvimento, este fato muitas vezes não se observa, supostamente devido a restrições de crédito. Na tabela, observa-se que o desvio-padrão proporcional do consumo equivale a 1,17 vezes o do produto. Além disso, tem-se uma FBKF, o principal componente do

investimento agregado – cerca de quatro vezes mais volátil que o produto –, em linha com evidências apresentadas anteriormente sobre a economia brasileira – por exemplo, Kanczuk (2004). De todas as séries, o desmatamento é a mais volátil, com um desvio-padrão proporcional quase dez vezes superior ao do produto interno bruto (PIB).

TABELA 1
Desvios-padrão das principais variáveis macroeconômicas e do desmatamento

Variável	Desvio-padrão	
	%	Relativo ao PIB
Consumo mais gastos do governo	2,94	1,27
Gastos do governo	5,57	2,41
Consumo	2,70	1,17
PIB	2,31	1,00
FBKF	10,13	4,38
Exportações	15,00	6,49
Desmatamento	21,91	9,48

Elaboração dos autores.

Obs.: resultados baseados em dados anuais de 1998 até 2012, com desmatamento medido em quilômetros quadrados por ano e demais variáveis, em milhões de reais. Todas as séries foram medidas em logaritmos e, em seguida, suavizadas com o filtro de HP com parâmetro $\lambda = 100$.

A tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação calculados entre todas as variáveis de interesse. O consumo privado e a formação bruta de capital fixo são positivamente correlacionados com o produto (procíclos), como de praxe, enquanto as exportações são negativamente correlacionadas com o produto (contracíclica). A correlação negativa entre a FBKF e os gastos do governo são também um resultado bastante esperado, devido ao efeito *crowding-out*. Ou seja, a elevação de juros que, em geral, se segue de aumento de gastos do governo acaba por reduzir o investimento privado. Observa-se que o desmatamento tem correlações relativamente fracas com quase todas as variáveis de interesse. Este está mais fortemente correlacionado com as exportações (coeficiente de 0,41), sendo a correlação com o PIB de apenas 0,23.

TABELA 2
Matriz de correlações do desmatamento e de algumas variáveis macroeconômicas

	Gastos mais consumos	Gastos do governo	Consumo	PIB	FBKF	Exportações	Desmatamento
Gastos mais consumo	1,00	0,78	0,93	0,56	-0,04	-0,86	-0,20
Gastos do governo	0,78	1,00	0,49	0,35	-0,20	-0,77	-0,10
Consumo privado	0,93	0,49	1,00	0,56	0,06	-0,75	-0,24
PIB	0,56	0,35	0,56	1,00	0,70	-0,39	0,23
FBKF	-0,04	-0,20	0,06	0,70	1,00	0,08	0,14
Exportações	-0,86	-0,77	-0,75	-0,39	0,08	1,00	0,41
Desmatamento	-0,20	-0,10	-0,24	0,23	0,14	0,41	1,00

