NEREUS

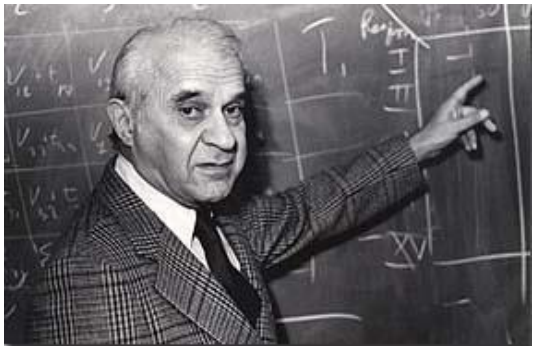
Núcleo de Economia Regional e Urbana
da Universidade de São Paulo

The University of São Paulo
Regional and Urban Economics Lab

Aulas 2: Estrutura Teórica de Insumo-Produto

Prof. Eduardo A. Haddad

Análise de insumo-produto



- Ideia desenvolvida por **Wassily Leontief** (Prêmio Nobel em Economia em 1973).
- De acordo com Leontief. "a **análise de insumo-produto** é uma extensão prática da teoria clássica de **interdependência** geral que vê a economia total de uma região, país, ou mesmo do mundo todo, como um sistema simples, e parte para descrever e para interpretar a sua operação em termos de relações estruturais básicas observáveis" (Leontief, 1987, p. 860).
- A origem da sua teoria pode ser ligada ao problema do **fluxo circular da renda** (Tableau Économique - François Quesnay) assim como ao problema da sua distribuição entre as classes envolvidas dentro do processo produtivo.

Análise de insumo-produto

- A análise de insumo-produto estende as ideias do **modelo da base econômica**, desagregando a produção em um conjunto de setores.
- Pode ser usada para explorar algumas das seguintes questões:
  - Mudanças estruturais na economia e análises setoriais
  - Comércio internacional e cadeias globais de valor
  - Comércio inter-regional e disparidades regionais
  - Meio ambiente, energia, emissões e água virtual
  - Distribuição de renda
  - Política fiscal
  - Estratégias de desenvolvimento
  - (...)

