Mark Horridge
(com seções de Alan Powell)

Centre of Policy Studies and the Impact Project
11th Floor, Menzies Building, Monash University
Wellington Road, Clayton, Victoria, 3800, Australia
http://www.monash.edu.au/policy

MINIBR

Um modelo simplificado de equilíbrio geral para a economia brasileira

Tradução e Adaptação:

Arlei Luiz Fachinello

Cárliton Vieira dos Santos

Marcos Minoru Hasegawa

Revisão Final:

Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho

Edição original: março de 2001

PIRACICABA - São Paulo

Outubro - 2010

Arlei Luiz Fachinello

Doutor em Economia Aplicada - ESALQ
Professor Adjunto, Departamento de Economia, Centro Sócio-Econômico.
Universidade Federal de Santa Catarina
fachinello@hotmail.com

Cárliton Vieira dos Santos

Doutor em Economia Aplicada - ESALQ
Professor Adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) - Campus de Cascavel
R. Universitária, Jd. Universitária, 2069
CEP: 85819-110 Cascavel-PR
carlitonsantos@uol.com.br

Marcos Minoru Hasegawa

Professor, Universidade Federal do Paraná.

Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho

Professor Titular da Universidade de São Paulo
Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA)
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Av. Pádua Dias, 11, Cx. P. 9
CEP: 13418-000 Piracicaba-SP
jbsferre@esalq.usp.br

Sumário

1. Introdução..4
2. Banco de dados do modelo..5
3. As equações do MINIBR...8
3.1. Porque o MINIBR usa equações na forma de variações percentuais.............................9
3.2. Como derivar equações em variações percentuais...10
3.3. A linguagem TABLO...12
3.4. Dimensões do modelo e fluxos de dados...14
3.5. Base de dados agregados..15
3.6. O sistema de equações..16
3.7. Equilíbrio de mercado para produtos..16
3.8. Substituição entre produtos importados e domésticos...18
3.9. Derivando as equações de demanda CES...21
3.10. Estrutura de produção...25
3.11. Demanda por fatores primários...26
3.12. Nível superior do sistema de demandas industriais...28
3.13. Demanda das famílias...30
3.14. Demanda por exportações...34
3.15. Equilíbrio no mercado doméstico e preços..35
3.16. Preços de produtos importados...36
3.17. PIB pelo lado da renda..37
3.18. PIB pelo lado do dispêndio..38
3.19. Mais variáveis macro...39
3.20. Variáveis do mercado de fatores...39
3.21. Atualizando os dados de fluxos...40
3.22. Criando um arquivo sumário de dados..41
4. Precisão das soluções a partir de equações linearizadas..43
7.1. Uma interpretação estático-comparativa dos resultados do modelo...........................59
8. Avançando em direção a modelos de EGC mais complexos...61

1. Introdução

Este documento descreve o MINIBR, um modelo simplificado de Equilíbrio Geral Computável (EGC) para a economia brasileira, baseado no MINIMAL para a economia australiana. São descritos neste documento o banco de dados, a teoria, o método computacional e os resultados de uma simulação. O MINIBR, assim como o MINIMAL, foi desenvolvido para propósitos didáticos. Ele omite algumas das características presentes em modelos EGC, mas mantém intactas as idéias principais. Espera-se que o MINIBR dê aos leitores um rápido entendimento sobre:

- A maneira como a teoria microeconômica convencional (minimização de custo, maximização de utilidade, etc.) fundamenta as equações estruturais do modelo;
- O uso de funções de produção e de funções utilidade "aninhadas";
- Como os dados das tabelas de insumo-produto são usados nas equações do modelo;
- Os procedimentos computacionais e as vantagens e desvantagens da linearização.

O MINIBR é também construído com o propósito de introduzir os leitores à prática de construção e uso de um modelo EGC com a interface de programas do GEMPACK. O GEMPACK automatiza o processo de tradução da especificação do modelo para um programa de solução do próprio modelo. O usuário do GEMPACK não precisa de habilidade em programação. Ao contrário, o usuário cria um arquivo de texto, listando as equações do modelo. A sintaxe deste arquivo assemelha-se à notação algébrica convencional. A partir daí, o programa TABLO do GEMPACK traduz este arquivo texto em um programa modelo-específico que resolve o modelo.

Este documento é sugerido como um ponto de partida para pesquisadores que desejem usar o GEMPACK para rodar e modificar modelos mais sofisticados que o MINIBR. Ele inclui uma noção do sistema GEMPACK e uma descrição completa da especificação teórica do modelo estruturado no arquivo TABLO, que implementa o modelo no GEMPACK.

Uma versão de demonstração do GEMPACK, suficiente para implementar todos os procedimentos apresentados neste texto, pode ser obtida gratuitamente no *site* http://www.monash.edu.au/policy/gpeidl.htm .

O restante deste documento está organizado como segue. A seção 2 descreve o banco de dados insumo-produto do MINIBR. A seção 3 detalha a estrutura teórica. A seção 4 explica o algoritmo de solução. Na seção 5 é discutido o fechamento: a seleção das variáveis endógenas e exógenas. A seção 6 dá uma idéia a respeito da *suíte* de programação do GEMPACK. A Seção 7 trabalha do início ao fim uma simulação implementada. Os resultados são interpretados e usados para enfatizar algumas das implicações da teoria subjacente ao modelo. A seção final contém breves observações conclusivas.

2. Banco de dados do modelo

A Figura 1 é uma representação esquemática do banco de dados insumo-produto do MINIBR. Ela revela a estrutura básica do modelo. Na parte superior da figura, os cabeçalhos das colunas (uma matriz de absorção), identificam os seguintes demandantes de produtos:

(1) produtores domésticos divididos em I indústrias (setores);

(2) um comprador agregado de bens de investimento;

(3) uma única família representativa;

(4) um comprador estrangeiro agregado de exportações; e

(5) o governo.

		Matriz de Absorção					
		1	2	3	4	5	
		Indústrias	Investidores	Famílias	Exportação	Governo	Total de Vendas
	Dimensão	I	1	1	1	1	
Fluxos Domésticos	C	USE(commodity,"dom",user)					
Fluxos Importados	C	USE(commodity,"imp",user)					
Trabalho	1	FACTOR (trabalho)					
Capital	1	FACTOR (capital)					
Impostos s/ Produção	1	V1PTX					

C = Número de *commodities* = 7

I = Número de indústrias = 7

	Impostos sobre Importação
Dimensão	1
C	V0MTX

Figura 1 - Banco de dados do MINIBR

As entradas em cada coluna mostram a estrutura das compras feitas pelos agentes identificados no cabeçalho da coluna. Cada um dos C tipos de *commodities* (produtos) identificados no modelo podem ser obtidos localmente ou importados do exterior. As *commodities* são usadas pelas indústrias como insumos para produção corrente e formação de capital, são consumidas pelas famílias e governos, ou são exportadas. Somente bens produzidos domesticamente aparecem na coluna exportação (veja Tabela 1 na página seguinte). Além de insumos intermediários, a produção corrente requer como insumos dois fatores primários: trabalho e capital. Existem impostos sobre ambos os tipos de bens, domésticos e importados.

Cada célula na matriz de absorção ilustrada na Figura 1 contém o nome da matriz de dados correspondente, a ser utilizado mais tarde. Por exemplo, FACTOR é uma matriz com 2 linhas (Trabalho e Capital) e 7 colunas mostrando o dispêndio de cada indústria com fatores primários.

Tabela 1 - Banco de dados do MINIBR (em R$ milhões, 1996)

	Usuários											
	Indústrias							**Demandas Finais**				
	Agropec	Minerac	Manufat	Agroindus	ComTransp	ConstCivil	Servicos	Investimento	ConsFamilias	Exportacao	ConsGoverno	**Total**
Doméstico												
Agropec	14.565	1.051	6.128	38.693	0	7	3.484	4.366	26.086	1.759	0	**96.140**
Minerac	461	29.387	24.065	2.103	250	13.408	1.035	2.093	2.674	10.303	0	**85.779**
Manufat	9.178	9.221	65.010	9.207	23.003	9.588	18.326	26.368	54.339	17.398	0	**241.638**
Agroindus	4.431	140	3.234	32.077	682	68	9.546	2.371	71.611	14.769	0	**138.930**
ComTransp	3.807	4.512	12.455	8.684	10.825	4.861	14.498	4.479	69.358	5.743	0	**139.222**
ConstCivil	4	216	463	196	505	4.177	4.889	100.696	10	0	0	**111.157**
Servicos	4.035	11.937	23.891	10.020	27.296	3.991	72.303	1.915	208.106	3.051	144.001	**510.545**
Importado												
Agropec	376	5	29	1.476	0	0	20	447	561	0	0	**2.912**
Minerac	13	2.526	4.799	82	15	675	73	403	173	0	0	**8.760**
Manufat	655	857	17.353	951	1.968	781	2.678	10.713	6.066	18	0	**42.040**
Agroindus	86	9	152	2.785	32	5	397	101	2.873	0	0	**6.439**
ComTransp	3	101	170	126	1.029	11	114	81	685	0	0	**2.320**
ConstCivil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Servicos	79	152	633	173	718	113	3.058	185	4.055	0	0	**9.166**
Trabalho	8.671	10.309	28.414	13.185	54.512	12.138	217.286					**344.514**
Capital	48.801	12.058	45.897	14.386	9.892	49.313	138.683					**319.030**
Imp. s/ Produção	974	3.299	8.947	4.786	8.495	12.019	24.157					**62.676**
Custo Total	**96.140**	**85.779**	**241.638**	**138.930**	**139.222**	**111.157**	**510.545**	**154.218**	**446.595**	**53.042**	**144.001**	**2.121.267**
Imp. de Importação	87	588	2.909	477	23	0	40					

Obs: A diferença existente entre a soma de colunas ou linhas e seus respectivos totais são devido ao processo de arredondamento.