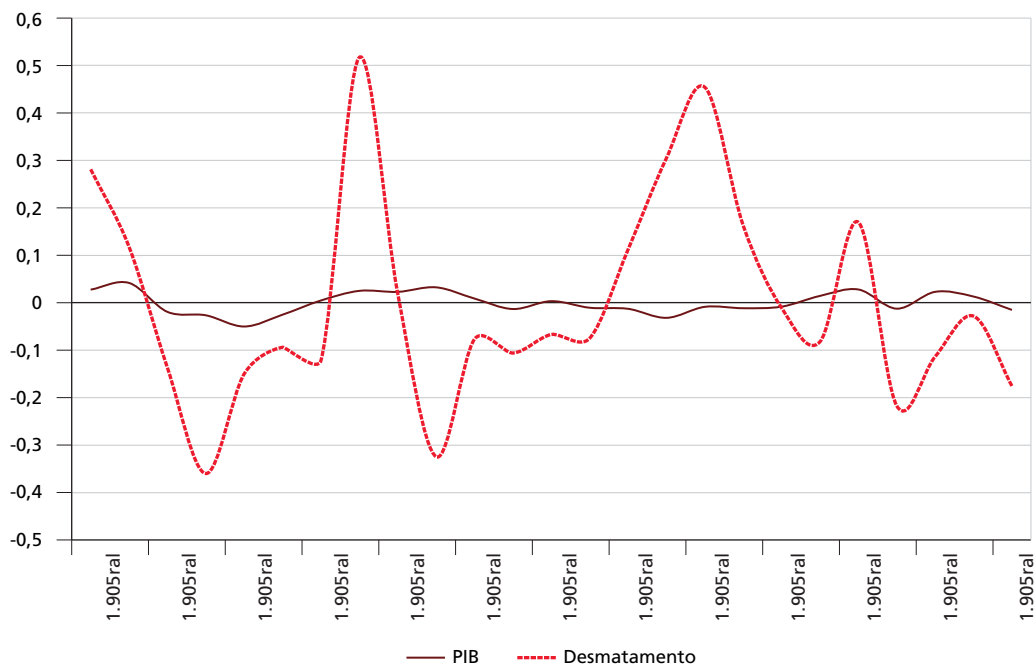
Elaboração dos autores.

Obs.: resultados baseados em dados anuais de 1998 até 2012, com desmatamento medido em quilômetros quadrados por ano e demais variáveis, em milhões de reais. Todas as séries foram medidas em logaritmos e, em seguida, suavizadas com o filtro de HP com parâmetro $\lambda = 100$.

Os gráficos 1 e 2 apresentam as séries de desmatamento e PIB (gráfico 1) e de desmatamento e exportações (gráfico 2). Notam-se as grandes flutuações cíclicas na série de desmatamento. Observa-se, também, no gráfico 1, que o desmatamento é suavemente pró-cíclico – ou seja, varia positivamente com a produção.

GRÁFICO 1

Desmatamento e PIB expressos em logaritmo e com tendência removida via filtro HP

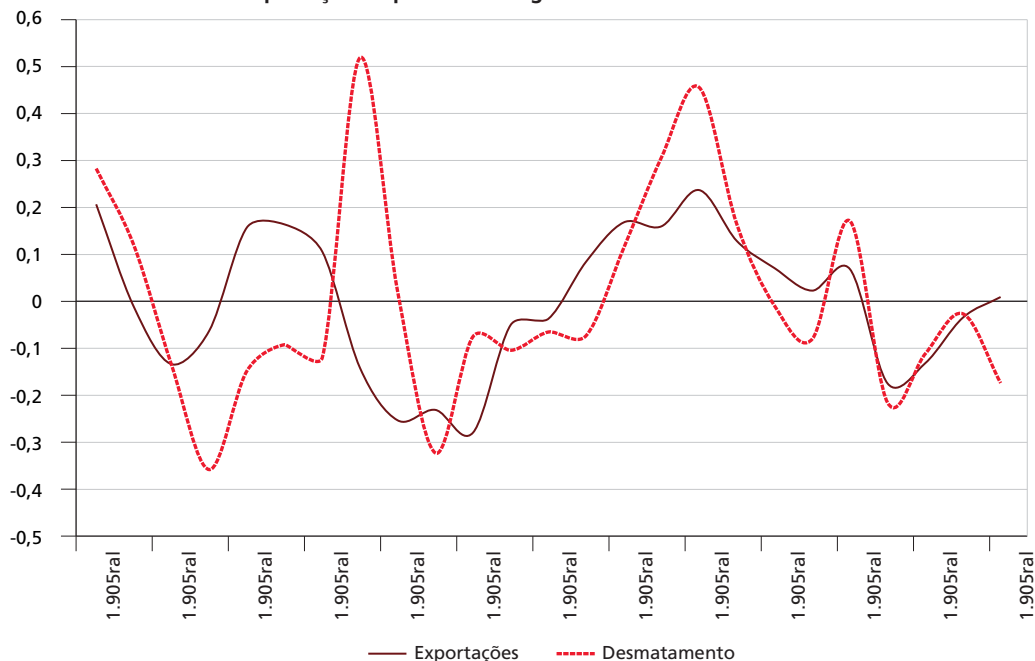


Elaboração dos autores.