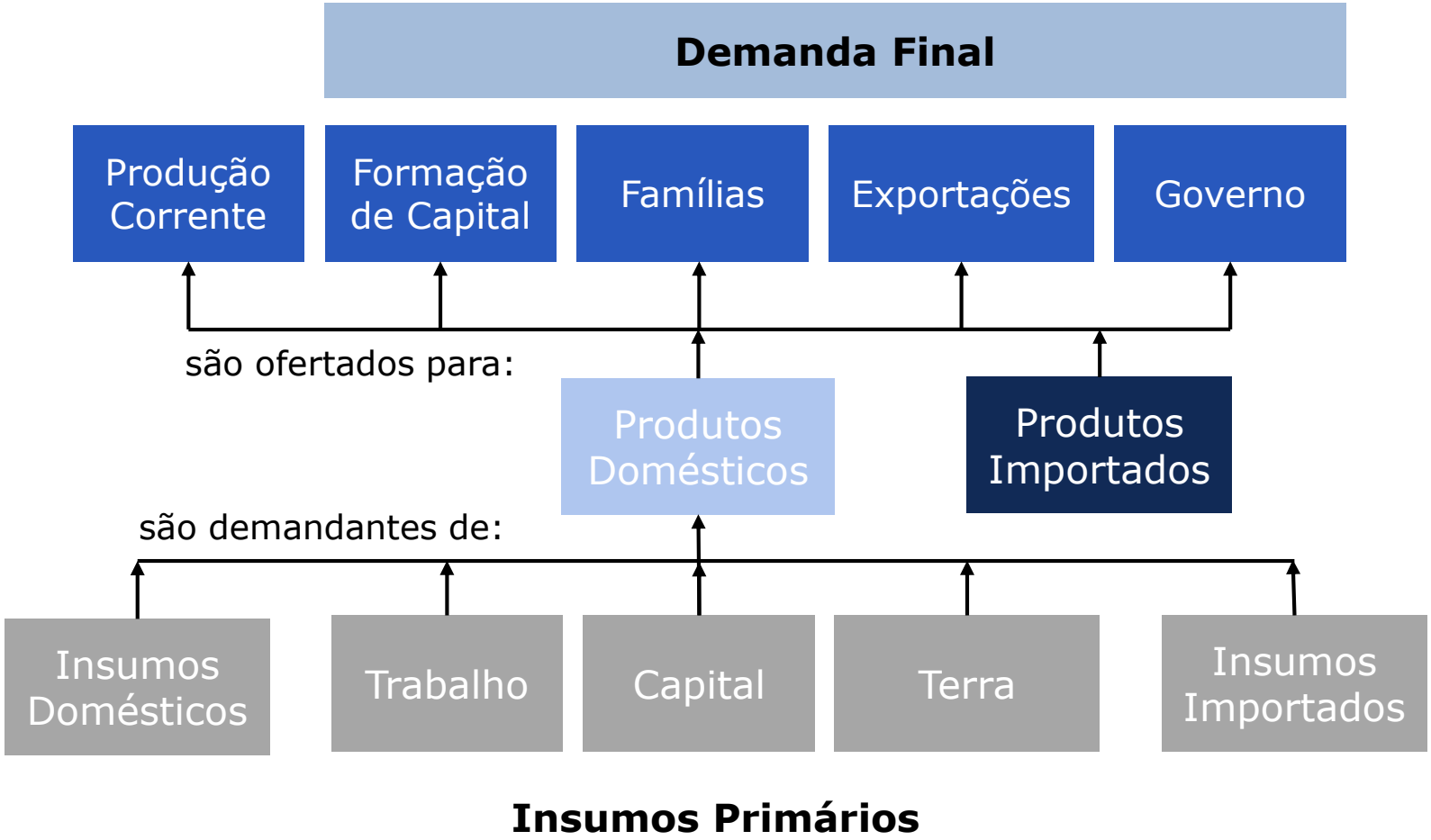
Sistema de Contas Nacionais

Cálculo do PIB pela três óticas

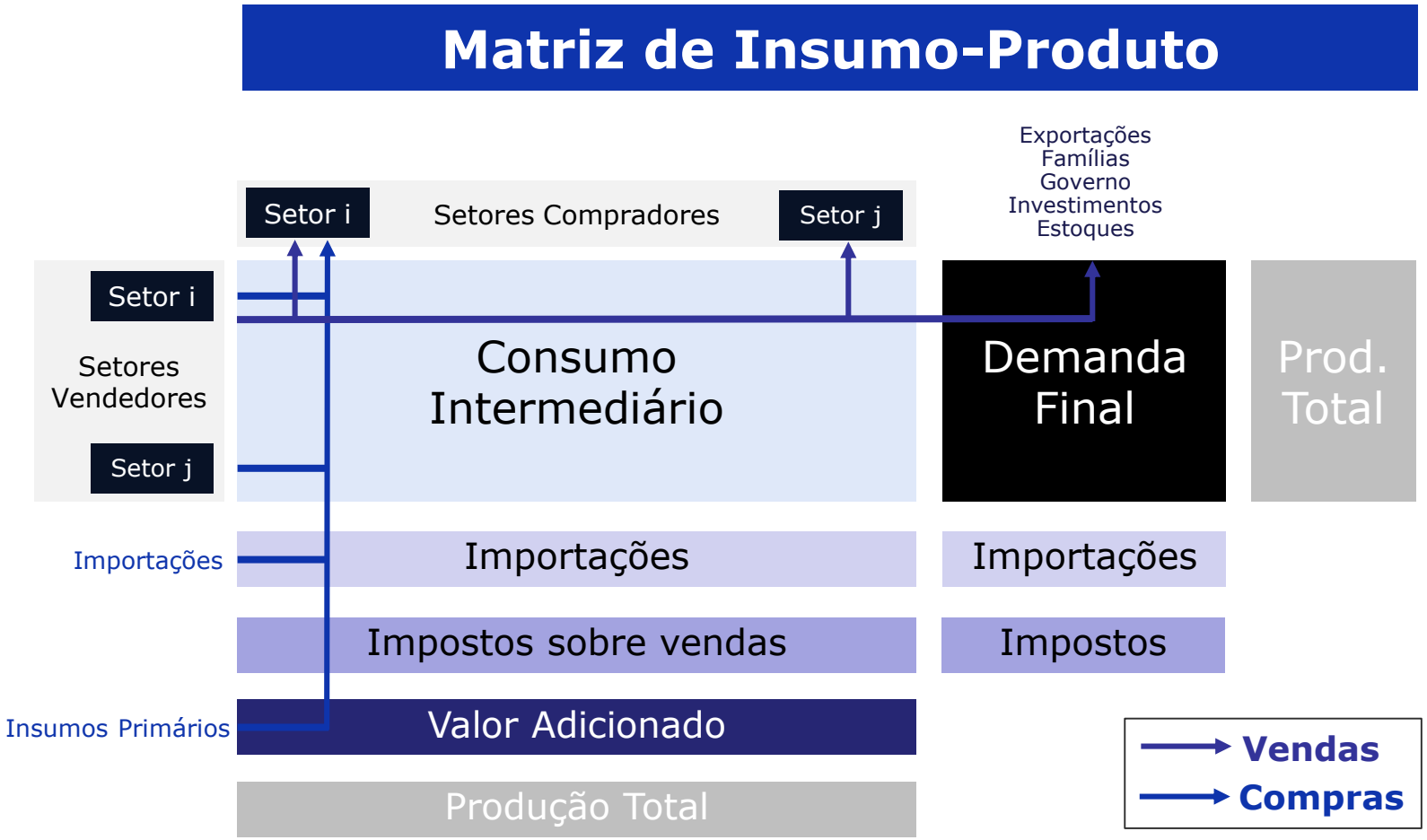
Ótica	Equação descritiva
Produção	PIB a preços de mercado = valor bruto da produção a preços básicos - consumo intermediário a preços de comsumidor + impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos
Despesa	PIB a preços de mercado = despesa de consumo final + formação bruta de capital fixo + variação de estoques + exportação de bens e serviços - importação de bens e serviços
Renda	PIB a preços de mercado = remuneração dos empregados + rendimento misto bruto + excedente operacional bruto + impostos, líquidos de subsídios, sobre a produção e a importação

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais.

Análise de insumo-produto



Análise de insumo-produto



Exemplo numérico

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores		Demanda Final	Demanda Total
		S1	S2	Y	X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		

Fonte: Miller e Blair (2009) – 2.3. An Illustration of Input–Output Calculations (p. 21).

(Primeiro exemplo do arquivo Excel)

Fluxos de insumo-produto

- As transações entre os setores estão dispostas em uma matriz com *n* linhas e *n* colunas, conforme tabela anterior (exemplo numérico).
- Pela **ótica das linhas**, as vendas feitas pelas firmas à esquerda podem ser atribuídas às firmas listadas no topo da coluna:
  - O Setor 1 (S1) vende $150 para o Setor 1 (S1) e $500 para o Setor 2 (S2)
  - O Setor 2 (S2) vende $200 para o Setor 1 (S1) e $100 para o Setor 2 (S2)
- Esta parte da tabela de insumo-produto é chamada de **transações interindustriais** ou **consumo intermediário** – fornece uma fotografia da economia com o foco nas relações intersetoriais.

Fluxos de insumo-produto

- Vale ressaltar que os insumos são expressos em **termos monetários**, uma vez que seria difícil combinar, por exemplo, toneladas de minério de ferro com megawatts de eletricidade, etc.

Fluxos de insumo-produto

Além das **transações intermediárias**, os setores também vendem para outros conjuntos de atividades:

- Consumidores (famílias), governo e mercados externos (exportações).
- Esta parte da tabela de insumo produto é chamada de **demanda final.**
- No exemplo:
  - O Setor 1 (S1) vende $350 para os agentes da demanda final (Y)
  - O Setor 2 (S2) vende $1700 para os agentes da demanda final (Y)

Fluxos de insumo-produto

- Por fim, pela **ótica das colunas**, os setores (firmas) também fazem pagamentos aos fatores de produção, trabalho e capital, e às importações.
- Estes fluxos são mostrados no restante da tabela (**setor de pagamentos**).
  - ***Observação:*** os elementos da demanda final e do valor adicionado não estão desagregados neste exemplo.

Modelo nacional de insumo-produto

- A **tabela de insumo-produto** é basicamente um **sistema contábil** – uma dupla entrada semelhante à preparada por uma empresa em que as vendas e as compras ou ativos e passivos são apresentados, mas, neste caso, para uma economia.
- Para mapear o impacto das mudanças em um setor no restante da economia, Leontief propôs um **modelo econômico**.
- O **modelo de insumo-produto** (ou modelo de Leontief) leva em consideração a **interdependência produtiva** entre os setores.

