

# Uma Taxonomia dos Modelos Quantitativos de Comércio Modernos

ALAN MARQUES MIRANDA LEAL (\*)

## 1 Introdução

Modelos quantitativos espaciais são modelos que postulam relações econômicas de produção, consumo, comércio, deslocamento, aglomeração e dispersão de forma não neutra no espaço. Dessa forma, colocar equações econômicas que postulam alguma relação de equilíbrio no espaço e ver como essas relações se realizam na prática é de crucial interesse para os modelos quantitativos espaciais. De especial interesse para este breve texto é o subconjunto de modelos quantitativos espaciais diretamente relacionados ao comércio internacional, chamados de QTMs (*quantitative trade models*). Esses modelos têm por foco realizar análise de bem-estar ou PIB no que concerne a mudanças nos termos de comércio ou na política comercial internacional. Para a consecução dessa tarefa, exibem-se uma breve descrição dos modelos de CGE – equilíbrio geral computável – e alguns exemplos, os modelos de álgebra chapéu-exata – *hat-exact algebra* – e, por fim, um breve resumo dos modelos quantitativos espaciais. Esta comparação segue Bekkers (2019).

## 2 CGE

Segundo Bekkers (2019), no modelo CGE em nível, as variáveis são resolvidas tanto no cenário base quanto contrafactual e a comparação deles informa o impacto da política comercial simulada. Ao mesmo tempo, no CGE em mudanças relativas, resolvem-se apenas pelas mudanças relativas, ou contrafactuais, num único passo. O modelo CGE é um modelo relativamente extenso, com milhares de equações, que ainda assim tem certa facilidade de incorporar parâmetros comportamentais retirados de outras literaturas, mesmo daquelas não diretamente relacionadas à econômica. Em termos de calibração do modelo, as *shares* de importação são equalizadas às *shares* obtidas dos dados de comércio.

Uma família de modelos bastante conceituada e estabelecida nessa temática diz respeito aos modelos GTAP, que também se baseiam nos dados do GTAP (AGUIAR *et al.*, 2016). Versões mais básicas desse modelo permitem a modelagem de relações de consumo e produção entre regiões, países e blocos de países de forma que simulações

de diferentes cenários comerciais são bastante naturais ao bloco. Adicionalmente, essa vertente de modelos foi expandida de forma a considerar modelagens outras que apenas a modelagem comercial e econômica. Assim, por exemplo, têm-se os modelos do GTAP-BIO (GOLUB; HERTEL, 2012) que consideram o fluxo energético e de mudança na terra no comércio internacional, dentre outros modelos inspirados na modelagem GTAP ou usando a base de dados do GTAP. À medida que esse modelo se especializa em tópicos outros que o comércio, contudo, mais provável é a perda de granularidade de regiões dentro de um país e o enfoque no estudo da relação entre comércio de regiões nacionais e subnacionais.

## 3 Exact-hat Algebra

No *exact-hat algebra*, o modelo é resolvido nos contrafactuais apenas usando a aproximação algébrica do *exact-hat*, que torna a solução do baseline e contrafactuais simultaneamente redundantes. Ao mesmo tempo, os modelos comportamentais são todos calibrados ou esti-

mados internamente. É incomum, pois, a união desse tipo de modelo quantitativo de comércio com modelos auxiliares de outras áreas de conhecimento. Em contraposição ao CGE, ele é um modelo mais parcimonioso em termos dos números de equações; contudo, de forma análoga ao CGE, suas *shares* de importação são semelhantes às aquelas obtidas com os dados (BEKKERS, 2019).

Esse método de solução de modelos de equilíbrio geral ganhou *momentum* após a publicação de Eaton e Kortum (2002), que projetou sobre um modelo ricardiano de comércio – isto é, um modelo focado sobretudo na oferta e vantagens comparativas – o espaço. O modelo faz uso de hipóteses simplificadoras sobre produtividade, considerando que elas são amostragens de uma variável aleatória que segue uma distribuição de Frechet. Isso permite maior tratabilidade numérica do modelo de comércio. Mais recentemente, Caliendo e Parro (2015) expandem o modelo para analisar o impacto do NAFTA sobre os estados americanos. Caliendo *et al.* (2018) analisam o impacto de choques de produtividade sobre os estados americanos. De forma análoga, Maggi (2018) analisa o impacto da produtividade chinesa sobre os estados brasileiros. Kleinman, Liu e Redding (2023) é uma outra implementação desse mode-

lo, considerando-o sob um aspecto dinâmico.