Os valores numéricos para estas matrizes são mostrados na Tabela 1 (página anterior), que é derivada das Tabelas Insumo-Produto do Brasil, referentes ao ano de 1996. Dados deste tipo (normalmente contendo entre 50 e 200 indústrias) estão disponíveis para a maioria de países. Tabelas insumo-produto para países distintos podem estar organizadas de maneiras diferentes. As principais características da Tabela 1 são:

- Os fluxos de *commodities* estão valorados a preços ao produtor[1]. Como exemplo, considere o uso da *commodity* Manufat (manufaturas) pelo setor Agropec (agropecuária): 9.178. Esta grandeza inclui o valor dos impostos indiretos aplicados a este fluxo, mas não inclui o valor das margens de comércio e de transporte, que deve também ser pago pelo usuário. Os demais fluxos aparecem em suas próprias linhas, como por exemplo, as vendas diretas de ComTransp (comércio e transporte) para cada usuário. Alguns bancos de dados incluem matrizes de margens, mostrando quanto de margem é empregado em cada fluxo.
- Para cada bem importado e para cada bem doméstico existe apenas um número mostrando quanto de imposto é arrecadado sobre o uso daquele bem. Por exemplo, 8.947 milhões de reais são arrecadados sobre o uso de manufaturas (isto é, pelo bem produzido pela indústria Manufat) produzidas domesticamente e 2.909 milhões sobre o uso de manufaturas importadas. Sem mais informações, deve-se assumir que todos os diferentes usuários de cada bem pagam a mesma alíquota de imposto. Para alguns modelos EGC, o banco de dados inclui matrizes de impostos, mostrando como as alíquotas de impostos sobre *commodities* diferem entre os usuários. Freqüentemente encontram-se menores alíquotas de impostos sobre as exportações ou sobre o investimento[2].
- Para cada setor o custo total de produção (incluindo impostos) é igual ao valor total das vendas domésticas. Isto sugere que cada produto é produzido por apenas uma indústria. No mundo real, é comum verificar, por exemplo, que a indústria de calçados produz um pouco de roupas, e que a indústria de vestuário produz um pouco de calçados. Estas informações seriam registradas em uma outra matriz, chamada matriz de produção, que mostra a produção de cada produto por cada indústria.
- Não há dado relativo a impostos diretos ou transferências. Por exemplo, embora o dispêndio das famílias seja descrito em detalhe, existe pouca informação sobre a renda das famílias. Para computar esta última seriam necessárias mais informações, incluindo: o volume de impostos diretos; o montante de lucros enviados a proprietários estrangeiros de firmas locais; salários recebidos do exterior (trabalhadores migrantes), e assim por diante. Para alguns países estas informações estão disponíveis na forma de uma matriz de contabilidade social (*Social Accounting Matrix* – SAM).

[1] Como no MINIBR não há impostos indiretos (todos os impostos são considerados sobre a produção), o preço ao produtor se confunde com o preço básico.

[2] Sendo um modelo simplificado, o MINIBR também não inclui impostos indiretos sobre o consumo final. Desta forma, o valor destes impostos está ausente do banco de dados.

O banco de dados para um modelo EGC mais complexo poderia também ter mais linhas e colunas que o banco de dados do MINIBR. Outros fatores primários poderiam ser incluídos, tais como terra, ou diferentes tipos de trabalho. Poderiam existir diversas colunas para famílias, correspondendo a diferentes grupos de renda, ou ainda uma coluna de investimento para cada indústria.

Exemplo Numérico de Variação Percentual

Termo de 2ª ordem desprezado

Forma em nível	$Z = X^*Y$
Forma em variação absoluta	$\Delta Z = Y^*\Delta X + X^*\Delta Y$ **[+ $\Delta X^*\Delta Y$]**
multiplicando por 100	$100^*\Delta Z = 100^*Y^*\Delta X + 100^*X^*\Delta Y$
definindo x = variação % em X, tem-se:	$X^*x = 100^*\Delta X$
Assim	$Z^*z = X^*Y^*x + X^*Y^*y$
dividindo por $Z = X^*Y$ obtém-se:	$z = x + y \Rightarrow$ Forma em variação percentual
Iniciando com	X = 4, Y = 5, então Z = 20
Supondo	x = 25%, y = 20% [isto é, X: 4 $\Rightarrow$ 5, Y: 5 $\Rightarrow$ 6]
Aproximação linear:	$z = x + y$ tem-se que $z = 45\%$
Resultado verdadeiro:	Z = 30 (= 5*6) = 50% acima do valor original (20)

O erro de 5% corresponde ao termo de segunda ordem que foi desprezado: $z = x + y +$ **[x*y/100]**

Nota: o choque é reduzido por um fator 10 e o erro por um fator 100.

3. As equações do MINIBR

Cada fluxo no banco de dados do modelo é o resultado da multiplicação de um preço por uma quantidade. O modelo é constituído de equações explicando cada um destes fluxos. A teoria subjacente a estas equações é típica de um modelo EGC estático. Estas equações descrevem:

- as condições de equilíbrio de mercado para produtos e fatores primários;
- as demandas dos produtores por insumos e por fatores primários;
- as demandas finais (investimento, famílias, exportação e governo);
- a relação de preços para custos de oferta e impostos; e
- algumas variáveis macroeconômicas e índices de preços.

Equações de oferta e demanda para agentes privados são derivadas de soluções de problemas de otimização (minimização de custo, maximização de utilidade, etc.) nos quais se assumem para os agentes comportamentos subjacentes aos da teoria microeconômica neoclássica convencional. Assume-se que os agentes são tomadores de preços, com produtores operando em mercados competitivos que impedem o surgimento de lucro puro.

3.1. Porque o MINIBR usa equações na forma de variações percentuais

Por razões computacionais prefere-se escrever as equações do modelo na forma de variações percentuais, isto é, ao invés de:

$A = B + C$ ou $Z = X*Y$

Escreve-se,

$A*a = B*b + C*c$ ou $z = x + y$

A notação convencional aqui é de letras minúsculas – a, b, c, x, y e z – representando pequenas variações percentuais nos valores das equações em níveis (originais): A, B, C, X, Y e Z. Deste modo:

$A*a = 100*\Delta A$ = 100 vezes a variação absoluta em A.

Note que a segunda dentre as equações em níveis acima, Z = X*Y, é não-linear, enquanto as equações na forma de variações percentuais são lineares. Existem técnicas computacionais eficientes para resolver sistemas de equações lineares, enquanto sistemas não-lineares podem ser trabalhosos para serem resolvidos.

Pode-se representar um sistema de equações lineares em notação matricial como:

$$A*y + B*x = 0 \quad (1)$$

Aqui, **y** é o vetor de variáveis endógenas (aquelas variáveis explicadas pelo modelo) e **x** é o vetor de variáveis exógenas (cujos valores são determinados fora do modelo). **A** e **B** são matrizes de coeficientes: cada linha dessas matrizes corresponde a uma equação do modelo; cada coluna corresponde a uma única variável. É possível expressar **y** em termos de **x** da seguinte forma:

$$y = - A^{-1}*B*x \quad (2)$$

sendo $\mathbf{A^{-1}}$ a inversa de **A** (**A** deve ser quadrada, e o número de variáveis endógenas deve ser igual ao número de equações). Um modelo de equilíbrio geral pode ter milhares ou até mesmo milhões de variáveis e o cálculo de $\mathbf{A^{-1}*B}$ não é trivial. O GEMPACK acelera a tarefa explorando o fato de que quase todos os elementos de **A** e **B** são zero, uma vez que cada equação envolve apenas umas poucas variáveis.

A forma linearizada (ou variação percentual) de uma equação é, de fato, apenas uma aproximação local para a equação em nível, tendo um elevado grau de precisão somente para variações percentuais pequenas. Resolvendo o sistema linear certo número de vezes o GEMPACK é capaz de encontrar uma solução exata para as equações em níveis, como é explicado em uma seção mais adiante.

3.2. Como derivar equações em variações percentuais

Usando os princípios acima, uma equação em nível, por exemplo,

$$Y = X^2 + Z$$

é transformada na forma de variação percentual tomando primeiro as diferenciais totais:

$$dY = 2X*dX + dZ$$

As variações percentuais x, y e z são definidas como:

$$y = 100*\frac{dY}{Y} \quad \text{ou} \quad dY = \frac{Y*y}{100}, \qquad \text{de forma semelhante,} \quad dX = \frac{X*x}{100} \quad \text{e} \quad dZ = \frac{Z*z}{100}$$

Deste modo, a equação em nível torna-se:

$$\frac{Y*y}{100} = 2*X*\frac{X*x}{100} + \frac{Z*z}{100} \qquad \text{ou} \qquad Y*y = 2*X^2*x + Z*z$$

Na prática tais derivações formais raramente são necessárias. A maioria das equações na forma de variações percentuais segue determinados padrões que os modeladores logo reconhecem. Alguns destes padrões são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Padrões para equações em variações percentuais

Padrão	(A) Forma original ou em nível	(B) Forma intermediária	(C) Forma de variação percentual
1	$Y = 4$	$Y.y = 4*0$	$y = 0$
2	$Y = X$	$Y.y = X.x$	$y = x$
3	$Y = 3.X$	$Y.y = 3.X.x$	$y = x$
4	$Y = X.Z$	$Y.y = X.Z.x + X.Z.z$	$y = x + z$ ou $y = x + 100.(X/Y).\Delta Z$
5	$Y = X/Z$	$Y.y = (X/Z).x – (X/Z).z$	$y = x – z$ ou $100.(Z).\Delta Y = X.x – X.z$ ou $100.\Delta Y = Y.(x – z)$
6	$X_1 = M/4P_1$	$X_1.x_1 = (M/4P_1).m – (M/4P_1).p_1$	$x_1 = m – p_1$
7	$Y = X^3$	$Y.y = X^3.3.x$	$y = 3x$
8	$Y = X^\alpha$	$Y.y = X^\alpha.\alpha.x$	$y = \alpha.x$ (assumindo α constante)
9	$Y = X + Z$	$Y.y = X.x + Z.z$	$y = S_x.x + S_z.z$, onde $S_x=X/Y$, etc
10	$Y = X – Z$	$Y.y = X.x – Z.z$	$y = S_x.x – S_z.z$ ou $100.(\Delta Y) = X.x – Z.z$
11	$P.Y = P.X + P.Z$	$P.Y.(y+p) = P.X.(x+p)+P.Z.(z+p)$ ou $P.Y.y = P.X.x + P.Z.z$	$y = S_x.x + S_z.z$ onde $S_x = PX/PY$, etc
12	$Z = \Sigma X_i$	$Z.z = \Sigma X_i.x_i$ ou $0 = \Sigma X_i.(x_i–z)$	$z = \Sigma S_i.x_i$ onde $S_i = X_i/Z$
13	$X.P = \Sigma X_i.P_i$ (somando valores)	$X.P.(x + p) = \Sigma X_i.P_i.(x_i + p_i)$ ou $V.(x + p) = \Sigma V_i.(x_i + p_i)$ onde $V_i = P_i.X_i$ e $V = \Sigma V_i$	$x + p = \Sigma S_i.(x_i + p_i)$ onde $S_i = V_i/V$
14	$X = \Sigma X_i$ onde todo X_i tem o mesmo preço P	$X.x = \Sigma X_i.x_i$ ou $P.X.x = \Sigma PX_i.x_i$ ou $V.x = \Sigma V_i.x_i$ onde $V_i = P_i.X_i$ e $V = \Sigma V_i$	$x = \Sigma S_i.x_i$ onde $S_i = V_i/V$
15	$X.P = \Sigma X_i.P_i$ (índice de preço e quantidade)	$V.(x + p) = \Sigma V_i.(x_i + p_i)$ onde $V_i = P_i.X_i$ e $V = \Sigma V_i$	$Vx = \Sigma V_i.x_i$ ou $0 = \Sigma V_i.(x – x_i)$ $Vp = \Sigma V_i.p_i$ ou $0 = \Sigma V_i.(p – p_i)$