Modelo nacional de insumo-produto

Exemplo de uma tabela de insumo-produto com 2 setores

Matriz IP		Setores		Demanda Final (Y)				Demanda Total
		S1	S2	Consumo da Famílias (C)	Governo (G)	Investimento (I)	Exportações (E)	X
Setores	S1	z_{11}	z_{12}	c_1	g_1	i_1	e_1	x_1
	S2	z_{21}	z_{22}	c_2	g_2	i_2	e_2	x_2
Importação		M_1	M_2	M_c	M_g	M_i		m
Impostos		t_1	t_2	t_c	t_g	t_i	t_e	t
Valor Adicionado	W	w_1	w_2					w
Produto Total	X	x_1	x_2	c	g	i	e	

z_{ij} - fluxo monetário entre os setores *i* e *j*

c_i - consumo das famílias dos produtos do setor *i*

g_i - gasto do governo junto ao setor *i*

i_i - demanda por bens de investimento produzidos no setor *i*

e_i - total exportado pelo setor *i*

x_i - total de produção do setor *i*

M_i - importação total realizada pelo setor *i*

t_i - total de impostos indiretos líquidos pagos por *i*

w_i - valor adicionado gerado pelo setor *i*

Modelo nacional de insumo-produto

- A economia é dividida em *n* setores, tal que a produção total (produto) do setor *i* é dada por:

$$x_i \equiv z_{i1} + z_{i2} + \cdots + z_{ii} + \cdots + z_{in} + y_i \qquad \forall\ i,j = 1,2,\ldots,n \tag{1}$$

  em que z_{ij} ($\forall\ i,j = 1,2,\ldots,n$) representam as vendas interindustriais do setor *i*; e y_i as vendas para os agentes da demanda final ($y_i = c_i + g_i + i_i + e_i$).

- Reescrevendo a equação (1), temos:

$$x_i \equiv \sum_{j=1}^{n} z_{ij} + y_i \qquad \forall\ i,j = 1,2,\ldots,n \tag{2}$$

Modelo nacional de insumo-produto

Pressupostos principais (1)

- Assumindo que cada um dos setores produz bens e serviços segundo uma "receita" fixa (formalmente conhecida como **função de produção** do tipo Leontief), temos:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad \forall \quad i, j = 1, 2, \ldots, n \tag{3}$$

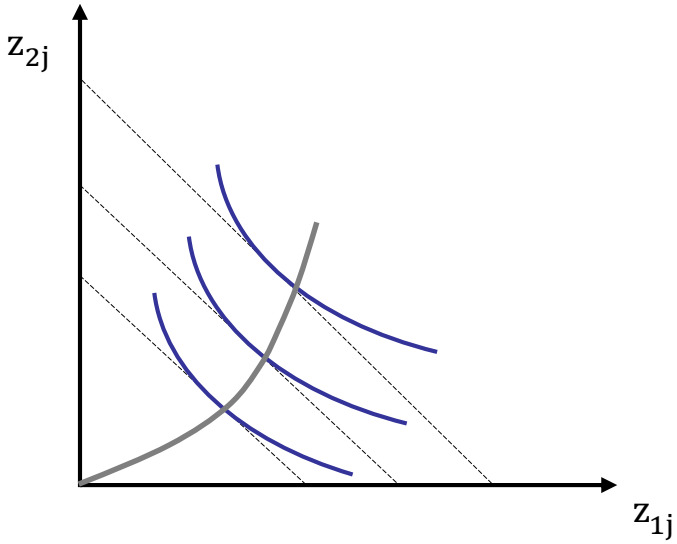
  sendo a_{ij} conhecido como a **razão de insumo-produto** ou **coeficientes técnicos**.

- Esses **coeficientes técnicos** são <u>fixos</u>: os setores usam insumos em proporções fixas.

Modelo nacional de insumo-produto

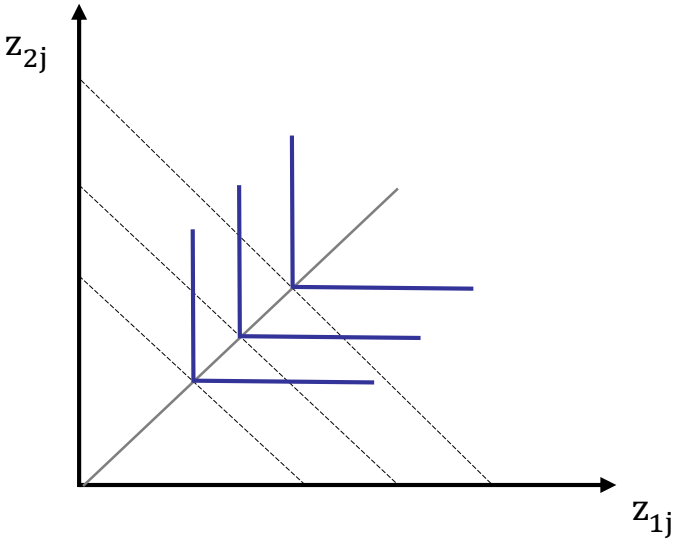
Funções de produção

$$x_j = f\left(z_{1j}, \dots, z_{nj}, W_j, M_j\right)$$



Função de produção bem-comportada clássica

$$x_j = \min\left(\frac{z_{1j}}{a_{1j}}, \dots, \frac{z_{nj}}{a_{nj}}\right)$$



Função de produção Leontief

Fonte: Adaptado de Miller e Blair (2009).

Modelo aberto de Leontief

Pressupostos principais (2)

O segundo pressuposto é de que **a economia é impulsionada por variações da demanda final** (consumidores, governo, exportações) – esta é a parte exógena da economia, enquanto as transações interindustriais respondem a esses sinais e, portanto, são endógenas.

Modelo nacional de insumo-produto

- Utilizando a equação (3), coeficientes técnicos, podemos reescrever a equação (2) como:

$$x_i = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} a_{ij} x_j + y_i \quad \forall \; i,j = 1,2,\ldots,n \tag{4}$$

- Ou em termos matriciais como:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y} \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1i} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2i} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ii} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{ni} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \tag{5'}$$

Modelo nacional de insumo-produto

- Dessa maneira, podemos fazer manipulações algébricas a partir da equação (5), $\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y}$, tal que:

$$\mathbf{x} - \mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{y} \tag{6}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{y} \tag{7}$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \tag{8}$$

em que $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{B}$ é conhecida como a **matriz inversa de Leontief**.

Modelo nacional de insumo-produto

- A equação (8) é a <u>equação básica</u> do **modelo de insumo-produto**. E pode ser representada matricialmente por:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1i} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2i} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{i1} & b_{i2} & \cdots & b_{ii} & \cdots & b_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{ni} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \qquad (8')$$

Modelo nacional de insumo-produto

- A matriz $\mathbf{B}$ representa uma aproximação de séries de potências* de $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$:

$$\mathbf{B} = (\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1} = (\mathbf{I}+\mathbf{A}+\mathbf{A}^2+\mathbf{A}^3+\cdots) \qquad (9)$$

Mas qual o significado econômico da matriz inversa de Leontief $(\mathbf{B})$?

