

Modelos Espaciais de Equilíbrio Geral Computável II

Bröcker (1998)

- Protótipo
 - Desenvolvimento
 - Exemplo numérico
- Princípio da parcimônia
 - Restringe número de parâmetros/dados
- Calibragem *vs.* Estimação econométrica

Idéias Básicas

- Economia fechada
- I setores: $i = 1, \dots, I$
- R regiões: $r = 1, \dots, R$
- 3 tipos de atividades
 - Produção (firmas representativas)
 - Transporte (agentes de transporte)
 - Demanda final (consumidor representativo)
- Não há governo

“*Pooling*”

- Bens produzidos pelo setor i nas várias regiões e entregues na região s para uso intermediário ou final:
 - Fundem-se em um *pool* do bem i na região s
 - São entregues aos usuários
- Não há ligação direta entre produtores e consumidores
- Bem produzido na região *vs.* Bem do *pool*

- I firmas, I família e I agentes de transporte
- Firma i em r :
 - Produz x_r^i
 - Função de produção linear homogênea
 - Utiliza I insumos primários e K fatores primários
- Agente de transporte i em s :
 - Transforma produtos do setor i em todas regiões, $r = 1, \dots, R$, em produto do *pool* do tipo i disponível em s
 - Tecnologia para transportar bens para região de destino e combiná-los para formar o *pool*
- Família:
 - Gasta renda com bens dos *pools* da região de residência
 - Dotação de fatores exógena

- Concorrência perfeita
- Agentes otimizadores (π, u)
 - $P = (\text{custo unitário})_{\min}$
- Tarefa:
 - Especificar formas funcionais de tecnologias e preferências
 - Limitar custos de implementação!

Estrutura Formal

- Sobrescritos:
 - Setores: $i, j = 1, \dots, I$
 - Fatores primários: $k = 1, \dots, K$
- Subscritos:
 - Regiões: $r, s = 1, \dots, R$
- Lista das variáveis endógenas ...

- Quantidades

x_r^i produção do setor i na região r

d_s^j demanda final por j em s

- Preços

p_r^i preço unitário do setor i em r

q_s^i preço unitário do bem do pool i em s

w_r^k preço unitário do fator k em r

- Coeficientes de insumo-produto

a_s^{ij} insumo do bem do pool i por unidade de j em s

c_s^{kj} insumo do fator k por unidade de j em s

t_{rs}^i utilização do bem i de r por unidade do bem do pool em s

- Renda e utilidade

y_r renda da família em r

u_r nível de utilidade da família em r

Estratégia

- Comportamento das firmas
 - Define a 's e c 's
- Comportamento dos agentes de transporte
 - Deriva t 's
- Comportamento das famílias
 - Deriva d 's
- Forma funcional utilizada: NCES
 - Especificação requer a estrutura de substituição e um vetor de parâmetros de posição

Firmas

- Firma j em s produz x_s^j utilizando insumos intermediários provenientes do *pool* em s e insumos primários
- Tecnologia especificada por:

$$cf^j(q_s, w_s; \alpha^j, \gamma^j)$$

$$q_s := (q_s^1, \dots, q_s^I) \quad w_s := (w_s^1, \dots, w_s^K)$$

$$\alpha^j := (\alpha^{1j}, \dots, \alpha^{Ij}) \quad \gamma^j := (\gamma^{1j}, \dots, \gamma^{Kj})$$

Não há índice regional!

- Função e parâmetro de posição não possuem índice regional → mesma tecnologia setorial

- Em equilíbrio:

$$p_s^j = cf^j(q_s, w_s; \alpha^j, \gamma^j) \quad (1)$$

- Lema de Shephard \Rightarrow (2) e (3):

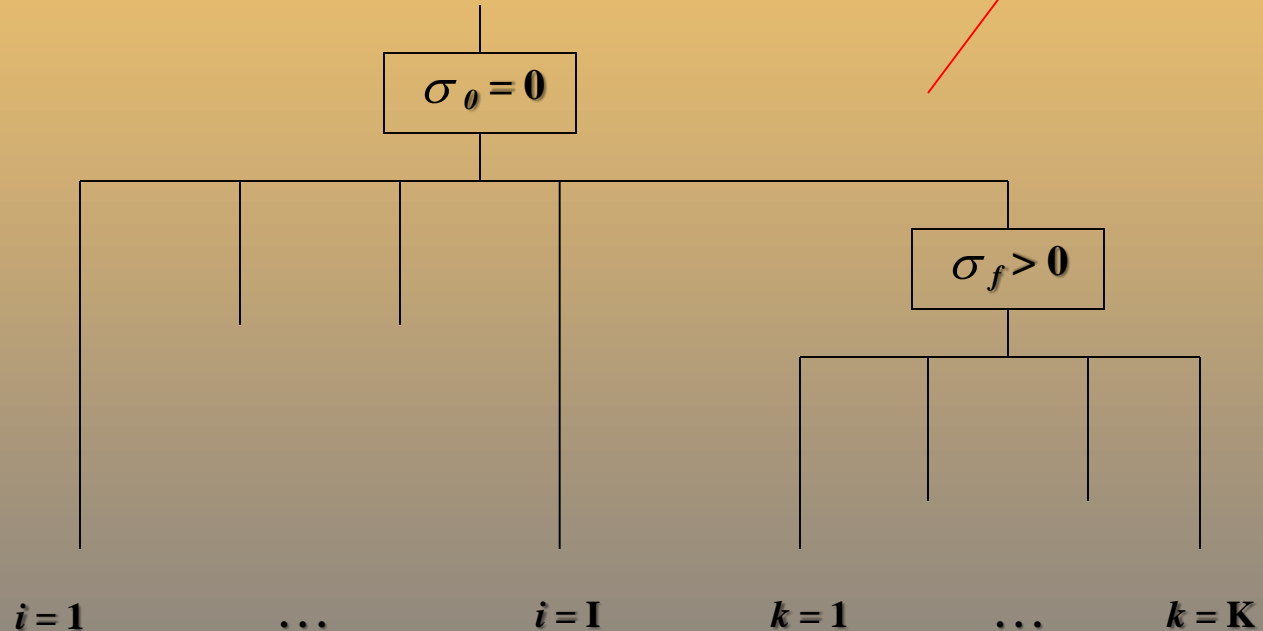
$$a_s^{ij} = \frac{\partial cf^j(q_s, w_s; \alpha^j, \gamma^j)}{\partial q_s^i} \quad (2)$$

$$c_s^{kj} = \frac{\partial cf^j(q_s, w_s; \alpha^j, \gamma^j)}{\partial w_s^k} \quad (3)$$

Coeficientes de insumo que minimizam custo...