A coluna (B) na Tabela 2 corresponde, aproximadamente, à forma diferencial total da coluna (A) e pode ser considerada como um passo a caminho de coluna (C). Alternativamente, pode-se usar a coluna (B) diretamente, seja porque é mais simples ou para evitar operar com participações (variações percentuais).

A segunda forma alternativa na coluna (C), para o padrão 10, mostra como variações percentuais e variações absolutas (ordinárias) podem ser combinadas. Ela é baseada na identidade $Y*y = 100*\Delta Y$. Veja também o padrão 5.

Variáveis somente podem ser adicionadas ou subtraídas (como nos padrões 9 e 12) quando estão na mesma unidade. Adicionando quantidades, normalmente é possível identificar um preço comum. Multiplicando as expressões aditivas por um preço comum, expressam-se os coeficientes de equações de variação percentual como funções de valores, em lugar de quantidades, tornando desnecessária definir unidades físicas (compare os padrões 9, 11 e 14).

3.3. A linguagem TABLO

A descrição do modelo MINIBR é feita no arquivo TABLO que o implementa no GEMPACK. O texto completo do arquivo TABLO é apresentado numa seqüência de extratos (seções) e complementado por tabelas, figuras e texto explicativo.

A linguagem TABLO na qual o arquivo é escrito é essencialmente álgebra convencional, com nomes para variáveis e coeficientes escolhidos para serem sugestivos de suas interpretações econômicas. Alguma prática é requerida para os leitores se familiarizarem com a notação TABLO, mas isto não é mais complexo que a notação algébrica ordinária. A familiaridade permite pronto acesso aos programas GEMPACK usados para fazer simulações com o modelo e para converter os resultados para a forma legível. Tanto as entradas quanto as saídas desses programas empregam a notação TABLO. Além disso, a familiaridade com o formato TABLO é essencial para os usuários que desejem fazer modificações na estrutura do modelo. Desta forma, esta seção continua com uma breve introdução à linguagem TABLO – outros detalhes podem ser esclarecidos à medida que forem surgindo.

O TABLO descreve as equações do modelo em variações percentuais. Por exemplo, no MINIBR a seguinte equação define, para cada indústria, o preço médio de fatores primários:

```
Equation E_p1prim
(all,i,IND) V1PRIM(i)*p1prim(i)
             = FACTOR("Trabalho",i)*p1lab + FACTOR("Capital",i)*p1cap(i);
```

A primeira palavra, ‘Equation’, é uma palavra-chave que define o tipo de declaração. A seguir vem o identificador para a equação, que deve ser único. O texto descritivo entre os símbolos ‘#’ é opcional – ele não aparece na equação acima, mas aparece em certos arquivos de relatório. A expressão ‘(all, i, IND)’ significa que a equação é matricial, contendo uma equação para cada elemento do conjunto IND.

Dentro da equação, a convenção consiste no uso de letras minúsculas para as variáveis em mudança percentual (p1prim, p1lab e p1cap) e letras maiúsculas para coeficientes (V1PRIM e FACTOR). O sufixo ‘(i)’ indica que variáveis e coeficientes são vetores, com elementos que correspondem ao conjunto IND. Um ponto-e-vírgula sinaliza o fim da declaração.

O conjunto de caracteres do TABLO é bastante restrito, podendo ser usado apenas dígitos, letras romanas e alguns sinais de pontuação. Letras gregas e subscritos não são permitidos, e o asterisco, '*', deve substituir o símbolo de multiplicação '×'.

Conjuntos (*sets*), coeficientes e variáveis devem ser declaradas explicitamente, através de declarações como:

```
Set
  IND # Indústrias #  (Agropec, Minerac, Manufat, Agroindus, ComTransp,
Constcivil, Servicos);                         ! subscrito i !
  FAC # Fatores primários # (Labour, Capital);  ! subscrito f !
Coefficient
  (all,f,FAC)(all,i,IND) FACTOR(f,i) # Salários e lucros #;
  (all,i,IND)            V1PRIM(i)   # Salários mais lucros #;
Variable
  (all,i,IND) p1prim(i)  # Preço do fator primário composto #;
              p1lab      # Taxa de salário #;
  (all,i,IND) p1cap(i)   # Renda (aluguel) do capital #;
```

Como as duas últimas declarações no bloco 'Coefficient' e as três últimas no bloco no 'Variable' ilustram, palavras-chave iniciais (tais como 'Set', 'Coefficient' e 'Variable') podem ser omitidas se a declaração anterior for do mesmo tipo. Algumas das declarações acima contêm um comentário, ou seja, texto marcado entre exclamação (!). O TABLO ignora comentários.

Os coeficientes normalmente têm seus valores lidos de um outro arquivo, como:

```
Read FACTOR from file BASEDATA header "1FAC";
```

ou devem ser calculados a partir de outros coeficientes usando declaração de fórmula:

```
Formula (all,i,IND) V1PRIM(i) = sum{f,FAC,FACTOR(f,i)};
```

O lado direito da última declaração emprega a notação de adição do TABLO, equivalente à notação $\sum$ usada na álgebra convencional. Ela define a soma sobre um índice f do conjunto FAC dos coeficientes de custo de insumos, V(f).

Os exemplos de declarações listados acima ilustram a maioria dos tipos de declaração requerida para o modelo. Mas, uma vez que todos os conjuntos, variáveis e coeficientes devem ser definidos antes de serem usados, e os coeficientes devem assumir valores antes de aparecerem em equações, é necessário que a ordem das declarações no TABLO seja quase o contrário da ordem que aparece acima. O arquivo TABLO do MINIBR é ordenado como segue:

- definição dos conjuntos ('Set');
- declarações de coeficientes ('Coefficient') usados freqüentemente, os quais são lidos de arquivos com declarações 'Read' associadas;
- declarações de outros coeficientes usados freqüentemente, que são calculados dos dados usando declaração de fórmula ('Formula');

- grupos de equações ('Equation') relacionadas tematicamente, que introduzem novas variáveis ('Variable') conforme a necessidade; e
- declarações de atualização ('Update'), que serão explicadas mais tarde.

3.4. Dimensões do modelo e fluxos de dados

O Extrato 1 do arquivo TABLO define conjuntos de rótulos para os componentes das variáveis vetoriais. Por convenção, nomes de conjuntos aparecem em letra maiúscula. Por exemplo, a primeira declaração é para ser lida como definindo um conjunto chamado 'IND' que contém a descrição das indústrias.

```
! Extrato 1 do arquivo TABLO: !
! Conjuntos e dados de fluxos !

Set    ! Categorias de Usuários: colunas da matriz insumo-produto !
 IND # Industrias # (Agropec,Minerac,Manufat,Agroindus,ComTransp,Constcivil,
                    Servicos);                              ! subscrito i !
 FINALUSER #Demandantes finais#(Investmento,ConsFamilias,Exportacao,ConsGoverno);
 USER # Todos os usuarios # = IND union FINALUSER;          ! subscrito u !
 IMPUSER # Demandantes de não-exportados: usuários de importados #
  (Agropec,Minerac,Manufat,Agroindus,ComTransp,Constcivil,Servicos,Investmento,
   ConsFamilias,ConsGoverno);
Subset
 IMPUSER is subset of USER;
 IND     is subset of IMPUSER;

Set  ! Categorias de insumos: linhas da matriz insumo-produto !
 COM # Commodities # (Agropec, Minerac, Manufat, Agroindus, ComTransp,
Constcivil, Servicos);                                        ! subscrito c !
 SRC # Origem das commodities #  (dom,imp);                   ! subscrito s !
 FAC # Fatores primarios # (Trabalho, Capital);               ! subscrito f !

Coefficient
 (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,USER) USE(c,s,u)  # Matriz de uso (USE) #;
 (all,f,FAC)(all,i,IND)            FACTOR(f,i) # Salários e lucros #;
 (all,i,IND)                       V1PTX(i)  # Receita de impostos sobre producao#;
 (all,c,COM)                       V0MTX(c)  # Receita de imposto de importacao #;

File BASEDATA # Arquivo de dados de fluxos #;
Read
 USE        from file BASEDATA header "USE";
 FACTOR     from file BASEDATA header "1FAC";
 V0MTX      from file BASEDATA header "0TAR";
 V1PTX      from file BASEDATA header "1PTX";
```

Para esta versão do MINIBR as classificações de indústria e produto são as mesmas, em número de sete. O MINIBR não permite multi-produção, ou seja, a produção de vários produtos por uma mesma indústria ou a produção de um mesmo produto por várias indústrias. Embora os conjuntos COM e IND tenham, no MINIBR, os mesmos elementos, é conveniente manter a distinção lógica entre eles.