- A matriz $\mathbf{B}$ mostra o requisitos totais (requisitos diretos + indiretos).
- Para entender melhor o significado da matriz $\mathbf{B}$, podemos pensar na equação (8) como uma **análise de impacto.**

**Ver apêndice para mais detalhes.*

Modelo nacional de insumo-produto

Análise de impacto:

$$\Delta\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\Delta\mathbf{y} \tag{10}$$

- Uma variação de demanda $(\Delta\mathbf{y})$ causa um aumento do produto $(\Delta\mathbf{x})$, dada a tecnologia de produção $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$.

- Ou seja, assume-se o pressuposto que a economia é impulsionada por variações na demanda final (**componente exógeno**) dado as relações interindustriais (**componente endógeno**).

Modelo nacional de insumo-produto

Suponha, por exemplo, que a demanda por produtos de determinado setor *j*, tenha aumentado.

O impacto desse aumento pode ser dividido em várias rodadas:

- O impacto inicial corresponderá exatamente ao aumento da produção deste setor *j*;
- Entretanto, para aumentar a produção, o setor *j* demandará insumos dos demais setores;
- Todos os demais setores que fornecem insumos ao setor *j* também terão suas produções alteradas;
- Para aumentar suas produções, esses setores demandarão insumos uns dos outros;
- Este encadeamento eventualmente converge para zero...

Modelo nacional de insumo-produto

- O aumento da demanda final em $\boldsymbol{y}$ requer a produção de $\boldsymbol{y}$, o que demanda insumos para produzir $\boldsymbol{y}\ (= \boldsymbol{A}\boldsymbol{y})$, para produzir $\boldsymbol{A}\boldsymbol{y}\ (= \boldsymbol{A}^2\boldsymbol{y})$, para produzir $\boldsymbol{A}^2\boldsymbol{y}\ (= \boldsymbol{A}^3\boldsymbol{y})$,... e assim por diante...
- Logo, $\boldsymbol{y}$ requer a produção equivalente a:

$$\mathbf{x} = \mathbf{y} + \mathbf{A}\mathbf{y} + \mathbf{A}^2\mathbf{y} + \mathbf{A}^3\mathbf{y} + \cdots = (\underbrace{\mathbf{I}}_{\text{Impacto inicial}} + \underbrace{\mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \cdots}_{\text{Rodadas}})\mathbf{y} \tag{11}$$

Ou de outra maneira:

$$\Delta\mathbf{x} = (\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \cdots)\Delta\mathbf{y} \tag{12}$$

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{B}\Delta\mathbf{y} \tag{13}$$

Exemplo numérico

Para entender melhor as relações entre a base de dados e o modelo de insumo-produto, podemos recorrer à **matriz regional de insumo-produto** com dois setores (exemplo numérico inicial).

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores		Demanda Final	Demanda Total
		S1	S2	Y	X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		

Fonte: Miller e Blair (2009) – 2.3. An Illustration of Input–Output Calculations (p. 21).

Exemplo numérico

- A partir da matriz de insumo-produto (MIP), podemos calcular os **coeficientes diretos** (ou **coeficientes técnicos**).
- Ou seja, tomando como pressuposto de "receita" fixa, temos as transações em forma proporcional.

Matriz A	S1	S2
S1	0,15	0,25
S2	0,20	0,05

- Na análise de IP, uma vez que um conjunto de informações fornece os coeficientes técnicos, assume-se que estes não se alteram.
- **Mas como os coeficientes técnicos são de fato calculados?**

Exemplo numérico

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores S1	Setores S2	Demanda Final Y	Demanda Total X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		

Matriz de coeficientes técnicos (diretos)

Matriz A	S1	S2
S1	0,15	0,25
S2	0,20	0,05

Exemplo: $a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$ → *Coeficiente técnico (direto)*

$$a_{11} = \frac{z_{11}}{x_1} = \frac{150}{1000} = 0{,}15$$

Valor em unidades monetárias de insumos do Setor 1 (S1) por unidade monetária da produção total do próprio setor (S1).

Exemplo numérico

- A partir dos coeficientes técnicos, podemos calcular a **matriz inversa de Leontief** $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$:

$(I-A)^{-1}$	S1	S2
S1	1,254	0,330
S2	0,264	1,122
Total	1,518	1,452

- As entradas revelam os **impactos diretos** e **indiretos** em um setor quando a demanda final do setor no topo da coluna muda em $1 (ou $1 milhão ou $100 milhões).
- Observe que a entrada na diagonal principal é sempre maior que a unidade (>1):
  - o valor unitário representa o aumento da demanda final nesse setor; e
  - a parte restante representa o impacto direto e indireto da expansão.

Exemplo numérico

- A soma das linhas em cada coluna da **matriz inversa de Leontief** mostra os **multiplicadores de produção** para cada setor j:

$$M_j^P = \sum_{i=1}^{n} b_{ij}$$

Multiplicadores de produção →

$(I-A)^{-1}$	S1	S2
S1	1,254	0,330
S2	0,264	1,122
Total	1,518	1,452

- Observe que esses valores variam de 1,518 (Setor 1) a 1,452 (Setor 2) .

- **Como esses valores devem ser interpretados?**
  - Eles fornecem informações sobre o impacto no restante da economia (incluindo o setor em questão) de uma mudança unitária na demanda final em qualquer setor.

Exemplo numérico

- O valor de **1,45** para o Setor 2 nos diz que, para cada aumento de $1 na demanda final desse setor, um valor adicional de **$0,45** de atividade é gerado para um valor total de produção de **$1,45**.

$$M_j^P = \sum_{i=1}^{n} b_{ij}$$

Multiplicadores de produção →

$(I-A)^{-1}$	S1	S2
S1	1,254	0,330
S2	0,264	1,122
Total	1,518	1,452

$$\Delta\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\Delta\mathbf{y}$$

$$\begin{bmatrix}\Delta x_1\\ \Delta x_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1{,}254 & 0{,}330\\ 0{,}264 & 1{,}122\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\ \mathbf{1}\end{bmatrix}$$

Aumento de apenas uma unidade na demanda final do setor 2

$$\begin{bmatrix}\Delta x_1\\ \Delta x_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1{,}254 \times 0 + 0{,}330 \times 1\\ 0{,}264 \times 0 + 1{,}122 \times 1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0{,}330\\ 1{,}122\end{bmatrix}$$

$$\Delta\mathbf{x} = 0{,}330 + 1{,}122 = 1{,}452$$

Exemplo numérico

Por que esses valores variam?

- Eles refletem o grau em que um setor é dependente dos outros setores da economia, por seus insumos e como fonte de consumo de seus produtos.
- Eles dependem da estrutura de produção (a "receita").

Observações:

- Seria incorreto supor que a importância de um setor na economia pode ser sintetizada pelo tamanho do multiplicador.
- Um setor com um grande volume de produção, mas com um multiplicador modesto, pode gerar um maior volume de atividade na região do que um setor com maior multiplicador, mas com um menor volume de produção.