Árvore de Substituição

Depende da disponibilidade de informação



Transporte

- Agente de transporte i em s utiliza bens produzidos no setor i em todas regiões para gerar o *pool* do bem i na região s (não usa k !)
- Função de produção NCES: transforma insumos de várias regiões em um “produto” (bem i no pool de s)
- Armington: grau de homogeneidade depende de σ
- Tecnologia de transporte deve considerar que recursos são utilizados no transporte de mercadorias (quantidade depende da distância)

- Utiliza-se o modelo de *iceberg* (Samuelson)
 - Um certo percentual do bem transportado é utilizado (perdido) durante seu transporte

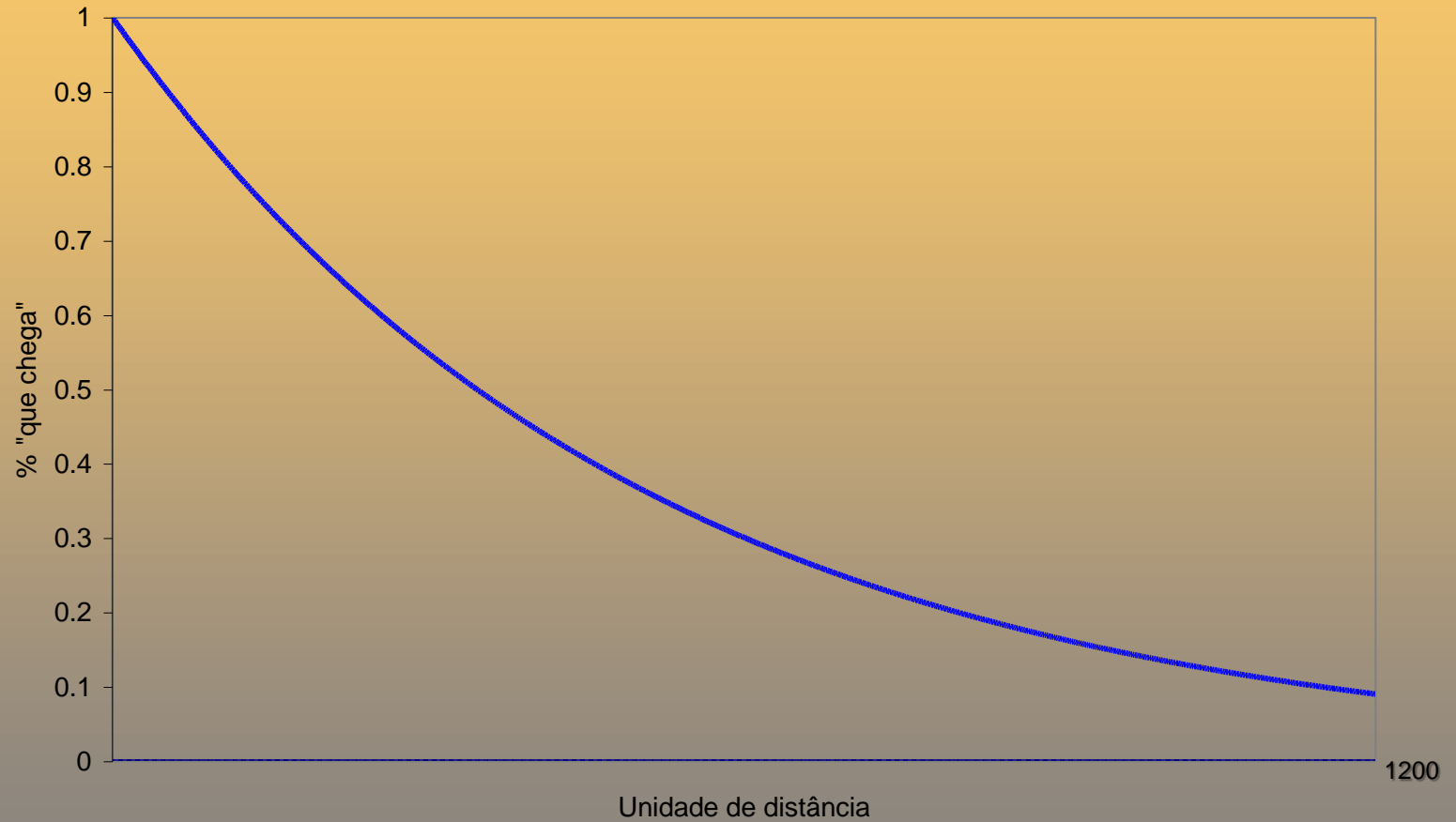
$\eta^i \rightarrow$ parte do bem i perdida por unidade de distância

$z_{rs} \rightarrow$ distância de r a s

$\exp(-\eta^i z_{rs}) \rightarrow$ quantidade de i que chega em s para cada unidade de i enviada de r

- Atividade do agente de transporte:
 - Transporta bens da região de origem para região de destino (parcialmente consumidos)
 - Cria o *pool* (processo de transformação sujeito a tecnologia NCES)

$$\eta^i = 0.002$$



$$ct^i(v_s^i; \theta^i)$$

$$v_s^i := (v_{1s}^i, \dots, v_{R_s}^i) \quad v_{rs}^i = p_r^i \exp(\eta^i z_{rs})$$