O TABLO não impede que dois elementos de conjuntos diferentes tenham o mesmo nome, e nem, em tal caso, estabelece alguma conexão entre eles. A declaração 'Subset' à qual está associada à lista de elementos de IMPUSER é utilizada para que o TABLO entenda que os elementos de IMPUSER correspondem aos primeiros elementos do conjunto USER.

A segunda parte do Extrato 1 define coeficientes para os dados de fluxos (valores), os quais constituem a maior parte do banco de dados do MINIBR. Essas matrizes (USE,FACTOR,etc) são todas representadas na Figura 1. A matriz USE é tridimensional. O qualificador (all,c,COM) significa que o subscrito 'c' lê todos os sete produtos (*commodities*) listados na Tabela 1. Analogamente, (all,s,SRC) significa que o subscrito 's' toma os valores 'dom' e 'imp', correspondendo aos bens produzidos domesticamente e importados. Finalmente, (all,u,USER) significa que o subscrito 'u' refere-se a todos os usuários - os cabeçalhos nas colunas da Tabela 1. Assim, USE contém os gastos com cada bem, de cada uma das origens, por cada usuário.

Os valores nas matrizes de dados são lidos de um arquivo de entrada chamado, no TABLO, de BASEDATA. "BASEDATA" é um nome lógico, ou seja, indica ao programa que haverá um arquivo associado a este nome. O nome verdadeiro do arquivo de dados (incluindo informações de pasta e drive) é especificado mais tarde, na hora de rodar uma simulação.

Cada item está associado a um *header* particular. Esses *headers* são nomes, contendo até quatro letras, que identificam a localização de cada item dentro do arquivo BASEDATA.

3.5. Base de dados agregados

A próxima parte do arquivo TABLO define vários coeficientes, que são agregações dos fluxos lidos do arquivo de dados básicos. Elas correspondem, principalmente, aos totais das linhas e colunas da Figura 1 e Tabela 1. Como esses coeficientes são usados em várias equações, eles são definidos previamente.

```
! Extrato 2 do TABLO: !
! Agregações úteis do banco de dados !

Coefficient
 (all,c,COM)(all,u,USER) USE_S(c,u) # Matriz de USO, soma dom+imp #;
 (all,u,USER)            USE_CS(u)  # Dispêndio total por usuário #;
 (all,c,COM)(all,s,SRC)  SALES(c,s) # Valor total das vendas #;
 (all,i,IND)             V1PRIM(i)  # Salários mais lucros #;
 (all,i,IND)             V1TOT(i)   # Custos das indústrias #;
 (all,c,COM)             V0CIF(c)   # Importações Agregadas a preco CIF #;
Formula
 (all,c,COM)(all,u,USER) USE_S(c,u) = sum{s,SRC,USE(c,s,u)};
 (all,u,USER)            USE_CS(u)  = sum{c,COM,USE_S(c,u)};
 (all,c,COM)(all,s,SRC)  SALES(c,s) = sum{u,USER,USE(c,s,u)};
 (all,i,IND)             V1PRIM(i)  = sum{f,FAC,FACTOR(f,i)};
 (all,i,IND)             V1TOT(i)   = V1PRIM(i) + sum{c,COM,USE_S(c,i)};
(all,c,COM)              V0CIF(c)   = SALES(c,"imp") - V0MTX(c);
```

Considere a fórmula acima para USE_S(c,u). Ela é obtida somando os componentes doméstico e importado da matriz de dados original USE(c,s,u). A adição do "_S" significa que a soma está sendo feita sobre o subscrito 's' de USE. Isto é:

$$\text{USE\_S}(c,u) = \sum_{s \in SRC} \text{USE}(c,s,u) = \text{USE}(c,\text{"dom"},u) + \text{USE}(c,\text{"imp"},u)$$

A notação ∑ não está disponível no computador. Na linguagem TABLO escreve-se:

```
(all,c,COM)(all,u,USER) USE_S(c,u) = sum{s,SRC,USE(c,s,u)};
```

O qualificador (all,c,COM) significa que o subscrito 'c' engloba todos os sete produtos, enquanto (all,u,USER) significa que o subscrito 'u' engloba todos os usuários. Sum{s,SRC, significa, somar 'dom' e 'imp' (os dois elementos de SRC).

3.6. O sistema de equações

O restante do arquivo TABLO é uma especificação algébrica da forma linear do modelo, com as equações organizadas em vários blocos. Cada declaração 'Equation' começa com um nome que geralmente se refere à variável do lado esquerdo. Exceto onde especificado diferentemente, as variáveis estão em variações percentuais. Variáveis estão em letras minúsculas e coeficientes em maiúsculas. A maioria dos coeficientes foi definida nos Extratos 1 e 2. Os leitores que acompanharam o arquivo TABLO até aqui não deverão ter dificuldades em ler as equações na notação TABLO. A seguir são feitos alguns comentários sobre a teoria subjacente a cada um dos blocos de equação.

3.7. Equilíbrio de mercado para produtos

O Extrato 3 do arquivo TABLO contém as equações que agregam as demandas por usuário, por origem e por produto. Quando c = "manufat", identifica o segundo produto (veja Tabela 1), se s =

“dom”, identifica que a origem dos bens manufaturados é local (ou seja, *dom*éstico). Para esta combinação específica de ***c*** e ***s***, a equação E_x0 representa a demanda total por manufaturas (isto é, pelo bem “manufat”) produzidas domesticamente, obtida pela soma das demandas de cada usuário. Com base na Tabela 1 verifica-se que estes usuários são as sete indústrias que usam manufaturas (o bem “manufat”) produzidas domesticamente como insumo intermediário para a produção, mais as demandas finais dos investidores, das famílias, do governo e dos países estrangeiros (= “exportacao”).

```
! Extrato 3 do TABLO: !
! Demandas totais por produtos !

Variable
 (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,USER)
                    x(c,s,u) # Demanda do usuario u, pelo bem c, de origem s #;
 (all,c,COM)(all,s,SRC) x0(c,s) # Demanda total pelo bem c, de origem s #;

Equation E_x0
 (all,c,COM)(all,s,SRC) SALES(c,s)*x0(c,s)= sum{u,USER,USE(c,s,u)*x(c,s,u)};
```

A equação E_x0 envolve variáveis na forma de variação percentual. Em nível esta equação seria escrita como:

$$X0(c,s) = \sum_{u \in USER} X(c,s,u) \qquad (3)$$

sendo as letras maiúsculas a representação em níveis das letras minúsculas correspondentes. Assim, X0(c,s) é a quantidade total demandada do produto c da origem s, enquanto x0(c,s) é a variação percentual na demanda total pelo produto c da origem s. Já X(c,s,u) é a quantidade demandada pelo usuário u, do produto c, da origem s, enquanto x(c,s,u) é a variação percentual correspondente.

A notação convencional, usando letras maiúsculas para níveis e letras minúsculas para variações percentuais, é muito útil para exposição e será usada ao longo de todo este texto. Além disso, adota-se dentro do TABLO a convenção de usar letras minúsculas para representar variáveis na forma de variação percentual. Porém, esta convenção não pode ser entendida pelo programa que implementa o modelo especificado no arquivo TABLO. Para o programa, o que segue é idêntico: X(c,s,u), x(c,s,u), X(C,S,U) e x(C,S,U). Isto não constitui uma limitação uma vez que no arquivo TABLO nunca é necessário se referir diretamente aos valores em níveis das variáveis. Isto ficará mais claro mais à frente, na medida em que se for avançando na explicação do TABLO.

Para derivar a equação E_x0 a partir de (3) o primeiro passo é encontrar um padrão apropriado na Tabela 2 para se linearizar (3). Usando a primeira opção no padrão 14B obtém-se:

$$X0(c,s).x0(c,s) = \sum_{u \in USER} X(c,s,u).x(c,s,u) \qquad (4)$$

Agora, relacionam-se os termos da equação (4) aos fluxos de valores do banco de dados. É importante notar aqui que todos os usuários pagam o mesmo preço; assim P(c,s), o preço do bem c originado de s, não precisa de um identificador para o usuário. Multiplicando ambos os lados da equação (4) por P(c,s) obtém-se:

$$P(c,s).X0(c,s).x0(c,s) = \sum_{u \in USER} P(c,s).X(c,s,u).x(c,s,u) \qquad (5)$$

Da Figura 1 nota-se que o fluxo USE(c,s,u) corresponde ao termo P(c,s).X(c,s,u) no lado direito da expressão (5). USE(c,s,u) também é a notação usada para este fluxo no arquivo TABLO. Quando s = “dom”, indica que se refere ao bloco de fluxos domésticos do banco de dados, e quando s = “imp”, se refere ao bloco de fluxos importados. O termo P(c,s).X0(c,s) à esquerda da equação (5) corresponde à soma sobre os usuários de USE(c,s,u). Esta soma é chamada SALES(c,s) no arquivo TABLO e corresponde ao total de vendas na Figura 1. Substituindo os termos em letras maiúsculas de (5) pelos seus respectivos nomes no TABLO, obtém-se:

$$SALES(c,s).x0(c,s) = \sum_{u \in USER} USE(c,s,u).x(c,s,u) \qquad (6)$$

O lado direito da equação E_x0 é justamente o lado direito da equação (6) escrita na linguagem TABLO. Lembrando que COM refere-se ao conjunto de produtos (*commodities*) e que SRC refere-se ao conjunto das origens. Os comandos (all,c,COM) e (all,s,SRC) na equação E_x0 orienta o *software* para calcular o lado esquerdo de (6) para todos os produtos (*commodities*) e para ambas as origens. Uma vez que a notação $\sum$ não está disponível no computador, o lado direito de (6) é substituído pela seguinte expressão na linguagem TABLO:

sum{u,USER,USE(c,s,u)*x(c,s,u)**}.**

3.8. Substituição entre produtos importados e domésticos

Cada indústria e cada demandante final substituem-se entre versões produzidas domesticamente e importadas de cada produto. Para cada bem e para cada usuário, a razão entre as parcelas de compras domésticas e importadas é uma função apenas dos preços relativos do bem das duas origens. A mesma forma funcional se aplica em todos os casos: derivada da função de produção *Constant-Elasticity-Substitution* (CES), a qual é extensamente utilizada nos modelos EGC. Para um bem e um usuário particular – por exemplo, uso de “Manufat” pelas famílias (“ConsFamilias”) – as três equações seguintes na forma de variação percentual determinam a razão importado/doméstico:

$p = S_d.p_d + S_m.p_m$	preço médio das “Manufat” domésticas e importadas	(7)
$x_d = x - \sigma.(p_d - p)$	demanda por “Manufat” domésticas	(8a)
$x_m = x - \sigma.(p_m - p)$	demanda por “Manufat” importadas	(8b)

Todas as seis variáveis (x, x_d, x_m, p, p_d, p_m) estão em variações percentuais. x_d e x_m são as demandas por "Manufat" domésticas e importadas, com p_d e p_m sendo os preços correspondentes. x é a demanda global por "Manufat", e p é uma média de preços doméstico e importado. x e p às vezes são chamados também de demanda e preço para o bem composto "Manufat". S_d e S_m são as participações de cada origem no dispêndio total com "Manufat" (por este usuário). Finalmente, σ é a elasticidade de substituição entre "Manufat" domésticas e importadas, também conhecida como elasticidade de Armington[3], um número que geralmente situa-se entre 0,5 e 3,0.