Exemplo numérico

Sistema regional de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores S1	Setores S2	Demanda Final Y	Demanda Total X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		

Exemplo: $\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}$

$(I-A)^{-1}$	S1	S2
S1	1,254	0,330
S2	0,264	1,122
Total	1,518	1,452

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}254 & 0{,}330 \\ 0{,}264 & 1{,}122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 350 \\ 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}254 \times 350 + 0{,}330 \times 1700 \\ 0{,}264 \times 350 + 1{,}122 \times 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1000 \\ 2000 \end{bmatrix}$$

Exemplo numérico

$$\boldsymbol{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \left[\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}15 & 0{,}25 \\ 0{,}20 & 0{,}05 \end{bmatrix}\right]^{-1} \begin{bmatrix} 350 \\ 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - 0{,}15 & 0 - 0{,}25 \\ 0 - 0{,}20 & 1 - 0{,}05 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 350 \\ 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}85 & -0{,}25 \\ -0{,}20 & 0{,}95 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 350 \\ 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}254 & 0{,}330 \\ 0{,}264 & 1{,}122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 350 \\ 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}254 \times 350 + 0{,}330 \times 1700 \\ 0{,}264 \times 350 + 1{,}122 \times 1700 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1000 \\ 2000 \end{bmatrix}$$

Atividade 2a – Modelo nacional de insumo-produto

Dados: Matriz de Insumo-Produto do Brasil, 2017

Para cada um dos cenários abaixo, calcular o impacto sobre valor bruto da produção (VBP) de cada setor de atividade:

1. Um aumento de 9.3230% nas exportações de minério de ferro

2. Um aumento de 0.1204% no consumo das famílias

3. Um aumento nos investimentos (FBCF) equivalente a R$ 5 bilhões

Modelo fechado de Leontief

As famílias recebem renda como forma de pagamento pelos seu trabalho no processo de produção e, como consumidores, gastam seus rendimentos de forma relativamente padronizada segundo sua cesta de consumo.

O modelo aberto de Leontief capta somente os impactos diretos e indiretos ligados às relações técnicas intersetoriais de compra e venda de insumos.

(Segundo exemplo do arquivo Excel)

Modelo fechado de Leontief

Para capturar o canal adicional de transmissão resultante dos efeitos induzidos pela geração de renda e consumo, é preciso "fechar" o modelo em relação às famílias. Em outras palavras, é preciso tornar o consumo das famílias endógeno no modelo.

$$\Delta X \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta Y \rightarrow \Delta X$$

Isso é feito modificando-se a formulação básica do modelo tal que:

- as famílias são movidas da coluna da demanda final para a última coluna da tabela de transações interindustriais;
- o fator produtivo trabalho é movido para a última linha da tabela de transações interindustriais.

Modelo fechado de Leontief

Representação do modelo fechado

$$\begin{bmatrix} x \\ x_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & h_c \\ h_r & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_{n+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y \\ y_{n+1} \end{bmatrix}$$

$$\bar{x} = (\mathbf{I} - \overline{\boldsymbol{A}})^{-1}\bar{y} = \overline{\boldsymbol{B}}\bar{y}$$

$$\overline{\boldsymbol{B}} = (\mathbf{I} - \overline{\boldsymbol{A}})^{-1}$$

h_c= vetor coluna representando os coeficientes de consumo
h_r= vetor linha representando os coeficientes de remuneração do trabalho

Modelo fechado de Leontief

Os coeficientes da matriz $\bar{\boldsymbol{B}}$ serão maiores do que aqueles calculados para o modelo aberto de Leontief.

A diferença entre os coeficientes das matrizes inversa dos dois modelos representa o impacto induzido sobre a produção setorial decorrente da expansão do consumo das famílias. Esse impacto é também chamado de **efeito-renda** na mensuração do multiplicador da produção.

Multiplicadores e geradores

Tipos de multiplicadores

Tipo I: Multiplicadores obtidos a partir do **modelo aberto** de Leontief. Se ocorre a expansão de R$1,00 na demanda final de determinado setor, a produção deste setor deve expandir pelo menos R$ 1,00 e mais um montante adicional devido os encadeamentos produtivos. Da mesma forma, os demais setores expandem a produção devido esse choque inicial.

Tipo II: Multiplicadores obtidos a partir do **modelo fechado** de Leontief. Se ocorre a expansão de R$1,00 na demanda final de um setor, haverá um impacto adicional sobre a renda e o consumo que induz um efeito adicional de aumento na produção do setor no qual o choque teve origem e nos demais setores da economia. Esse tipo de multiplicador **incorpora o chamado efeito-renda**.

Multiplicadores e geradores

Cálculo do multiplicador da produção (ótica para trás)

Tipo I:

$$o_j = \sum_{i=1}^{n} b_{ij} \ , \qquad i, j = 1, \dots, n$$

Tipo II:

$$\bar{o}_j = \sum_{i=1}^{n} \bar{b}_{ij} \ , \qquad i, j = 1, \dots, n$$

Obs.: Note que no multiplicador tipo II não consideramos as linhas e colunas adicionais da matriz $\bar{B}$ (setor n+1).

Multiplicadores e geradores

Decomposição do multiplicador da produção

Efeito total: $ET_j = \bar{o}_j$

Efeito-renda: $ER_j = \bar{o}_j - o_j$

Efeito indireto: $EID_j = o_j - \sum_i a_{ij} - 1$

Efeito direto: $ED_j = \sum_i a_{ij}$

Efeito inicial: $EI_j = 1$

Atividade 2b – Multiplicadores e geradores

Cálculo dos multiplicadores de produção

Dados: Matriz de Insumo-Produto do Brasil, 2017

1. Calcule os multiplicadores da produção do tipo I e tipo II para cada setor de atividade e decomponha os efeitos direto, indireto e renda.

2. Identifique os 5 setores com maior efeito indireto e efeito-renda. Esses setores são os mesmos? Quais fatores poderiam explicar as diferenças entre os setores segundo o tipo de multiplicador?

Dicas: i) para gerar o vetor coluna h_c, divida cada célula do vetor de consumo das famílias pelo valor total da coluna; ii) para gerar o vetor h_r, divida cada célula do vetor de remuneração do trabalho pelo valor de produção do respectivo setor.

Multiplicadores e geradores

Geradores de multiplicador

Podemos usar a formulação básica do modelo de insumo-produto para gerar multiplicadores para diversas variáveis de interesse (*v = valor adicionado, emprego, impostos, etc.).*

Multiplicadores e geradores

Geradores de multiplicador

Considere que v_j refira-se ao valor da variável de interesse para dado setor e c_j represente a relação entre o valor da variável de interesse e o valor bruto de produção:

$$v_j = \frac{v_j}{x_j} x_j = c_j x_j$$

$$v' = \hat{C}.x \quad \rightarrow \quad n \times 1$$

$\hat{C}$ é a matriz diagonal do coeficientes de c.