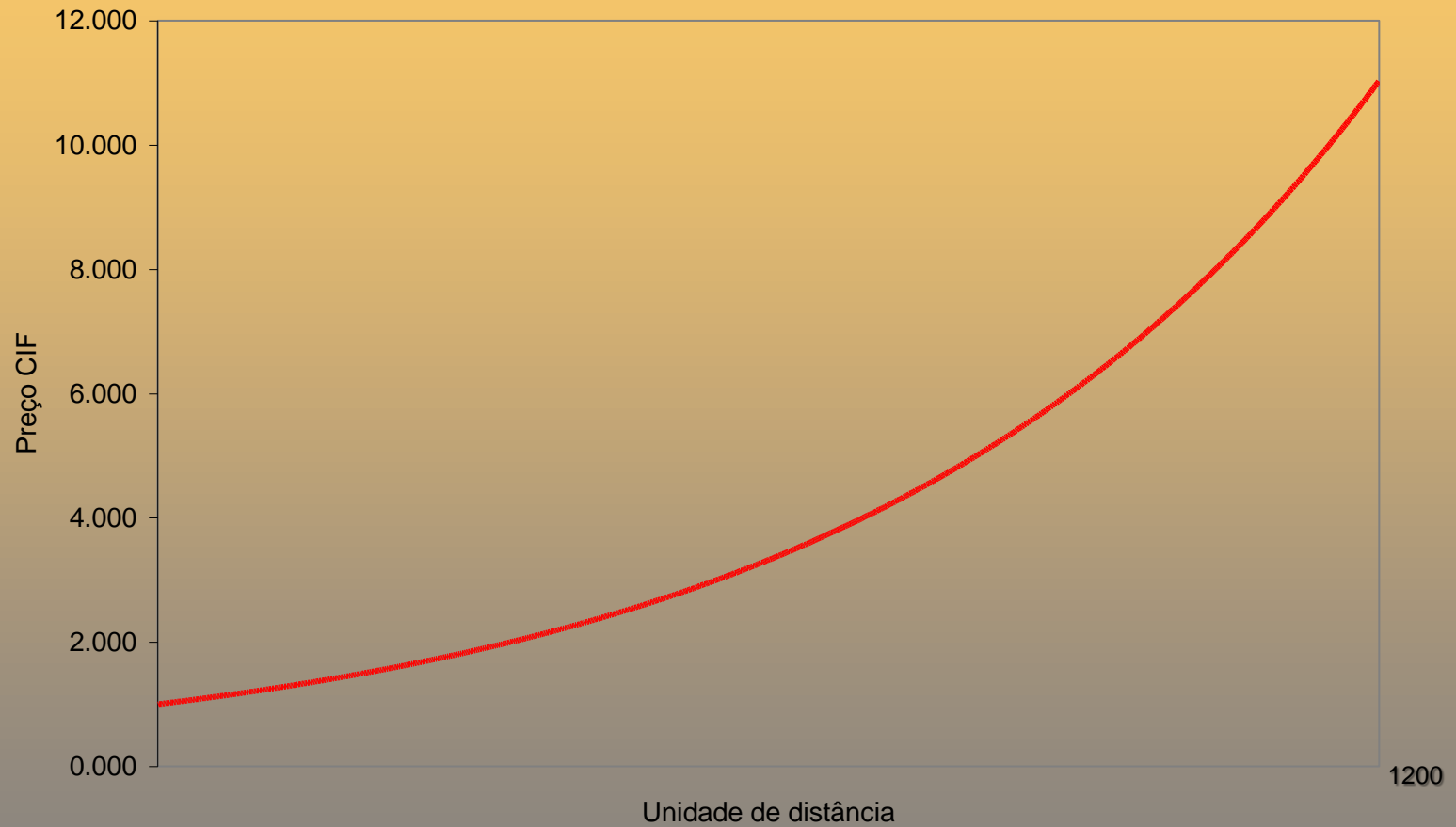
- Cada setor apresenta uma tecnologia de *pooling* comum em todas as regiões
- Minimização de custos \Rightarrow

$$q_s^i = ct^i(v_s^i; \theta^i)$$

$$t_{rs}^i = \frac{\partial ct^i(v_s^i; \theta^i)}{\partial v_{rs}^i} \exp(\eta^i z_{rs})$$

$$\eta^i = 0.002$$

$$p_r^i = 1$$



- Definindo: $c\tilde{t}_s^i(p^i; \theta^i) := ct^i(v_s^i; \theta^i)$

$$q_s^i = c\tilde{t}_s^i(p^i; \theta^i) \quad (4)$$

$$t_{rs}^i = \frac{\partial c\tilde{t}_s^i(p^i; \theta^i)}{\partial p_r^i} \quad (5)$$

Famílias

- Função dispêndio: para o vetor q_s , mostra o gasto mínimo necessário para atingir o nível de utilidade u_s

- Em equilíbrio:

$$y_s = eh_s(q_s, u_s) \quad (6)$$

- Teorema de Hotelling \Rightarrow (7)

$$d_s^j = \frac{\partial eh(q_s, u_s)}{\partial q_s^j} \quad (7)$$

- Equações (1) a (7) determinam preços dos produtos e dos pools, coeficientes de insumo-produto, demanda final e utilidade, dados os preços dos fatores e a renda em todas as regiões.
- Parâmetros do modelo: vetores de parâmetros de posição, distâncias e taxas de transporte
- Renda das famílias:

$$y_s = \sum_{r,k} f_{rs}^k w_r^k \quad (8)$$

f_{rs}^k → quantidade do fator k em r possuído pelas famílias em s

- Equilíbrio no mercado dos fatores:

$$\sum_s f_{rs}^k = \sum_i c_r^{ki} x_r^i \quad (9)$$

- Produção:

$$x_r^i = \sum_s t_{rs}^i \left(d_s^i + \sum_j a_s^{ij} x_s^j \right) \quad (10)$$

- (1)-(10) determinam os 10 grupos de variáveis endógenas

Calibragem

- Definir os valores dos parâmetros de modo que os dados de um *benchmark* sejam reproduzidos na solução de equilíbrio
- Componentes da estrutura do modelo:
 1. Estrutura de substituição nas funções NCES
 2. Distâncias inter-regionais
 3. Taxas de transporte
 4. Vetores de parâmetros de posição
 5. Dotação de fatores