As três equações acima determinam as variáveis [p, x_d, x_m]. As variáveis restantes [x, p_d, p_m] são determinadas em outro lugar no modelo. As equações para a função de produção CES são apresentadas na próxima seção.

O efeito das três equações é que:

- se a razão de preços doméstico e importado não muda, x_d e x_m acompanharão a demanda pelo bem composto, x.
- se o preço do bem importado, p_m, aumenta relativamente ao preço doméstico, p_d, a razão de insumo importado por insumo doméstico cairá (vice-versa se o preço doméstico aumenta mais).

Como um exemplo numérico, suponha que o preço do importado p_m reduza em 10%, com x e p_d inalterados (ou seja, $x = p_d = 0$). Seja $S_m = 0{,}3$ e $\sigma = 2$. Isto leva a:

$$p = -0{,}3*10 = -3 \qquad (7')$$

$$x_d = -2(- \ -3) = -6 \qquad (8a')$$

$$x_m = -2(-10 \ - \ -3) = 14 \qquad (8b')$$

Em outras palavras, as importações mais baratas conduziram a um aumento de 14% no volume importado e uma queda de 6% na demanda doméstica. O efeito sobre as vendas domésticas é proporcional a ambos, S_m e σ.

[3] Paul Armington, economista do FMI, em 1969 sugeriu em que bens de diferentes origens fossem modelados como um agregado CES.

```
! Extrato 4 do TABLO: !
! Decisão quanto a origem imp/dom para todos os usuários exceto de exportações!

Variable
 (all,c,COM)(all,s,SRC)       p(c,s) # Preço ao usuário do bem c, origem s #;
 (all,c,COM)(all,u,IMPUSER) p_s(c,u) # Preço ao usuário do bem composto c #;
 (all,c,COM)(all,u,IMPUSER) x_s(c,u) # Uso do bem compostos c #;
Coefficient
 (all,c,COM) SIGMA(c) # Elasticidade de substituição: doméstico/importado #;
 (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,IMPUSER) SRCSHR(c,s,u) # Share imp/dom #;
Read SIGMA from file BASEDATA header "ARM";
Formula (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,IMPUSER)
   SRCSHR(c,s,u) = USE(c,s,u)/USE_S(c,u);
Equation E_x
 (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,IMPUSER)
   x(c,s,u) = x_s(c,u) - SIGMA(c)*[p(c,s) - p_s(c,u)];
Equation E_p_s
 (all,c,COM)(all,u,IMPUSER) p_s(c,u) = sum{s,SRC, SRCSHR(c,s,u)*p(c,s)};
```

O Extrato 4 representa as equações (7), (8a) e (8b), na linguagem TABLO, para cada produto e para cada usuário. Por exemplo, a equação (7):

$$p = S_d.p_d + S_m.p_m$$

é escrita como:

```
(all,c,COM)(all,u,IMPUSER)    p_s(c,u) = sum{s,SRC,SRCSHR(c,s,u)*p(c,s)};
```

O qualificador (all,s,SRC) na equação E_x soma sobre ‘dom’ e ‘imp’, de modo que esta equação implementa as equações (8a) e (8b).

A equação (7) poderia ser usada para substituir a variável p das equações (8a) e (8b), de modo que as equações de demanda tornar-se-iam:

$$x_d = x - \sigma.S_m.(p_d - p_m) \tag{8a''}$$

$$x_m = x - \sigma.S_d.(p_m - p_d) \tag{8b''}$$

Esta forma de escrevê-las permite que se veja diretamente a própria elasticidades-preço e elasticidade preço-cruzada. Também poderiam ser derivadas as duas seguintes equações úteis:

$$x = S_d.x_d + S_m.x_m$$

$$x_d - x_m = - \sigma.(p_d - p_m)$$

A primeira é uma forma da função de produção (assumindo minimização de custo: isto porque os coeficientes são participações nos custos). A segunda mostra que a elasticidade de substituição, σ, pode ser interpretada como a mudança proporcional na razão dos insumos pela mudança nos preços relativos dos insumos.

3.9. Derivando as equações de demanda CES

Na seção anterior foram apenas apresentadas as equações de demanda CES na forma de variação percentual. Nesta seção aquelas equações são derivadas a partir da função (de produção) agregadora CES.

Cada usuário combina versões domésticas e importadas de cada produto para produzir um "bem composto". Por exemplo, as famílias combinam "Manufat" domésticas e importadas para produzir "Manufat" compostas. Cada uma das curvas na Figura 2, chamadas isoquantas, mostra as diferentes combinações de insumos doméstico e importado que geram a mesma quantidade do bem composto. Por exemplo, a curva mais próxima da origem dos eixos mostra todas as combinações de importado-doméstico que produzem 10 unidades do bem composto. Analogamente a curva mais afastada da origem mostra combinações que gerariam 15 unidades. Assume-se que estas curvas podem ser representadas pela equação de CES:

$$X^{\alpha} = \left[\frac{X_d}{A_d}\right]^{\alpha} + \left[\frac{X_m}{A_m}\right]^{\alpha}$$

em que X_d e X_m são quantidades do produto doméstico e importado, respectivamente, e X é a produção do bem composto. A_d, A_m e α são parâmetros, com $\alpha < 1$. Isoquantas diferentes correspondem a diferentes valores de X.

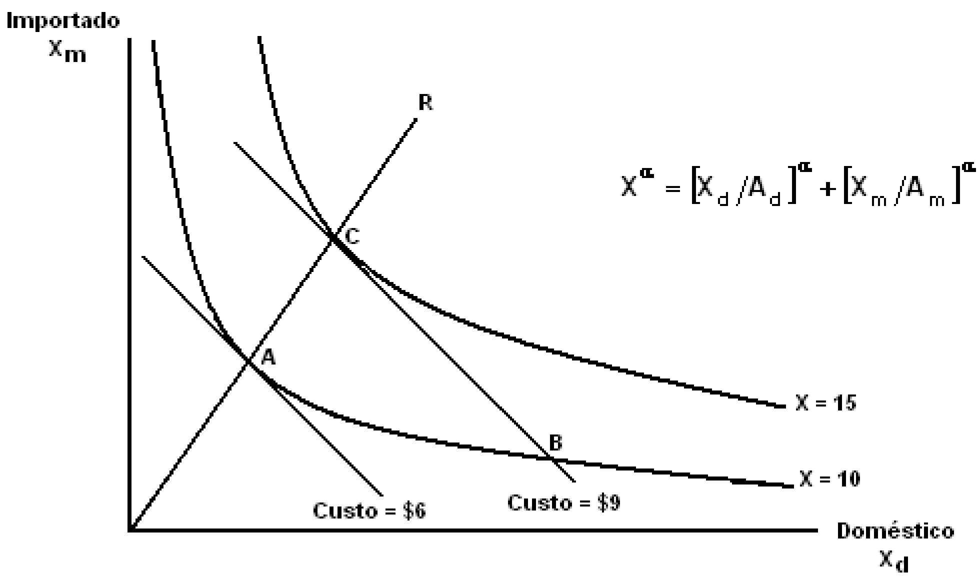

Figura 2 - Isoquantas da função de agregação CES

A função CES tem a propriedade de retornos constantes à escala: dobrando (ou triplicando) as quantidades de ambos os insumos, a produção (X), será também dobrada (ou triplicada). Isto significa que a isoquanta X = 15 tem justamente a mesma forma que a isoquanta X = 10: ela simplesmente é 50% maior e 50% mais afastada da origem. Então, traçando-se um raio R a partir da origem ele cortará cada isoquanta ao mesmo ângulo.

As linhas retas negativamente inclinadas na Figura 2 são linhas de isocusto: elas mostram as diferentes combinações de insumos doméstico e importado que resultam no mesmo custo total. Por exemplo, a linha mais próxima à origem dos eixos mostra todas as combinações importado-doméstico que resultam num custo total de $6. Analogamente, a linha reta mais afastada da origem mostra combinações que custam $9. As equações das linhas de isocusto são:

$$C = X_d.P_d + X_m.P_m$$

onde C é custo total, e P_d e P_m são os preços doméstico e importado. Assume-se que o usuário trata estes preços como dado: ele é um tomador de preço, alguém que não pode afetar os preços dos insumos. Cada razão de preço (P_d/P_m) dá lugar a um único conjunto de linhas de isocusto paralelas. Se ambos os preços dobrassem, o custo associado com cada linha dobraria, mas a inclinação (= $-P_d/P_m$) não mudaria.