No gráfico 2, a correlação positiva entre as séries de desmatamento e exportações é bastante evidente, sobretudo a partir de 2002. Esta correlação resulta não tanto da exportação da própria madeira desflorestada, mas muito mais intensamente do aspecto conflitivo entre a ocupação do solo pela floresta nativa e seu uso para a exploração e a posterior exportação de produtos primários; grandes *commodities* como a soja e o minério de ferro.

GRÁFICO 2

Desmatamento e exportações expressos em logaritmo e com tendência removida via filtro HP



Elaboração dos autores.

3 UM MODELO DSGE PARA O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

O modelo proposto neste trabalho segue os trabalhos de Hoffer e Mikhail (2002) e John e Pecchenino (1994), no sentido de apresentar o conceito de qualidade ambiental a construções macroeconômicas dinâmicas e estocásticas. Diferentemente dos trabalhos supracitados, o foco deste estudo estará no estoque de floresta (F_t) e no fluxo de desmatamento (D_t). O ponto mais importante do modelo é a introdução da forma mais simples possível de *trade-off* entre a perda de bem-estar gerada pelo desmatamento e o ganho de produto agregado resultante do uso da madeira na função de produção. Mais produção significa mais consumo de bens. Então, o *trade-off* clássico entre consumo e lazer agora tem um componente a mais, que é a floresta.

Nesse modelo, o agente representativo deriva sua utilidade do consumo de bens, C_t ; do tempo dedicado ao lazer, que depende do total de trabalho ofertado, N_t ; e também do total de floresta existente, que depende da quantidade de floresta desmatada. Este agente representativo maximiza seu fluxo intertemporal de utilidade esperada, baseado na seguinte forma funcional:

$$U_0 = E_0 \sum \theta^t \left(\log C_t - \frac{N_t^{1+\rho}}{1+\rho} - \frac{D_t^{1+\sigma}}{1+\sigma} \right) \quad (1)$$

Em que θ é o fator de desconto intertemporal, ρ é o inverso da elasticidade de oferta de trabalho, e σ é um parâmetro associado à desutilidade do desmatamento.

Do lado da produção, assume-se que esse agente representativo se depara com tecnologia do tipo Cobb-Douglas, na qual a produção de bens depende da quantidade de floresta desmatada, além dos tradicionais insumos capital e trabalho. A função de produção é dada por:

$$Y_t = A_{1t} K_t^\alpha N_t^\beta (A_{2t} D_t)^\gamma \quad (2)$$

Em que A_{1t} e A_{2t} representam dois choques diferentes de produtividade. O primeiro (A_{1t}) é um choque geral para a função de produção, e o segundo (A_{2t}), um choque específico ao uso da madeira nesta função, o qual pode ser interpretado, por exemplo, como mudanças na legislação referente ao uso da madeira, ou então mudanças tecnológicas.¹ Suponha a existência de retornos constantes de escala – ou seja, $\alpha + \beta + \gamma = 1$. A identidade macroeconômica entre produto e gasto, em uma economia fechada e sem governo, requer que

$$Y_t = C_t + I_t \quad (3)$$

Em que I_t representa o nível de investimento agregado. O estoque de capital agregado e o estoque de floresta desta economia são acumulados de acordo com as seguintes expressões:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (4)$$

$$F_{t+1} = (1 + r)F_t - D_t \quad (5)$$

Em que δ representa a taxa de depreciação do capital e r , a taxa de regeneração natural da floresta.

1. Por exemplo, o desenvolvimento do *medium density fiberboard* (MDF), um aglutinado de fibras de madeira e resinas sintéticas com alta resistência, poderia ser visto como um choque tecnológico positivo, uma vez que tornou o uso da madeira mais eficiente na fabricação de móveis, pisos, entre outros exemplos.