- 1-3 dados
- Calibrar 4-5

4. Vetores de parâmetros de posição

$\alpha^i, \gamma^i \quad i = 1, \dots, I$ matriz $(I + K) \times I$

$\theta^i \quad i = 1, \dots, I$ matriz $R \times I$

δ vetor I

- Fontes de dados:
 - Insumo-produto
 - Emprego regional

5. Dotação de fatores

$f_{rs}^k \rightarrow$ necessita $R \times R \times K$ dados

- Não há dados de fluxos de renda inter-regional
- Supõe-se que famílias possuem fatores apenas na região de residência:

$$f_{rs}^k = 0 \quad k = 1, \dots, K \quad \text{se } r \neq s$$

- Matriz $R \times K$ de estoque de fatores

Resumo

- Achar α 's, γ 's, δ 's, θ 's e f 's tal que a solução de equilíbrio coincida com as observações do *benchmark* em relação a:
 - Insumo-produto nacional
 - Emprego setorial regional (L_r^i)
 - Preços dos fatores regionais

- Seja $k = 1$ fator trabalho
- $\tilde{w}_r^k \rightarrow$ preços dos fatores regionais
- Insumo-produto nacional:

A^{11}	...	A^{1j}	...	A^{1I}	D^1
\ddots		\ddots		\ddots	\ddots
A^{i1}	...	A^{ij}	...	A^{iI}	D^i
\ddots		\ddots		\ddots	\ddots
A^{II1}	...	A^{IIj}	...	$A^{II I}$	D^I
C^{11}	...	C^{1j}	...	C^{1I}	
\ddots		\ddots		\ddots	
C^{K1}	...	C^{Kj}	...	C^{KI}	

$$A^{ij} = \sum_s q_s^i a_s^{ij} x_s^j \quad i, j = 1, \dots, I \quad (11)$$

$$D^i = \sum_s q_s^i d_s^i \quad i = 1, \dots, I \quad (12)$$

$$C^{kj} = \sum_j w_s^k c_s^{kj} x_s^j \quad k = 1, \dots, K \quad j = 1, \dots, I \quad (13)$$

$$\tilde{w}_r^k = w_r^k \quad k = 1, \dots, K \quad r = 1, \dots, R \quad (14)$$

$$L_r^i = c_r^{1i} x_r^i \quad i = 1, \dots, I \quad r = 1, \dots, R \quad (15)$$

Exemplo Numérico (Hipotético)

- Dados necessários para implementação:
 - Insumo-produto nacional
 - Emprego setorial regional
 - Preços dos fatores regionais
 - Distâncias inter-regionais
 - Estrutura de substituição nas funções NCES e respectivas elasticidades
 - Taxas de transporte

Insumo-produto nacional

		1	2	3	4	D	Total
<i>i</i>	1	4.0	3.0	2.0	5.0	18.0	32.0
	2	16.0	6.0	5.0	9.0	4.0	40.0
	3	2.0	2.0	6.0	6.0	10.0	26.0
	4	0.0	10.0	2.0	8.0	14.0	34.0
<i>k</i>	1	6.8	3.8	2.8	1.1		
	2	1.8	12.7	3.4	1.5		
	3	1.4	2.5	4.8	3.4		
<i>Total</i>		32.0	40.0	26.0	34.0		

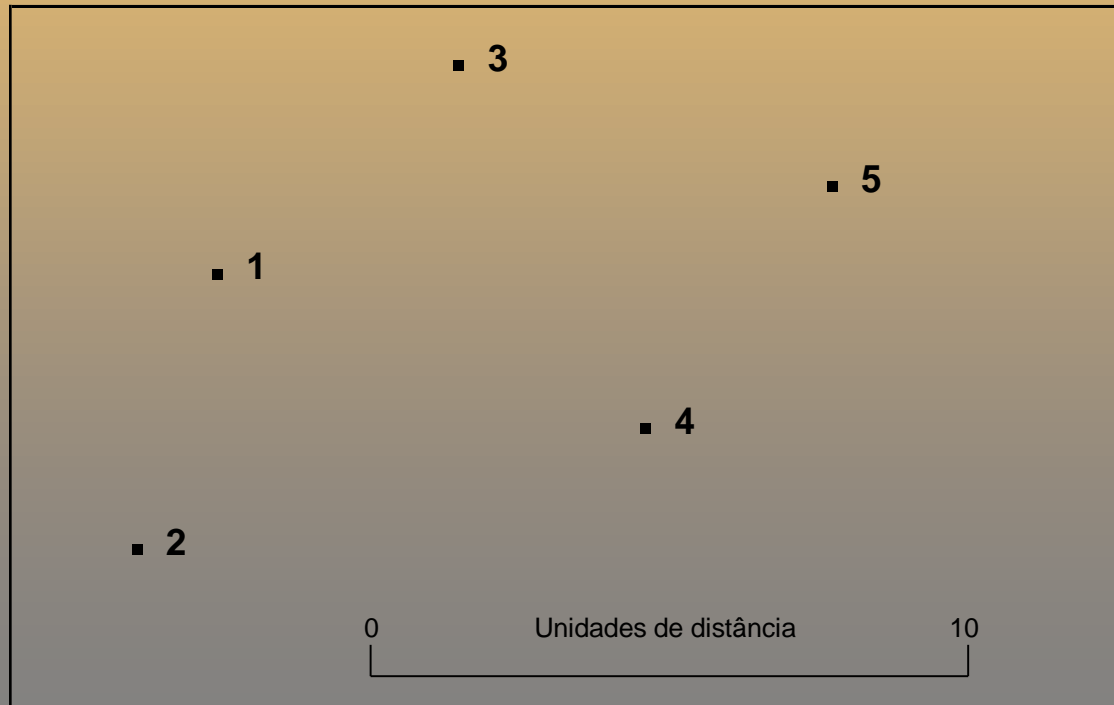
Emprego setorial regional

	<i>i</i>				
		1	2	3	4
<i>r</i>	1	0.204	0.834	0.843	0.161
	2	1.635	0.167	0.211	0.161
	3	0.409	0.834	0.702	0.321
	4	3.269	1.167	0.351	0.321
	5	0.817	0.333	0.351	0.040