Está claro, a partir da isoquanta mais próxima à origem na Figura 2, que nem todas as formas de produzir 10 unidades de bem composto são igualmente minimizadoras de custo. Por exemplo, no ponto B obtém-se 10 unidades de produção a um custo de $9 (custo unitário de 90 centavos). No ponto A a mesma produção custa apenas $6 (custo unitário de 60 centavos). Realmente, com base nas linhas de isocusto mostradas na Figura 2, o ponto A, onde a linha de preço é tangente a isoquanta X=10, é a combinação de custo mínimo. Assume-se que cada usuário sempre escolherá a combinação de custo mínimo associado a cada quantidade X. A determinados preços todas estas combinações estarão ao longo do raio R. Assim, é possível deduzir que:

- a demanda por cada insumo é proporcional à quantidade do bem composto X;
- a demanda por cada insumo é função da relação de preços [P_m/P_d];
- o custo unitário mínimo depende de P_m e P_d, mas não de X (o custo unitário no ponto A e no ponto C = 60 centavos).
- se P_m e P_d dobram, o custo unitário mínimo de X também dobrará.

Fica claro também que, distanciando um pouco do ponto A, ao longo da mesma isoquanta, o custo unitário não aumentará muito. Isso é ilustrado na Figura 3, que mostra o custo unitário (para dados preços de insumos) como uma função da razão dos insumos. Realmente, para a combinação de custo mínimo, pequenas variações nos insumos não afetarão em nada o custo unitário de produção.

Figura 3 - Custo unitário como função da razão dos insumos

Até agora se assumiu que os preços dos insumos P_d e P_m estavam fixos. A Figura 4 mostra o efeito de variação nestes preços. A linha PR1 corresponde ao custo mínimo de 10 unidades de produção à razão de preço inicial. PR2 corresponde ao (provavelmente diferente) custo mínimo de uma nova razão de preços. A mudança na razão de preços dos insumos causa mudança na combinação de custo mínimo de A para B. O tamanho da variação depende da curvatura da isoquanta: se fosse mais aplainada (α mais próximo de 1) a variação seria maior.

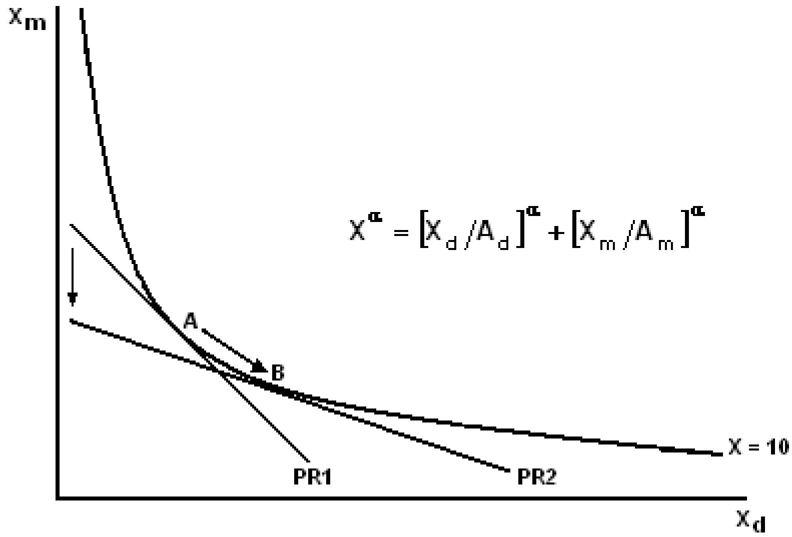

Figura 4 - Efeito de uma variação no preço

Agora será demonstrado como as proporções dos insumos dependem dos preços dos insumos para a função CES agregadora. Assume-se que cada usuário tenha escolhido uma combinação minimizadora de custo. Define-se também o custo unitário de produção, P, tal que:

$$X.P = X_d.P_d + X_m.P_m \qquad \text{ou} \qquad P = \frac{[X_d.P_d + X_m.P_m]}{X}$$

Lembre-se que, próximo ao custo mínimo ótimo, pequenas variações nas quantidades de insumo não afetam P: nesse ponto P é uma função apenas dos preços dos insumos P_d e P_m. Isso significa que, aumentando X_d em \$1 unidade, o valor da produção aumentará em \$1 unidade. Em outras palavras, um aumento pequeno em X_d (dX_d) resultará em um pequeno aumento na produção (dX), tal que:

$$P.dX = P_d.dX_d$$

Outro caminho para encontrar dX é diferenciar totalmente a função de produção CES:

$$X^{\alpha} = \left[\frac{X_d}{A_d}\right]^{\alpha} + \left[\frac{X_m}{A_m}\right]^{\alpha}$$

Assumindo que X_m não muda, temos[4]:

$$X^{\alpha}.\frac{dX}{X} = \left[\frac{X_d}{A_d}\right]^{\alpha}.\frac{dX_d}{X_d}$$

Adicionando-se \$1 unidade de X_d ($dX_d = 1/P_x$), adiciona-se \$1 ao custo mínimo ($dX = 1/P$)

$$X^{\alpha}.\frac{1}{X.P} = \left[\frac{X_d}{A_d}\right]^{\alpha}.\frac{1}{X_d.P_d}$$

Rearranjando:

$$\frac{X_d.P_d}{X.P} = \frac{[X_d/A_d]^{\alpha}}{X^{\alpha}} = S_d$$ é a participação de X_d no custo toal.

Na forma de variação percentual tem-se:

$$x_d + p_d - (x + p) = \sigma.(x_d - x)$$

assim: $p_d - p = (\sigma - 1).(x_d - x)$

logo $x_d = x - \sigma.(p_d - p)$ onde $\sigma = 1/(1 - \sigma)$ (8a)

Repetindo todos os passos para X_m, obtem-se:

$$x_m = x - \sigma.(p_m - p) \quad (8b)$$

Muitos modelos EGC (mas não o MINIBR) usam formas CES com mais de 2 insumos. Nesse caso as equações em variação percentual são:

$x_i = x - \sigma.(p_i - p)$ i = 1...n, demanda pelo insumo i, e

$p = \sum_{i=1}^{n} S_i.p_i$ é o preço médio dos insumos

Dois casos especiais surgem:

---

4 Lembre-se que $d(X^{\alpha}) = \alpha.X^{\alpha-1}dX = \alpha.[X^{\alpha}/X].dX$ e $d([X_d/A_d]^{\alpha}) = \alpha.[X_d/A_d]^{\alpha-1}(1/A_d).dX_d = \alpha.[X_d/A_d]^{\alpha}[A_d/X_d].(1/A_d).dX_d = \alpha.[X_d/A_d]^{\alpha}.(1/X_d).dX_d$.

- se σ = 0, então a demanda por cada insumo simplesmente segue a produção: nesse caso a estrutura de demanda é denominada de Leontief[5].
- se σ = 1, então a despesa com cada insumo segue o custo total: $x_i + p_i = x + p$ para i = 1...n

Esta é a estrutura de demanda Cobb-Douglas[6], em que as participações no custo não mudam.

3.10. Estrutura de produção

No MINIBR a produção de cada setor é uma função dos insumos utilizados:

Produção = F(insumos) = F(trabalho, capital, bens domésticos 1-7, bens importados 1-7) (9)

Utilizando-se uma série de hipóteses de separabilidade para simplificar a estrutura de produção, a função F pode então ser escrita como:

Produção = F(fator primário composto, bens compostos 1-7) (10)

em que, para cada setor o "fator primário composto" é ele próprio uma agregação CES (elasticidade de substituição constante) de capital e trabalho:

Fator primário composto = CES (trabalho, capital) (11)

e, como foi visto acima, os bens compostos são agregados CES de bens produzidos domesticamente e equivalentes importados:

Bem composto (i) = CES(bem doméstico (i), bem importado (i)) (12)

Estas suposições permitem descrever as demandas por insumo do setor como uma série de *ninhos*, mostrado na Figura 5. No topo, bens compostos e um composto de fatores primários são combinados usando uma função de produção Leontief. Por conseguinte, eles são todos demandados em proporção direta à produção (X1TOT). Embora todos os setores compartilhem esta estrutura de produção comum, proporções dos insumos e os parâmetros comportamentais podem variar entre os setores.

Uma maneira de pensar a respeito deste "aninhamento" é imaginar que o produtor divide suas decisões sobre insumos em diferentes estágios. Primeiro, o fabricante de sapato decide quanto de couro usar – baseado na produção de sapato. Então, as proporções importado/doméstico de couro são decididas, dependendo dos preços relativos do couro de fontes locais ou estrangeiras.

A estrutura aninhada é refletida nas equações do TABLO – cada ninho requer 2 ou 3 equações. Começa-se da parte de baixo na Figura 5 e caminha-se para cima. As equações para

[5] Wassily Leontief (1906-1999), o pioneiro da análise insumo-produto, era um economista russo que foi para Harvard em 1932 e lá permaneceu por muitos anos.

[6] Paul Douglas (1892-1976) era um pacifista religioso, economista do trabalho, herói de guerra, e senador dos EUA. Em 1927 ele pediu ao professor de matemática, Charles Cobb, para ajudá-lo a inventar uma função de produção com a propriedade de retornos constantes à escala.

determinar as razões importado/doméstico de insumos materiais já foram explicadas (para todos os usuários) em seções anteriores. Logo, inicia-se com o ninho capital-trabalho.