O consumidor maximiza seu fluxo de utilidade esperada (1) sujeito às restrições impostas pela tecnologia de produção (2), pela identidade macroeconômica entre produto e gasto (3), bem como pela dinâmica de acumulação do capital (4). A equação (5) serve apenas para determinar a dinâmica de acumulação do estoque de floresta, uma vez que tenha sido determinado o nível ótimo de desmatamento.

As condições de primeira ordem para um máximo são:

$$\frac{1}{C_t} = \lambda_t \quad (6)$$

$$N_t^\rho = \lambda_t \beta A_{1t} K_t^\alpha N_{t+1}^{\beta-1} (A_{2t} D_t)^\gamma \quad (7)$$

$$\lambda_t = \theta E_t \lambda_{t+1} \left[(1-\delta) + \alpha A_{1t+1} K_{t+1}^{\alpha-1} N_{t+1}^\beta (A_{2t+1} D_{t+1})^\gamma \right] \quad (8)$$

$$D_t^\tau = \lambda_t \gamma A_{1t} K_t^\alpha N_t^\beta A_{2t}^\gamma D_t^{\gamma-1} \quad (9)$$

$$C_t + K_{t+1} - (1-\delta)K_t = A_{1t} K_t^\alpha N_t^\beta (A_{2t} D_t)^\gamma \quad (10)$$

Pode-se obter um estado estacionário para esse sistema. Log-linearizando-se ao redor deste estado estacionário, obtém-se um sistema linear com três variáveis de controle (o consumo, o trabalho e o desmatamento) e cinco variáveis de estado (o estoque de capital, o multiplicador de Lagrange, os dois choques tecnológicos e o estoque de floresta). Será possível então observar como as principais variáveis macroeconômicas, bem como o desmatamento, se comportam frente a choques tecnológicos. A partir disto, poder-se-á comparar as predições do modelo com os fatos estilizados sobre o desmatamento da Floresta Amazônica.

4 CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentaram-se alguns aspectos empíricos do desmatamento da Floresta Amazônica. Trata-se de processo com alta flutuação cíclica, ligeiramente pró-cíclico e com baixas correlações com as principais variáveis macroeconômicas, com exceção da com as exportações, com valor de 0,41. Apresentou-se também um esboço de modelo DSGE, em que o desmatamento não apenas entra na função de produção da economia, mas também causa perda de bem-estar ao agente representativo. Estas duas características introduzem, em um modelo DSGE convencional, o dilema entre a qualidade ambiental – representada pelo estoque de floresta – e a produção e o consumo de bens – que utilizam os insumos da floresta em seu processo produtivo. O artigo delinea também uma rota de pesquisa a ser seguida: calibragem do modelo, com valores de parâmetros compatíveis com a economia brasileira, e simulações de como o modelo se comporta frente a choques tecnológicos e choques específicos do uso do insumo desmatamento na produção de bens.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G.; ESCADA, S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological modelling**, v. 209, n. 2-4, p 169-188, Dec. 2007.
- HOFER, R.; MIKHAIL, O. **Beyond backyard environmentalism**: a stochastic dynamic general equilibrium approach to environmental quality. University of Central Florida, 2002. Mimeografado.

- JOHN, A.; PECCHENINO, R. An overlapping generations model of growth and the environment. **The economic journal**, v. 104, n. 457, p. 1.393-1.410, Nov. 1994.
- KANCZUK, F. Real interest rates and Brazilian business cycles. **Review of economics dynamics**, v. 7, n. 2, p 436-455, Apr. 2004.
- OLIVEIRA, R. *et al.* Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 49, n 3, p. 709-739, 2011.
- PFUFF, A. What drives deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of environmental economics and management**, v. 37, n. 1, p 26-43, Jan. 1999.
- REIS, E.; GUZMAN, R. Um modelo econométrico do desflorestamento da Amazônia. **Pesquisa e planejamento econômico**, v. 23, n. 1, p 33-64, 1993.