Preços dos fatores regionais

		<i>k</i>		
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>r</i>	<i>1</i>	1.19	0.62	1.14
	<i>2</i>	0.81	0.61	0.52
	<i>3</i>	1.07	0.14	1.14
	<i>4</i>	1.11	0.97	1.34
	<i>5</i>	1.43	1.03	0.57

Localização hipotética das regiões



Parâmetros

	<i>i</i>			
	1	2	3	4
<i>eta</i>	0.028	0.047	0.062	0.016
<i>sigma-trans</i>	4.3	0.5	2.5	1.8
<i>sigma-fact</i>	0.8	1.5	3.0	2.5

Resultados

Regiões

p =	0.97	0.97	1.03	0.99	1.07	Setores
	0.90	0.88	1.18	1.04	1.05	
	0.99	0.95	1.13	1.12	0.96	
	0.97	0.99	1.05	1.03	0.96	

Regiões

q =	1.24	1.16	1.28	1.10	1.23	Setores
	1.28	1.55	1.36	1.31	1.44	
	1.35	1.79	1.44	1.55	1.36	
	1.10	1.13	1.12	1.11	1.14	

...

Simulação

- Redução pela metade da distância da região 1 para a região 5
- Alterações nos preços, produção, fluxos de comércio, rendas, **bem-estar**
- Variação equivalente relativa
 - Variação percentual da renda referencial que a família representativa necessitaria para atingir o nível de utilidade contra-factual considerando os preços referenciais

$$REV^r = 100 \left(\frac{EV^r}{I^r} \right)$$

Regiões

REV = | 6.57 -1.10 -1.09 -0.15 4.67 | %

MINAS-SPACE

- Modelo EGC espacial para planejamento e análise de políticas de transporte em Minas Gerais.
- O modelo possui o objetivo de fazer análise de estática-comparativa, incorporando explicitamente custos de transporte do tipo *iceberg*.
- Quatro atividades – produção, consumo, transporte e exportação.
- Dois fatores de produção – trabalho e outros fatores.
- Doze regiões domésticas e **três regiões externas**

Desagregação Regional



Regiões Externas



**Table 1: Area, Population and Production in
Minas Gerais, 1996 (in %)**

Region	Area	Population	Production
→ 1. North			
Noroeste	10.7	1.9	1.6
Norte	21.7	8.7	4.4
Jequitinhonha	8.6	4.1	1.1
Vale do Mucuri	3.4	2.4	1.0
2. South			
→ Triângulo/Alto Paranaíba	15.5	10.2	11.7
Central	5.4	2.2	1.6
→ RMBH	6.7	29.9	44.6
Vale do Rio Doce	7.2	9.0	9.1
Oeste	4.1	4.6	3.8
→ Sul/Sudoeste	8.5	12.5	10.9
Campo das Vertentes	2.1	2.9	1.9
Zona da Mata	6.1	11.6	8.3