#### 4 Gravidade Estrutural

Aqui de forma análoga ao CGE em nível, o modelo é resolvido no cenário base e contrafactual de forma que seus custos de comércio e produto são comparados para se estimar a mudança de bem-estar. De modo análogo ao *exact-hat algebra*, os parâmetros são estimados internamente ao modelo e o modelo é relativamente parcimonioso. O modelo de gravidade estrutural se diferencia dos outros dois tipos de modelo na medida em que os custos de comércio são estimados internamente ao modelo, através de seus regressores de gravidade – os efeitos fixos desse modelo econométrico proveem uma riqueza informacional considerável dos custos de comércio entre os países. Os modelos baseados em gravidade sugerem que há uma relação diretamente proporcional entre os fluxos comerciais entre os países considerados e seus respectivos tamanhos da economia, enquanto a relação é inversa para a distância. Apesar de essa ideia ter sido obtida junto à gravidade da Física, ela tem algumas adaptações, tais como a de que a distância entra sem o expoente quadrado na relação inversa entre dois países. Adicionalmente, apesar de esse modelo ser unicamente conhecido por gravidade estrutural, todos os

modelos anteriores de comércio e todo bom modelo de comércio cria previsões em conformidade às aquelas previstas pela gravidade. Dessa forma, apesar de os modelos CGE e *exact-hat algebra* não lidarem diretamente com a gravidade, seus resultados são condizentes com essa expectativa teórica. Mais detalhes sobre esse método, com dicas e limitações, podem ser encontrados em Head e Mayer (2014).

#### 5 Conclusões

As três categorias de modelos exibidas previamente neste texto têm suas vantagens e desvantagens. CGE geralmente coloca certas limitações em termos de modelagens possíveis e grau de granularidade dos dados. *Exact-hat algebra* é bastante flexível em termos de regiões passíveis de modelagem, contudo, não tem tanta facilidade e naturalidade em se modelar aspectos externos ao equilíbrio geral. A gravidade estrutural, por outro lado, enquanto simples modelagem econométrica, é um método focado principalmente em equilíbrios parciais, logo, ela não produz o mesmo tipo de *insight* que o CGE e *exact-hat algebra* produzem. Ao mesmo tempo, a gravidade estrutural produz valores de custo de comércio internacional de forma mais metódica que apenas os valores assumidos pelo CGE e *exact-hat algebra*. Logo, o pesquisador que pretende utilizar uns dos métodos

listados neste texto deve se inteirar das vantagens e desvantagens de cada um deles.

## Referências

---

- AGUIAR, Angel; NARAYANAN, Badri; MCDOUGALL, Robert. An overview of the GTAP 9 data base. **Journal of Global Economic Analysis**, v. 1, n. 1, p. 181-208, 2016.
- BEKKERS, Eddy. **The welfare effects of trade policy experiments in quantitative trade models: the role of solution methods and baseline calibration**. WTO Staff Working Paper, 2019.
- CALIENDO, Lorenzo; PARRO, Fernando. Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA. **The Review of Economic Studies**, v. 82, n. 1, p. 1-44, 2015.
- CALIENDO, Lorenzo *et al.* The impact of regional and sectoral productivity changes on the U.S. economy. **The Review of Economic Studies**, v. 85, n. 4, p. 2042-2096, 2018.
- EATON, Jonathan; KORTUM, Samuel. Technology, geography, and trade. **Econometrica**, v. 70, n. 5, p. 1741-1779, 2002.
- GOLUB, Alla A.; HERTEL, Thomas W. Modeling land-use change impacts of biofuels in the GTAP-BIO framework. **Climate Change Economics**, v. 3, n. 03, p. 1-30, 2012.
- HEAD, Keith; MAYER, Thierry. Gravity equations: workhorse, toolkit, and cookbook. **Handbook of International Economics**, Elsevier, v. 4, p. 131-195, 2014.
- KLEINMAN, Benny; LIU, Ernest; REDDING, Stephen J. Dynamic spatial general equilibrium. **Econometrica**, v. 91, n. 2, p. 385-424, 2023.
- MAGGI, Andres Jorge *et al.* **Essays on geography and trade**, 2018.

(\*) Doutorando em Teoria Econômica na FEA/USP.  
(E-mail: [prof@alanleal-econ.com](mailto:prof@alanleal-econ.com)).