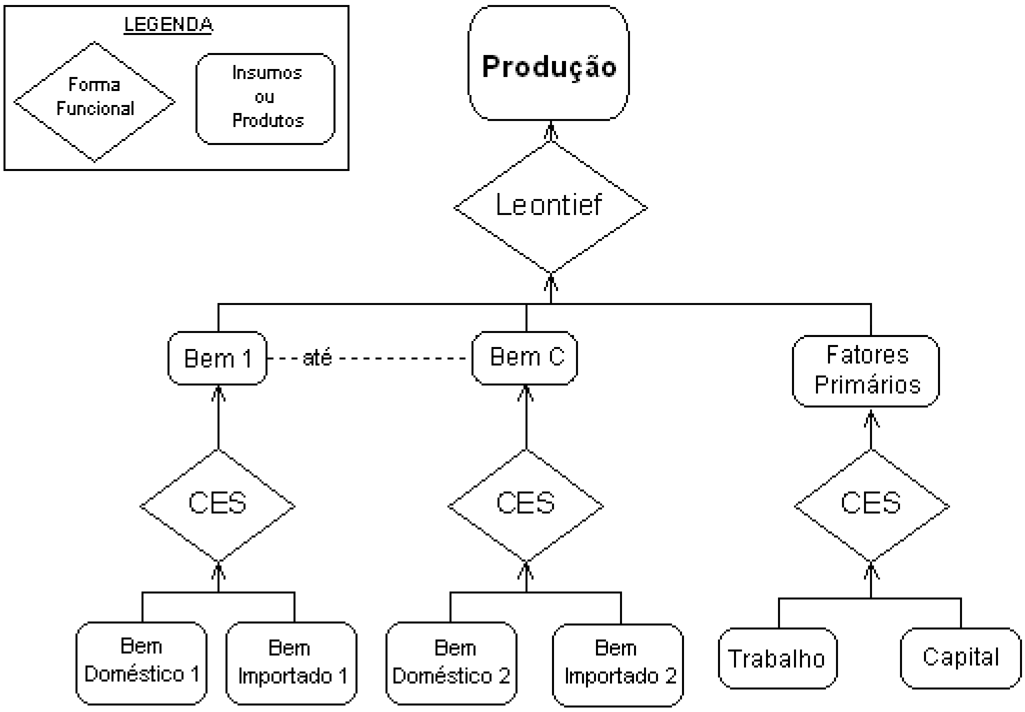

Figura 5 - Estrutura de produção aninhada

3.11. Demanda por fatores primários

O Extrato 5 mostra as equações que determinam as demandas de capital e trabalho. Para cada indústria i, as equações são derivadas do seguinte problema de otimização.

Escolhem-se os insumos, trabalho e capital:

X1LAB(i) e X1CAP(i),

para minimizar o custo total com fatores primários,

P1LAB*X1LAB(i) + P1CAP(i)*X1CAP(i)

sendo

X1PRIM(i) = CES [X1LAB(i), X1CAP(i)],

considerando como exógenos para o problema

P1LAB, P1CAP(i) e X1PRIM(i).

Note que o problema é formulado nos níveis das variáveis. Conseqüentemente, devem-se escrever os nomes das variáveis em letras maiúsculas. A notação CES[ ] representa uma função

CES definida com base no conjunto de variáveis incluídas nos colchetes. Note também que o preço de trabalho não varia por setor. Isto reflete a hipótese de que o trabalho é móvel entre os setores.

A solução do problema de minimização de custo, na forma de variação percentual, é determinada pelas equações E_x1lab, E_x1cap, e E_p1prim. Não foi apresentado o procedimento de derivação, uma vez que o aninhamento CES capital-trabalho é algebricamente igual ao aninhamento CES importado-doméstico que já foi explicado. Então, analogamente são empregadas equações de demanda em variação percentual. A equação E_x1lab indica que a demanda por trabalho é proporcional ao uso do fator primário composto, X1PRIM(i), e dependente de um termo de preço. Na forma de variação percentual, o termo de preço é composto de uma elasticidade de substituição, SIGMA1PRIM(i), multiplicada pela variação percentual no termo de preço [p1lab - p1prim(i)] representando o preço do trabalho relativo ao custo médio dos fatores primários. Salários mais altos induziriam a substituição de trabalho por capital. A equação E_x1cap tem forma e interpretação similar. A variação percentual no custo médio dos fatores primários, p1prim(i), é determinada através da equação E_p1prim. Isto poderia ser reescrito como:

p1prim(i) = S1LAB(i)*p1lab + S1CAP(i)*p1cap(i),

se S1LAB(i) e S1CAP(i) forem, respectivamente, as participações do trabalho e do capital no custo do fator primário. Em outras palavras, p1prim(i) é uma média dos preços do trabalho e do capital ponderada pelas participações desses fatores nos custos.

É importante notar que ao se multiplicar ambos os lados da equação E_x1lab por S1LAB(i) e da E_x1cap por S1CAP(i), somando então as duas equações, todos os termos de preço desaparecem, resultando em:

x1prim(i) = S1LAB(i)*x1lab(i) + S1CAP(i)*x1cap(i).

Esta é a forma em variação percentual da função de produção CES.

```
! Extrato 5 do TABLO: !
! Demandas por capital e trabalho !

Variable
 (all,i,IND) x1prim(i) # Demanda das indústrias por fator primário composto #;
 (all,i,IND) p1prim(i) # Preço do fator primário composto #;
 (all,i,IND) x1lab(i)  # Emprego por indústria #;
             p1lab     # Taxa de salário para a economia como um todo #;
 (all,i,IND) x1cap(i)  # Estoque de capital corrente #;
 (all,i,IND) p1cap(i)  # Preço da renda (aluguel) do capital #;

Coefficient  (all,i,IND) SIGMA1PRIM(i) # Elastic. subst. CES p/ fatores prim. #;
Read SIGMA1PRIM from file BASEDATA header "P028";

Equation E_x1lab
 (all,i,IND) x1lab(i) = x1prim(i) - SIGMA1PRIM(i)*[p1lab - p1prim(i)];

Equation E_x1cap
 (all,i,IND) x1cap(i) = x1prim(i) - SIGMA1PRIM(i)*[p1cap(i) - p1prim(i)];

Equation E_p1prim
 (all,i,IND) V1PRIM(i)*p1prim(i)
              = FACTOR("Trabalho",i)*p1lab + FACTOR("Capital",i)*p1cap(i);
```

3.12. Nível superior do sistema de demandas derivadas (demanda das atividades por insumos)

O Extrato 6 refere-se ao ninho do topo da demanda por insumos da Figura 5. Bens compostos e um composto de fator primário são combinados usando uma função de produção Leontief, dado por:

$$X1TOT(i) = MIN\left[\frac{X1PRIM(i)}{A1PRIM(i)}, All,c,COM: \frac{X\_S(c,i)}{A\_S(c,i)}\right], \qquad i \in IND \qquad (13)$$

Assumindo que as indústrias são minimizadoras de custo, pode-se estar seguro que elas não usarão mais do que o necessário de cada insumo. Nesse caso, pode-se escrever:

$$X\_S(c,i) = A\_S(c,i)*X1TOT(i), \qquad i \in IND, c \in COM \qquad (14)$$

$$X1PRIM(i) = A1PRIM(i)*X1TOT(i), \qquad i \in IND \qquad (15)$$

isto é, ambas as categorias de insumos identificadas no nível mais elevado são demandados em proporção direta a X1TOT(i). No Extrato 6 as equações correspondentes são E_x1 e E_x1prim.

A1PRIM(i) pode ser interpretado como um coeficiente insumo-produto: o montante de fator primário composto necessário para produzir uma unidade de produto. Analogamente, A_S(c,i) é o montante do bem composto c usado por unidade de produto. Para manter a estrutura do MINIBR mais simplificada, assumiu-se que o A_S(c,i) não muda – por isso não há nenhuma variável de mudança percentual associado a esse termo na equação E_x1 (veja o padrão 3 na Tabela 2).

Por contraste, o MINIBR permite variação em A1PRIM(i) – por isso ele aparece como uma variável na equação E_x1prim (veja padrão 4 na Tabela 2). Note que uma redução de 1% em A1PRIM(i) implica em um aumento de 1% na produtividade do fator.

```
! Extrato 6 do TABLO: !
! Demanda por insumos compostos para produção !

Variable
 (all,i,IND) x1tot(i)  # Produto industrial #;
 (all,i,IND) a1prim(i) # Mudança tecn. aumentanto todos os fatores primários #;
 (all,i,IND) p1tot(i)  # Custo unitário de produção #;

Equation E_x1 # Demanda por bens compostos #
 (all,c,COM)(all,i,IND)  x_s(c,i)= x1tot(i);

Equation E_x1prim # Demanda por fatores primários compostos #
 (all,i,IND) x1prim(i) = a1prim(i) + x1tot(i);

Equation E_p1tot # Custo de produção = Custo de todos os insumos #
 (all,i,IND) V1TOT(i)*[p1tot(i) + x1tot(i)] =
             sum{c,COM,sum{s,SRC,USE(c,s,i)*[p(c,s) + x(c,s,i)]}}
             + FACTOR("Trabalho",i)*[p1lab + x1lab(i)]
             + FACTOR("Capital",i)*[p1cap(i) + x1cap(i)];
```

A última equação acima apenas define que a variação no valor de produção (V1TOT(i)) é igual à soma das variações nas despesas com materiais e fatores primários. Ela segue os padrões 11 e 13 apresentados na Tabela 2. Cada termo à direita é igual a 100 vezes a variação na despesa em algum insumo. O lado esquerdo é igual a 100 vezes a variação nos custos totais.

Esta equação é freqüentemente chamada de equação de “Lucros Puros Zero”. “Lucros Puros” são lucros que não são atribuíveis a qualquer insumo – por exemplo, lucros de monopólio, os quais derivam de poder de mercado. Como a maioria dos modelos de EGC, o MINIBR assume que os mercados são competitivos, de modo que os preços dos produtos refletem apenas os custos dos insumos.

Novamente como a maioria dos modelos de EGC, o MINIBR assume que a tecnologia de produção exibe retornos constantes à escala. Isto implica que os preços dos produtos podem ser expressos apenas como funções dos preços dos insumos, se não há nenhuma mudança técnica. Poder-se-ia deduzir das equações anteriores (se fosse ignorado o termo a1prim), que:

```
V1TOT(i)*p1tot(i) = sum{c,COM,sum{s,SRC,USE(c,s,i)*p(c,s)}}
                    + FACTOR("Trabalho",i)*p1lab
                     + FACTOR("Capital",i)*p1cap(i)
```

e

```
V1TOT(i)*x1tot(i) = sum{c,COM,sum{s,SRC, USE(c,s,i)*x(c,s,i)}}
                    + FACTOR("Trabalho",i)*x1lab(i)
                    + FACTOR("Capital",i)*x1cap(i)
```

A primeira dessas duas equações é uma forma alternativa para escrever a condição de Lucro Puro Zero.

3.13. Demanda das famílias

Assume-se que as famílias maximizam a utilidade selecionando uma cesta ótima de bens para consumir, dentro de um determinado orçamento. No MINIBR e em muitos modelos maiores há apenas uma família consumidora representativa. Assume-se que a utilidade é gerada por uma função de utilidade na qual o ninho superior combina *commodities* compostas (= bens compostos) utilizando uma função agregadora Cobb-Douglas, e o ninho inferior forma *commodities* compostas a partir de variantes importadas e domésticas usando uma função agregadora CES para cada composto. Este esquema é ilustrado na Figura 6.