Map 1: HDI-M for Minas Gerais in 2000

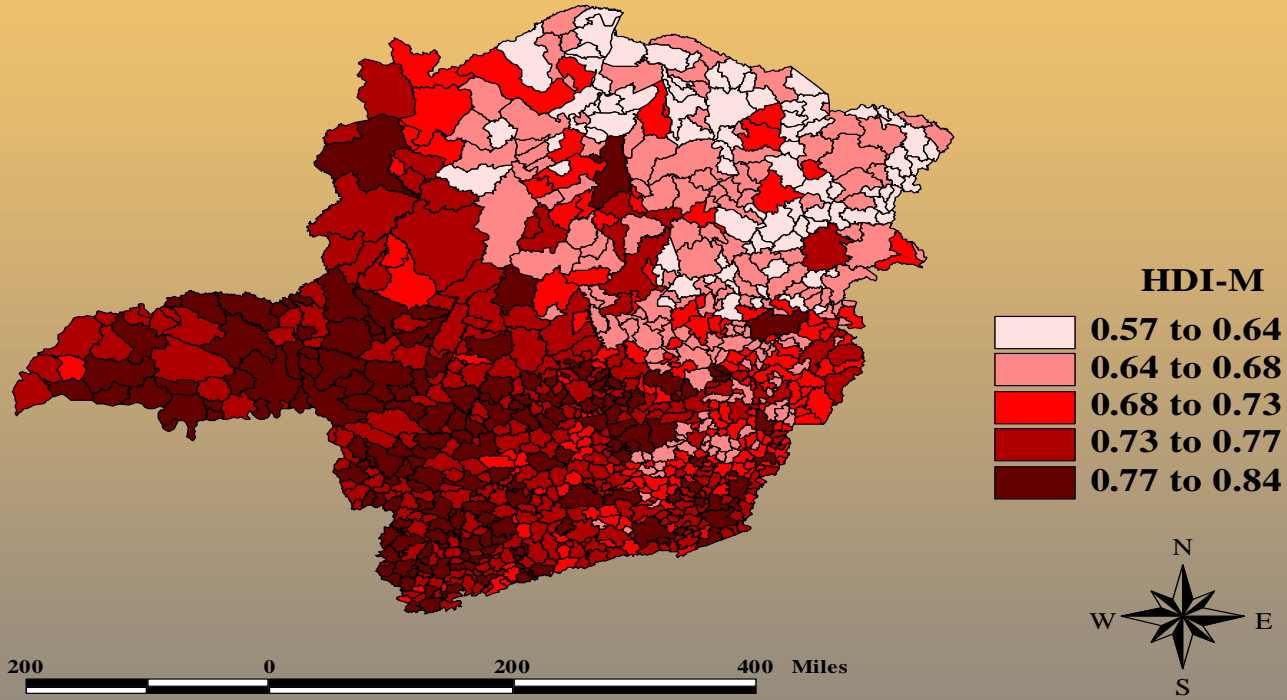
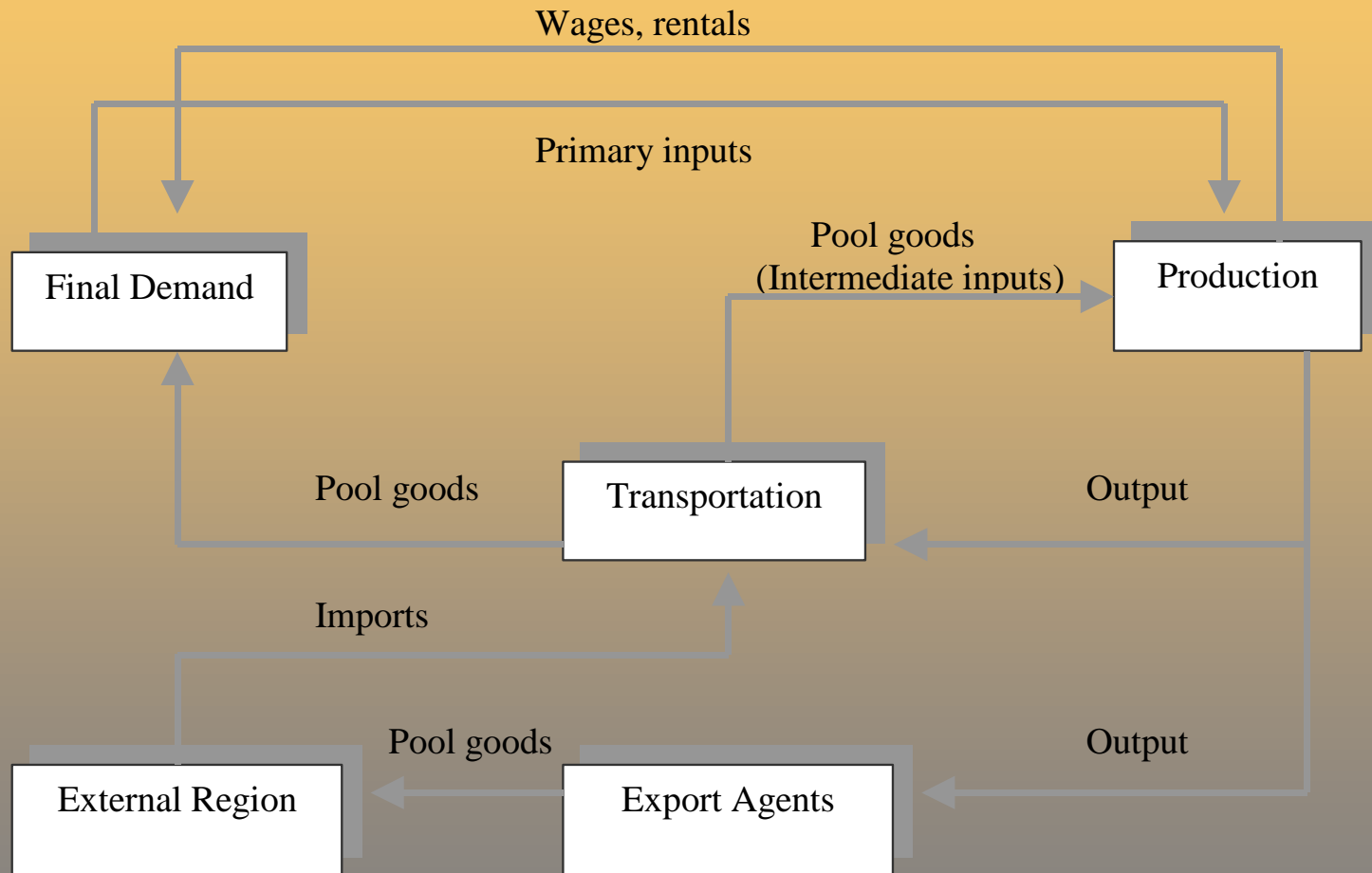


Figure 1: Economic Agents and Activities in the Model



Desagregação Setorial

- AGR: agriculture and livestock
- MIN: mining sector
- IND: manufacturing industries
- CON: construction sector
- SER: services sector

Simulações

- “**All**” – shortening of all domestic interregional distances by 10 percent
- “**North**” – shortening of the distances just among the four poor regions in the North by 10 percent
- “**South**” – shortening of the distances just among the eight rich regions in the South by 10 percent
- “**North-South**” – shortening of the distances just among rich region-poor region pairs by 10 percent