Multiplicadores e geradores

Geradores de multiplicador

Substituindo x obtemos:

$$v' = \hat{C}.By$$

Assim, o efeito multiplicador da mudança de \$1,0 em na demanda final sobre a variável de interesse é dado por:

$$\frac{\Delta v'}{\Delta y} = \hat{C}.B \quad \rightarrow \text{modelo aberto}$$

$$\frac{\Delta \bar{v}'}{\Delta y} = \hat{C}.\bar{B} \quad \rightarrow \text{ modelo fechado}$$

Multiplicadores e geradores

Geradores de multiplicador

Alternativamente, os geradores de multiplicadores também podem ser calculados como:

$$\frac{\Delta v_j}{\Delta y_j} = \sum_{i=1}^{n} c_i \, b_{ij} \quad \rightarrow \quad \text{modelo aberto}$$

$$\frac{\Delta \bar{v}_j}{\Delta y_j} = \sum_{i=1}^{n} c_i \, \bar{b}_{ij} \quad \rightarrow \quad \text{modelo fechado}$$

Multiplicadores e geradores

Multiplicador

Os multiplicadores são obtidos dividindo-se o gerador setorial pelo respectivo coeficiente *c*:

$$\frac{\Delta v_j}{\Delta y_j} / c_j = \sum_{i=1}^{n} c_i \, b_{ij} / c_j \rightarrow \quad \text{modelo aberto}$$

$$\frac{\Delta \bar{v}_j}{\Delta y_j} / c_j = \sum_{i=1}^{n} c_i \, \bar{b}_{ij} \, / c_j \rightarrow \quad \text{modelo fechado}$$

Exemplo numérico

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores S1	Setores S2	Demanda Final Y	Demanda Total X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		

Emprego	300	800

	S1	S2
Coef. Emprego	0,3	0,4

Exemplo: $w_j^e = \frac{e_j}{x_j}$ → *Coeficiente de emprego*

$$w_1^e = \frac{e_1}{x_1} = \frac{300}{1000} = 0{,}3$$

Para cada 1 unidade monetária de produção, são necessários 0,3 trabalhadores no setor S1

Exemplo numérico

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores S1	Setores S2	Demanda Final Y	Demanda Total X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		
Emprego		300	800		

	S1	S2
Coef. Emprego	0,3	0,4

$(I-A)^{-1}$	S1	S2
S1	1,254	0,330
S2	0,264	1,122
Total	1,518	1,452

Exemplo:

$$G_j^e = \sum_{i=1}^{n} w_j^e \times b_{ij}$$

Multiplicador simples de emprego (ou gerador de emprego)

$$G_1^e = (0{,}3 \times 1{,}254) + (0{,}4 \times 0{,}264)$$

$$G_1^e = 0{,}48$$

Para cada 1 unidade monetária de aumento da demanda final do S1 são gerados 0,48 empregos

Exemplo numérico

Sistema de insumo-produto – setor x setor

Matriz IP		Setores S1	Setores S2	Demanda Final Y	Demanda Total X
Setores	S1	150	500	350	1000
	S2	200	100	1700	2000
Setor de Pagamentos	W	650	1400		
Produto Total	X	1000	2000		
Emprego		300	800		

Exemplo:

	S1	S2
Coef. Emprego	0,3	0,4

$$M_j^e = \frac{G_j^e}{w_j^e}$$ → *Multiplicador de emprego*

Multiplicador simples de emprego (gerador de emprego)

$$G_1^e = 0{,}48$$

$$M_1^e = \frac{0{,}48}{0{,}3} = 1{,}61$$

Para cada posto de trabalho gerado no setor S1, são gerados 1,61 postos de trabalho na economia

Atividade 2c – Multiplicadores e geradores

Geradores de multiplicadores

Dados: Matriz de Insumo-Produto do Brasil, 2017

1. Prepare os coeficientes geradores de multiplicadores (c_i) para as seguintes variáveis: valor adicionado, impostos sobre produtos, e emprego.

2. Calcule os multiplicadores para as variáveis indicadas usando os modelos aberto e fechado de Leontief. Compare os resultados setoriais para cada variável.

Sistema de Contas Nacionais

- Contas Econômicas Integradas - CEI, nas quais se apresenta todo o conjunto de contas dos setores institucionais e do resto do mundo
- **Tabelas de Recursos e Usos - TRU**, que agrupam as atividades econômicas e os produtos (bens e serviços) de acordo com o tipo de transação econômica
- Tabela tridimensional das transações financeiras e dos estoques de ativos e passivos financeiros, na qual estão diretamente representadas as relações entre os setores institucionais (de quem a quem)
- Tabela na qual algumas transações dos setores institucionais são apresentadas de acordo com sua função
- Tabelas de população e emprego

Sistema de Contas Nacionais

Cálculo do PIB pela três óticas

Ótica	Equação descritiva
Produção	PIB a preços de mercado = valor bruto da produção a preços básicos - consumo intermediário a preços de comsumidor + impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos
Despesa	PIB a preços de mercado = despesa de consumo final + formação bruta de capital fixo + variação de estoques + exportação de bens e serviços - importação de bens e serviços
Renda	PIB a preços de mercado = remuneração dos empregados + rendimento misto bruto + excedente operacional bruto + impostos, líquidos de subsídios, sobre a produção e a importação

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais.

Sistema de Contas Nacionais

Aspectos metodológicos para base referência 2010

Adoção de nova classificação de produtos e atividades no Sistema de Contas Nacionais, integrada com a CNAE 2.0, e, consequentemente, com a revisão 4 da Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas - CIIU (International Standard Industrial Classification of all Economic Activities - ISIC)

Introdução dos resultados do Censo Agropecuário 2006, da Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF 2008-2009 e do Censo Demográfico 2010

Aspectos metodológicos para base referência 2010

Atualização da matriz de consumo intermediário com dados da Pesquisa de Consumo Intermediário - PCI 2010 para as seguintes atividades econômicas: extrativa mineral; indústria de transformação; construção civil; e serviços. A atualização da estrutura de consumo intermediário das atividades agropecuárias foi realizada com base no Censo Agropecuário 2006

Atualização das margens de comércio e de transporte com base em pesquisas específicas e na Pesquisa Anual de Serviços - PAS 2010

Sistema de Contas Nacionais

Aspectos metodológicos para base referência 2010

Atualização das estruturas de impostos com base na revisão das alíquotas e nas novas estruturas de consumo

Utilização dos dados da Declaração do Imposto de Renda de Pessoa Física como referência para parte dos resultados do setor institucional Famílias nas CEI

Adoção das recomendações e modificações conceituais e metodológicas apresentadas no manual internacional SNA 2008