Figure 2: The Driving Forces of the MINAS-SPACE at the Aggregate Level

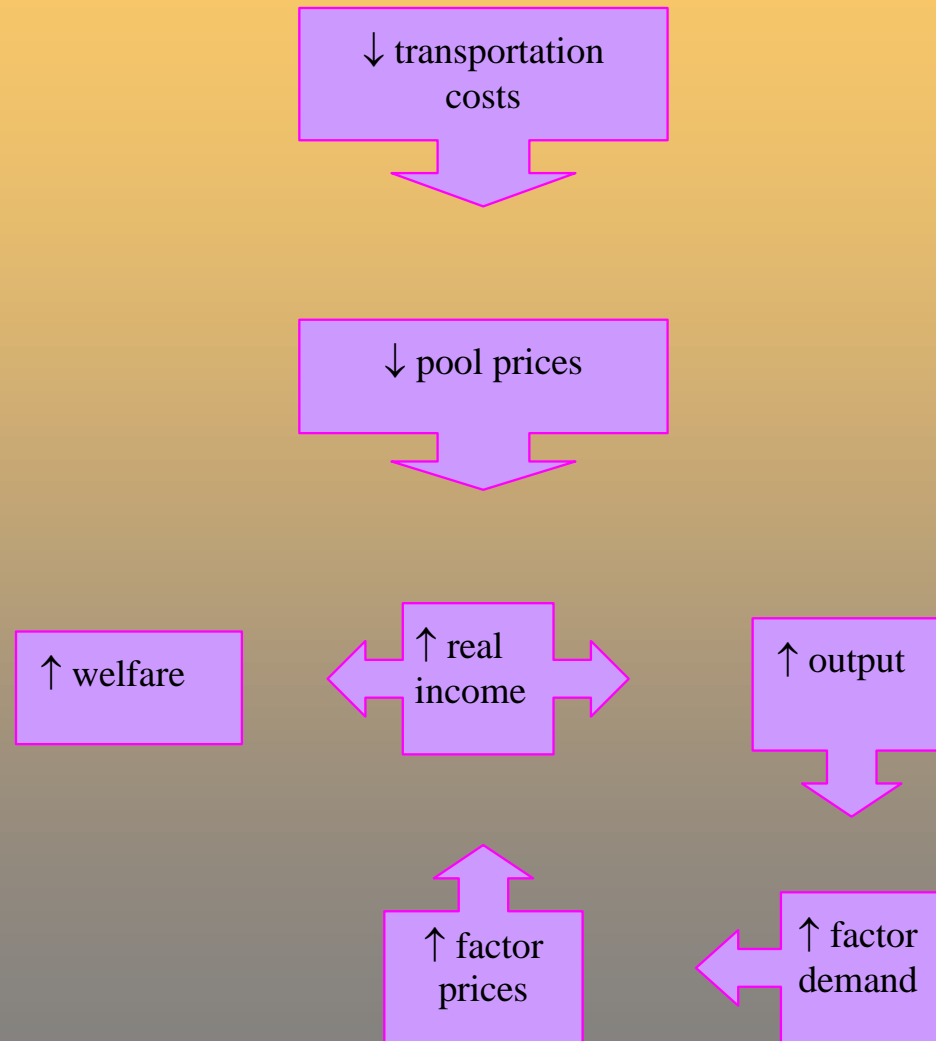


Table 3: Aggregate Results of the Model (in %)

	"All"	"North"	"South"	"North-South"
Quantities				
Total exports	0.00	0.00	0.00	0.00
Total imports	-0.01	0.00	-0.01	0.00
Domestic production	0.00	0.00	0.00	0.00
Pool goods production	0.06	0.00	0.05	0.01
Final demand	0.09	0.00	0.08	0.01
Relative Prices				
Prices of total exports	0.04	0.00	0.04	0.01
Prices of total imports	0.06	0.00	0.05	0.00
Production prices	0.05	0.00	0.04	0.01
Pool prices	-0.01	0.00	-0.01	0.00
Wage	0.10	0.00	0.09	0.01
Other factor price	0.10	0.00	0.09	0.01
Other Results				
Welfare gains	0.10	0.00	0.09	0.01
Gini index	-0.18	-0.01	0.16	-0.33
Price index	-0.06	0.00	-0.05	-0.01

Table 4: Regional Results of the Model

	Welfare			
	"All"	"North"	"South"	"North-South"
Noroeste	0.37	0.01	-0.09	0.45
Norte	0.29	0.01	-0.09	0.38
Jequitinhonha	0.31	0.01	-0.08	0.39
Vale do Mucuri	0.35	0.01	-0.10	0.43
Triângulo/Alto Paranaíba	0.25	0.00	0.25	0.00
Central	0.11	0.00	0.12	-0.01
RMBH	0.04	0.00	0.04	0.00
Vale do Rio Doce	0.22	0.00	0.22	0.00
Oeste	0.07	0.00	0.07	0.00
Sul/Sudoeste	0.15	0.00	0.15	0.00
Campo das Vertentes	0.11	0.00	0.10	0.00
Zona da Mata	0.15	0.00	0.15	0.00
Average	0.20	0.00	0.06	0.14
Standard Deviation	0.11	0.00	0.13	0.20
Maximum	0.37	0.01	0.25	0.45
Minimum	0.04	0.00	-0.10	-0.01

Figure 3: Welfare Gains of the Experiment "All"

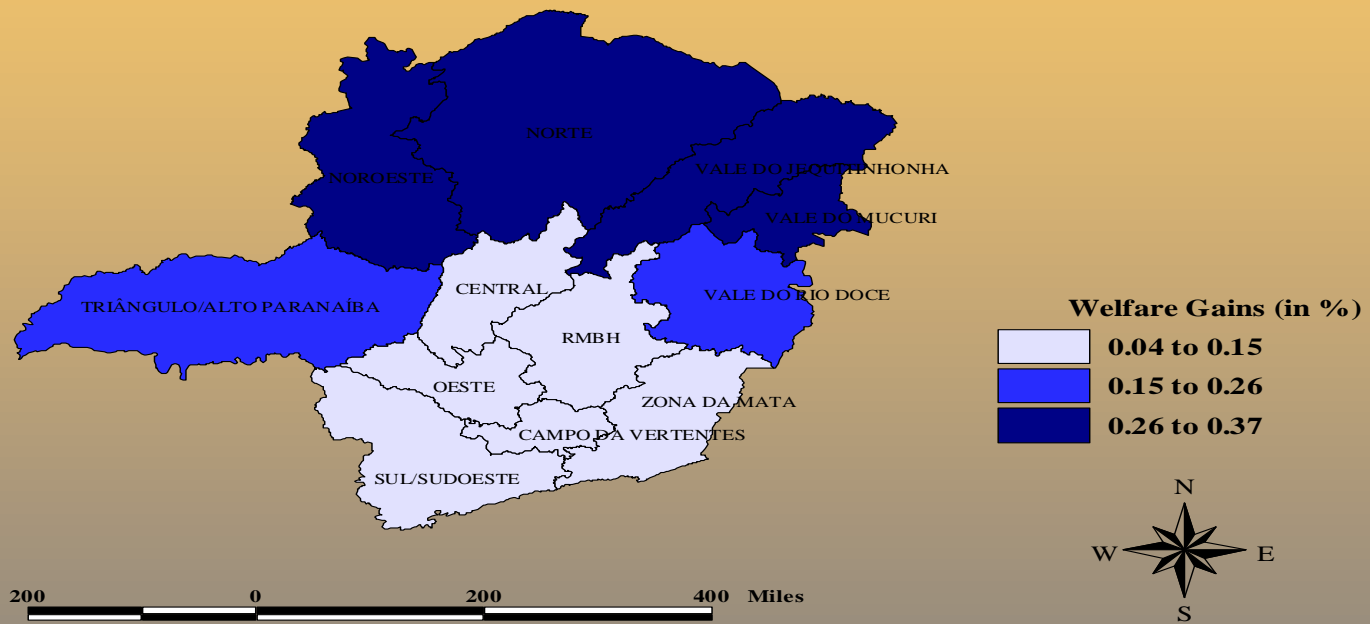


Figure 4: Welfare Gains of the Experiment "South"