Tabelas de Recursos e Usos

Tabelas de Recursos e Usos

I - TABELA DE RECURSOS DE BENS E SERVIÇOS

OFERTA		PRODUÇÃO		IMPORTAÇÃO
A	=	A_1	+	A_2

II -TABELA DE USOS DE BENS E SERVIÇOS

OFERTA		CONSUMO INTERMEDIÁRIO		DEMANDA FINAL
A	=	B_1	+	B_2

COMPONENTES DO VALOR ADICIONADO
C

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais

Critérios de valoração

Preços básicos – conceito que exclui qualquer imposto e qualquer custo de transporte faturado separadamente pelo produtor e inclui qualquer subsídio sobre o produto

Preços de comprador = preços básicos + impostos sobre produtos + margens de comércio e transporte

Tabelas de Recursos e Usos

I - Tabela de Recursos de bens e serviços - Oferta (A)

Código do produto	Descrição do produto	Oferta de bens e serviços				
		Oferta total a preço de comprador	Margem de comércio	Margem de transporte	Impostos líquidos s/ produção	Oferta total a preço básico
01	Agropecuária					
02	Indústria extrativa					
03	Indústria de transformação					
04	Produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana					
05	Construção					
06	Comércio					
07	Transporte, armazenagem e correio					
08	Serviços de informação					
09	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados					
10	Atividades imobiliárias					
11	Outros serviços					
12	Administração, saúde e educação públicas e seguridade social					
	Ajuste CIF/FOB					
Total						

Tabelas de Recursos e Usos

I - Tabela de Recursos de bens e serviços - Produção (A1)

Código do produto	Descrição do produto	Produção das atividades				
		01 Agropecuária	02 Indústria extrativa	...	12 Administração, saúde e educação públicas e seguridade social	Total do produto
01	Agropecuária					
02	Indústria extrativa					
03	Indústria de transformação					
04	Produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana					
05	Construção					
06	Comércio					
07	Transporte, armazenagem e correio					
08	Serviços de informação					
09	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados					
10	Atividades imobiliárias					
11	Outros serviços					
12	Administração, saúde e educação públicas e seguridade social					
	Ajuste CIF/FOB					
Total						

Tabelas de Recursos e Usos

II - Tabela de Usos de bens e serviços - Consumo intermediário (B1)

Código do produto	Descrição do produto	Consumo intermediário das atividades				
		01 Agropecuária	02 Indústria extrativa	...	12 Administração, saúde e educação públicas e seguridade social	Total do produto
01	Agropecuária					
02	Indústria extrativa					
03	Indústria de transformação					
04	Produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana					
05	Construção					
06	Comércio					
07	Transporte, armazenagem e correio					
08	Serviços de informação					
09	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados					
10	Atividades imobiliárias					
11	Outros serviços					
12	Administração, saúde e educação públicas e seguridade social					
Total						

Tabelas de Recursos e Usos

II Tabela de Usos de bens e serviços - Demanda final (B2)

Código do produto	Descrição do produto	Demanda final							
		Exportação de bens e serviços	Consumo do governo	Consumo das ISFLSF	Consumo das famílias	Formação bruta de capital fixo	Variação de estoque	Demanda final	Demanda total
01	Agropecuária								
02	Indústria extrativa								
03	Indústria de transformação								
04	Produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana								
05	Construção								
06	Comércio								
07	Transporte, armazenagem e correio								
08	Serviços de informação								
09	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados								
10	Atividades imobiliárias								
11	Outros serviços								
12	Administração, saúde e educação públicas e seguridade social								
Total									

Tabelas de Recursos e Usos

II Tabela de Usos de bens e serviços - Componentes do Valor adicionado (C)

Transações	Componentes do valor adicionado				
	01 Agropecuária	02 Indústria extrativa	...	12 Administração, saúde e educação públicas e seguridade social	Total do produto
Valor adicionado bruto					
Remunerações					
Salários					
Contribuições sociais efetivas					
Previdência oficial /FGTS					
Previdência privada					
Contribuições sociais imputadas					
Excedente operacional bruto e rendimento misto bruto					
Rendimento misto bruto					
Excedente operacional bruto (EOB)					
Outros impostos sobre a produção					
Outros subsídios à produção					
Valor da produção					
Fator trabalho (ocupações)					

Organização dos dados

Produção secundária

- Compilação dos dados é feita por empresas ou estabelecimentos

Estabelecimento $\rightarrow$ categoria industrial

- De acordo com o produto principal

E se a produção secundária for grande?

- Produção setorial torna-se "enviesada"

<u>Solução</u>: contas produto x indústria

Exemplo numérico

"Make Matrix" (matriz de produção)

		Produtos		Produção total (indústria)
		A	B	
Indústria	A	90	0	90
	B	10	100	110
Produção total (produto)		100	100	

"Use Matrix" (matriz de absorção)

		Indústria		Demanda final	Produção total (produto)
		A	B		
Produto	A	10	10	80	100
	B	10	7	83	100
Valor adicionado		70	93		
Produção total (indústria)		90	110		

Exemplo numérico

	Produto		Indústria		Demanda final	Produção total
	A	B	A	B		
Produto			**U**		**E**	**Q**
A			10	10	80	100
B			10	7	83	100
Indústria	**V**					**X**
A	90	0				90
B	10	100				110
VA			**W**			
			70	93		
Produção total	**Q'**		**X'**			
	100	100	90	110		

Identidades básicas

$$Q_i = u_{i1} + u_{i2} + \ldots + u_{in} + E_i$$
$$X_i = v_{i1} + v_{i2} + \ldots + v_{im}$$
$$X_j = u_{1j} + u_{2j} + \ldots + u_{mj} + W_j$$

Requisito direto (def.)

$$b_{ij} = \frac{u_{ij}}{X_j} \qquad B = U\left(\hat{X}\right)^{-1} \therefore U = B\hat{X}$$

$$\left.\begin{array}{ll} Q = Ui + E & \\ Q = B\hat{X}i + E & \hat{X}i = X \\ Q = BX + E & \end{array}\right\} \text{"commodity balance equation"}$$

Hipóteses de trabalho

Fração da produção do produto *j* produzida pelo setor *i*:

- Produção total de um produto é ofertada pelas indústrias em proporções fixas
- Cotas de mercado fixas
- Hipótese: *industry-based-technology*

$$d_{ij} = \frac{v_{ij}}{Q_j} \qquad D = V\left(\hat{Q}\right)^{-1}$$

Requisitos totais: Caso 1

$$V = D\hat{Q}$$

$$X = Vi$$

$$X = D\hat{Q}i = DQ$$

$$\therefore Q = BDQ + E$$

$$\underbrace{Q = (I - BD)^{-1} E}_{\text{produto x produto}}$$

Requisitos totais: Caso 2

$$Y_i = d_{ij} E_j$$

$$Y = DE \qquad E = D^{-1} Y$$

$$\underbrace{Q = [(I - BD)^{-1} D^{-1}] Y}_{\text{produto por indústria}}$$

Requisitos totais: Caso 3

$$X = DQ \quad \text{e} \quad Q = (I - BD)^{-1} E$$

$$\underbrace{X = [D(I - BD)^{-1}]E}_{\text{indústria por produto}}$$

Requisitos totais: Caso 4

$$D^{-1}X = (I - BD)^{-1}E$$

$$(I - BD)D^{-1}X = E$$

$$(D^{-1} - B)X = E$$

$$D(D^{-1} - B)X = DE$$

$$(I - DB)X = DE$$

$$\underbrace{X = (I - DB)^{-1}Y}_{\text{indústria por indústria}}$$

MIP Brasil 2015

Tabela 01 - Recursos de bens e serviços - 2015
Tabela 02 - Usos de bens e serviços - 2015
Tabela 03 - Oferta e demanda da produção nacional a preço básico - 2015
Tabela 04 - Oferta e demanda de produtos importados a preço básico - 2015
Tabela 05 - Destino dos impostos sobre produtos nacionais - 2015
Tabela 06 - Destino dos impostos sobre produtos importados - 2015
Tabela 07 - Destino da margem de comércio sobre produtos nacionais - 2015
Tabela 08 - Destino da margem de comércio sobre produtos importados – 2015
Tabela 09 - Destino da margem de transporte sobre produtos nacionais - 2015
Tabela 10 - Destino da margem de transporte sobre produtos importados - 2015
Tabela 11 - Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos nacionais - Matriz Bn - 2015
Tabela 12 - Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos importados - Matriz Bm - 2015
Tabela 13 - Matriz de participação setorial na produção dos produtos nacionais - Matriz D - Market Share - 2015
Tabela 14 - Matriz dos coeficientes técnicos intersetoriais - Matriz D.Bn - 2015
Tabela 15 - Matriz de impacto intersetorial - Matriz de Leontief - 2015

MIP Brasil 2015

Os fluxos de recursos e usos estão desagregados ao nível de 127 produtos e 67 setores*.

Os fluxos de usos estão valorados a preços de consumidor, ou seja, a demanda incorpora a produção doméstica, a produção importada e as margens e impostos.

O modelo de insumo-produto requer a conversão dos fluxos de preços ao consumidor para preços básicos e sua representação na dimensão "setor x setor".

A MIP deve refletir as relações de equilíbrio entre oferta e demanda somente para a economia doméstica.

* Na MIP, os setores comércio atacadista e comércio varejista são agregados.

MIP Brasil 2015

Composição das informações das TRUs

	Produtos nacionais	Atividades	Demanda final	Valor da produção
Produtos nacionais		Un	Fn	q
Produtos importados		Um	Fm	
Atividades	V		E	g
Impostos		Tp	Te	
Valor adicionado bruto		y′		
Valor bruto da produção	q′	g′		

MIP Brasil 2015

V - matriz de produção - apresenta para cada atividade o valor bruto da produção de cada um dos produtos;

q - vetor com o valor bruto da produção total por produto;

Un - matriz de consumo intermediário nacional - apresenta para cada atividade o valor consumido de produtos de origem interna;

Um - matriz de consumo intermediário importado - apresenta para cada atividade o valor consumido de produtos de origem externa;

Fn - matriz da demanda final por produtos nacionais - apresenta o valor consumido de produtos de origem interna por categoria da demanda final (consumo final do governo, consumo final das Instituições sem fins de lucro a serviço das famílias, consumo final das famílias, exportações, formação bruta de capital fixo e variação de estoques);

Fm - matriz da demanda final por produtos importados - apresenta o valor dos produtos de origem externa consumidos pelas categorias da demanda final;

MIP Brasil 2015

E - matriz da demanda final por atividade - representa a parcela do valor bruto da produção de uma atividade destinada à demanda final. Estes dados não são observados, são calculados a partir de Fn;

Tp - matriz dos valores dos impostos e subsídios associados a produtos, incidentes sobre bens e serviços absorvidos (insumos) pelas atividades produtivas;

Te - matriz dos valores dos impostos e subsídios associados a produtos, incidentes sobre bens e serviços absorvidos pela demanda final;

g - vetor coluna com o valor bruto da produção total por atividade;

y - vetor coluna com o valor adicionado total gerado pelas atividades produtivas – é considerado como um vetor por medida de simplificação, na prática é uma matriz por atividade com o valor adicionado bruto a preços básicos, as remunerações (salários e contribuições sociais), o excedente bruto operacional (obtido por saldo) e os impostos e subsídios incidentes sobre as atividades.

MIP Brasil 2015

A passagem de preço ao consumidor para preço básico é feita deduzindo-se os destinos de impostos e margens e a importação (tabelas 4 a 10).

A conversão dos fluxos e/ou coeficientes para a dimensão “setor x setor” é feita usando a hipótese de **tecnologia de setor**.

MIP Brasil 2015

Hipótese tecnologia de setor

A tecnologia é uma característica das atividades, isto é, a tecnologia para a produção dos produtos é aquela da atividade que os produz.

Assim, as informações disponíveis são sobre as estruturas de insumo de cada atividade.

As estruturas de insumos dos produtos são calculadas pela média ponderada das estruturas das atividades que os produzem, considerando como peso a participação de cada atividade na produção do produto (*market-share*).

MIP Brasil 2015

A Tabela 13 apresenta a matriz de market-share (matriz D), a qual é utilizada para converter os coeficientes técnicos diretos (matriz Bn – Tabela 11) em dimensão "setor x setor"

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{V}.< q >^{-1}$$

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{D}.\boldsymbol{B_n} \longrightarrow \textbf{Tabela 14}$$

$$\boldsymbol{B} = (\mathbf{I} - \mathbf{D}.\mathbf{B_n})^{-1} \longrightarrow \textbf{Tabela 15}$$

Desafio!

Com base nas matrizes de insumo-produto do Brasil para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015, responda:

Quantos reais (R$ de 2015) de investimento eram necessários para se obter um equivalente-homem-ano?

Faça a análise crítica dos resultados.

Utilizar modelo aberto!

Referências

Estas notas de aula foram adaptadas do material elaborado pelo Prof. Joaquim Guilhoto para o curso "Análise de Insumo-Produto", ministrado no Departamento de Economia da Universidade de São Paulo (USP).

As notas também incluem material preparado pelo Prof. Eduardo Haddad para o curso "Modelos Aplicados de Equilíbrio Geral", oferecido anualmente no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Economia da Universidade de São Paulo (USP).

Agradeço as contribuições de Inácio Araújo e Vinícius Vale, com o aprimoramento do material usado em outras versões do curso.