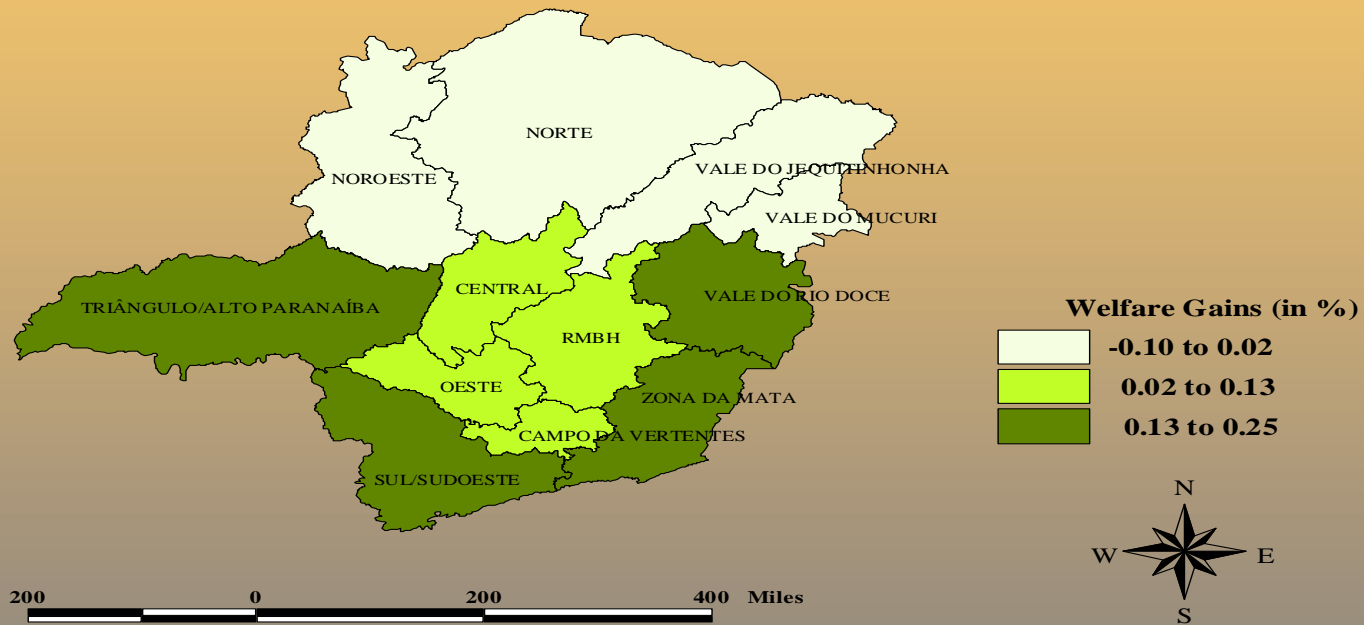
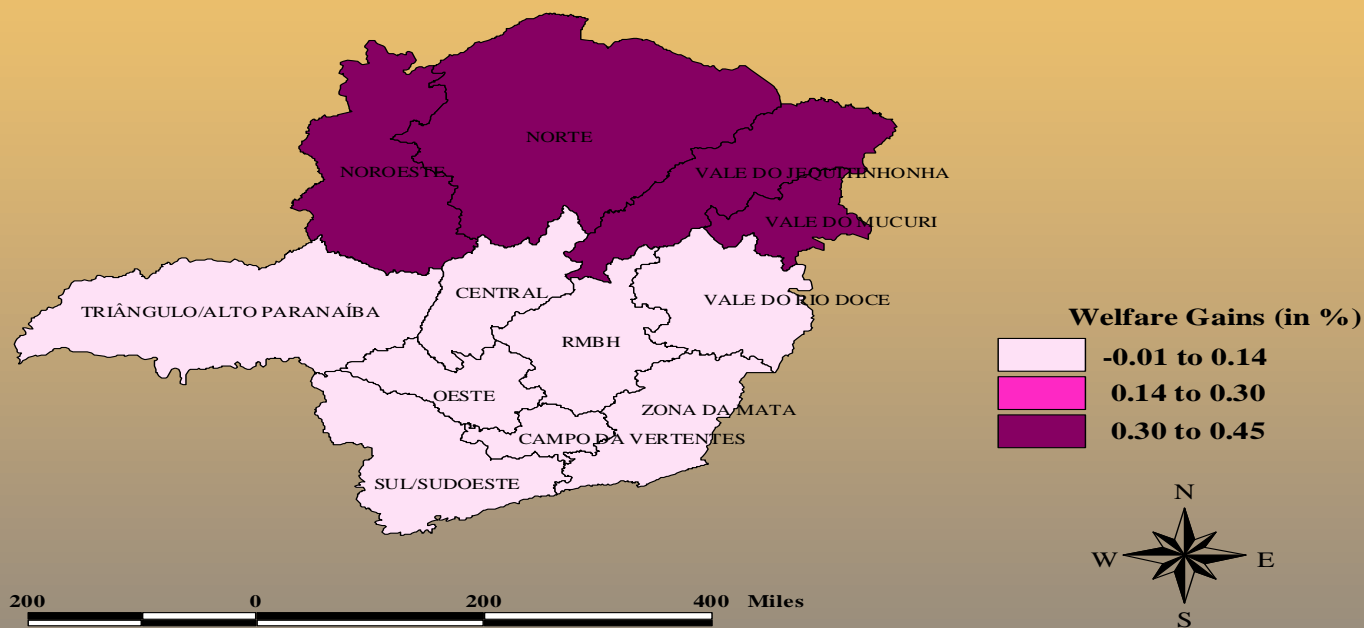


Figure 5: Welfare Gains of Experiment "North-South"



Referências

- Bröcker, J. (1998). Operational Spatial Computable General Equilibrium Modeling. *The Annals of Regional Science*, vol. 32, n. 3, pp. 367-387.
- Almeida, E. S., Haddad, E. A. and Hewings, G. J. D. (2010). The Transport-Regional Equity Issue Revisited, *Regional Studies*, v. 44, p. 1387-1400,.