Os C bens consumidos pelas famílias são justamente as sete *commodities* compostas discriminadas na Tabela 1. Para maximizar a utilidade com um dado orçamento, é necessário que cada *commodity* composta adquirida seja formada a um custo mínimo. Com preferências CES prevalecendo entre variedades doméstica e importada, esta parte do problema do consumidor já foi abordada na explicação do Extrato 3. Lá, o consumidor é identificado como o usuário para o qual u = “ConsFamilias”. A equação E_x no Extrato 4 é precedida pela instrução de indexação (all,c,COM) (all,s,SRC) (all,u,IMPUSER). O IMPUSER inclui todos os demandantes exceto de exportações. Assim, a composição de Armington de cada *commodity* composta usada pelos consumidores já foi determinada no Extrato 4.

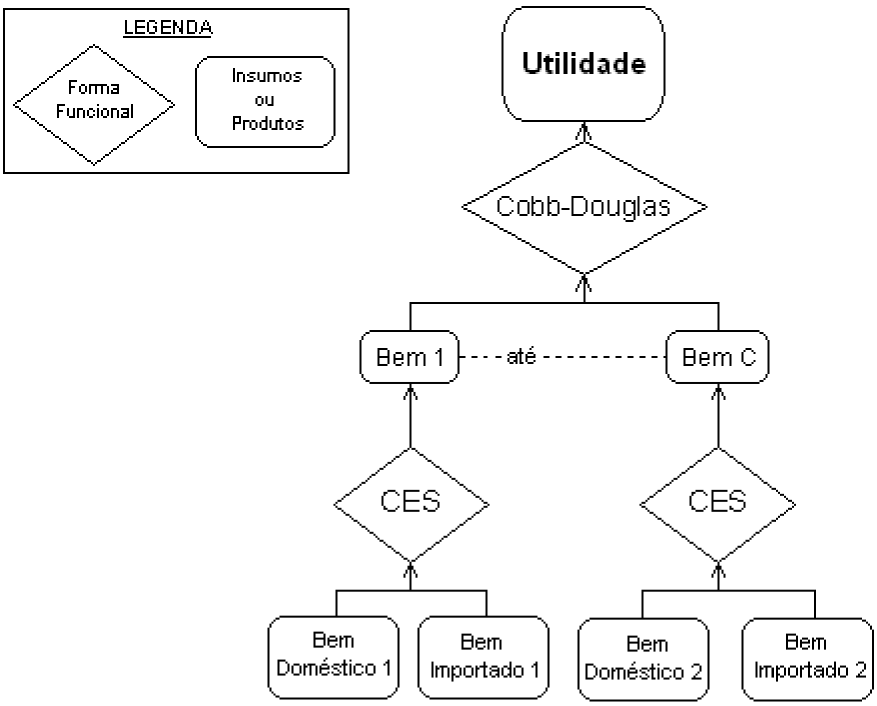

Figura 6 - Estrutura de demanda do consumidor aninhada

A restrição orçamentária estabelece que o valor total das compras é exógeno para o usuário Famílias (“ConsFamilias”). Neste modelo simples não há nenhum vínculo entre dispêndio e renda das famílias. Isto significa que não há escolha entre poupança/consumo, e nem há qualquer escolha entre trabalho/lazer - as famílias consomem toda sua renda. A renda disponível para consumo em termos nominais é W3TOT.

A especificação Cobb-Douglas do ninho superior da função utilidade é extremamente simples. Ela estabelece que:

$$\text{UTILITY} = \prod_{c \in COM} [\text{X\_S(c,"ConsFamilias")}]^{\alpha_c} \tag{16}$$

em que Π é o operador que indica a multiplicação (operador produto), X_S(c,"ConsFamilias") é o consumo do bem composto c, e os α_c são parâmetros constantes. As famílias desejam maximizar a utilidade em (16). Uma vez que o logaritmo de uma variável não altera o ordenamento dos seus valores (quer dizer, se a > b, então log a > log b), substituindo-se (16) pelo seu logaritmo, tem-se um problema com exatamente a mesma solução. Isto é feito para tornar a álgebra um pouco mais fácil.

$$\log(\text{UTILITY}) = \sum_{c \in COM} \alpha_c . \log[\text{X\_S(c,"ConsFamilas")}], \tag{17}$$

Fazendo a soma de α_c sobre c ser igual à unidade não muda a natureza do problema de maximização, de modo que exige-se que:

$$\sum_{c \in COM} \alpha_c = 1 \tag{18}$$

pois, como será visto abaixo, isto torna a interpretação de α_c mais direta. A forma em nível da restrição orçamentária é:

$$\text{W3TOT} = \sum_{c \in COM} \{\text{X\_S(c,"ConsFamilas")} \times \text{P\_S(c,"ConsFamilas")}\} \tag{19}$$

em que X_S(c," ConsFamilias") e P_S(c,"ConsFamilias") são as quantidades e índices de preços para os agregados de Armington (ou seja, para as *commodities* compostas c; $c \in$ (COM). Uma declaração formal do problema de maximização de utilidade das famílias pode agora ser estabelecida. Dados os preços exógenos para as *commodities* compostas[7], as famílias escolhem uma cesta de *commodities* compostas {X_S(c," ConsFamilias"); $c \in$ (COM)} para maximizar (17) sujeito a (19). O método formal de solução envolve:

(i) montar uma função Lagrangeana:

$$\text{£} = \sum_{c \in COM} \alpha_c \log[\text{X\_S(c,"ConsFamilias")}] + \lambda\{\text{W3TOT} - \sum_{c \in COM} \text{X\_S(c,"ConsFamilias")} \times \text{P\_S(c,"ConsFamilias")}\}; \tag{20}$$

[7] É verdade que dados os preços dos componentes importados e domésticos da *commodity* composta c, as famílias determinam a composição do agregado de Armington c, e então, de alguma forma, também determinam o índice de preço de Armington. Note, entretanto, que as famílias tomam os preços dos componentes como dado. Sendo que uma condição necessária para maximização da utilidade é que todos os compostos de Armington devem ser formados a um custo mínimo (não importa qual combinação de compostos seja escolhida), os dois estágios de maximização do consumidor podem ser tratados separadamente. Assim, a otimização no ninho superior pode tomar os preços dos compostos de Armington como dados pela pré-otimização (minimização de custo) do ninho inferior.

(ii) diferenciando £ com respeito às variáveis[8] escolhidas {log X_S(c,"ConsFamilias") (c(COM)} e com respeito ao multiplicador de Lagrange λ:

(iii) igualando estas derivadas a zero; e

(iv) resolvendo as equações resultantes para os valores de X_S(c,"ConsFamilias") ($c \in$ COM), obtém-se:

$$\frac{\partial £}{\partial \log[X\_S(c,\text{"ConsFamilias"})]} =$$

$$\alpha_C - \lambda X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \times P\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) = 0 \qquad (c \in COM) \qquad (21)$$

e

$$\frac{\partial £}{\partial \lambda} = W3TOT - \sum_{C \in COM} X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \times P\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) = 0 \qquad (22)$$

A última destas equações é justamente a restrição orçamentária novamente. Na seqüência é conveniente resolver para λ, para isso adiciona-se (21) para todo $c \in$ COM, obtendo-se:

$$\sum_{C \in COM} \alpha_C = \lambda . \sum_{C \in COM} \{X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \times P\_S(c,\text{"ConsFamilias"})\} \qquad (23)$$

Tendo em mente que a soma dos α_c sobre as *commodities* compostas é igual à unidade [veja (18)], e que a última somatória em (23) resulta no dispêndio total [veja (19)], resolvendo (23) para λ, encontra-se:

$$\lambda = 1/W3TOT \qquad (24)$$

Fazendo esta substituição por λ em (21), e resolvendo para {X_S(c,"ConsFamilias") $\times$ P_S(c,"ConsFamilias")}, obtém-se:

$$X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \times P\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) = \alpha_C \times W3TOT \qquad (c \in COM) \qquad (25)$$

Este é o famoso resultado Cobb-Douglas que diz que a participação de qualquer *commmodity* nos gastos com consumo das famílias permanece constante independente de movimentos na despesa total e nos preços.

A interpretação dos parâmetros α_c está clara agora; eles são as parcelas da renda disponível das famílias destinadas à aquisição da *commodity* c. Passando P_S(c,"ConsFamilias") para o lado direito de (25) resulta na função demanda das famílias pela *commodity* composta c:

$$X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) = \frac{\alpha_C \times W3TOT}{P\_S(c,\text{"ConsFamilias"})} \qquad (c \in COM) \qquad (26)$$

De (26) nota-se imediatamente os seguintes resultados para as *commodities* compostas:

---

[8] Procurando os pontos estacionários de qualquer função y(x), ela é indiferente se a diferenciação é com respeito ao próprio x ou com respeito a qualquer função 1:1 de x. Logaritmo é uma função 1:1. No texto utiliza-se esta transformação porque simplifica a álgebra do problema que está sendo trabalhado.

- a participação na renda marginal do composto c é α_c, a qual é a mesma que a participação na renda total (ou média);
- a elasticidade da demanda das famílias com respeito ao dispêndio total (nominal) é +1 para todos os compostos;
- todos os compostos têm elasticidade preço de demanda igual –1;
- todos os compostos têm elasticidades preço cruzada igual a zero.

A forma linearizada de (26) é

$$x\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) + p\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) = w3tot \tag{27}$$

Essa é a equação E_x3 do Extrato 7 do TABLO.

O consumo real agregado X3TOT é definido de tal forma que variações percentuais nele são iguais às variações percentuais na UTILITY, ou seja:

$$x3tot = 100 \times dlog\ (UTILITY) \tag{28}$$

A partir de (17),

$$dlog(UTILITY) = \sum_{c \in COM} \alpha_c\ d\log\ [X\_S(c,\text{"ConsFamilias"})] \tag{29}$$

tal que,

$$x3tot = \sum_{c \in COM} \alpha_c\ 100 \times dlog\ [X\_S(c,\text{"ConsFamilias"})] = \sum_{c \in COM} \alpha_c\ x\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) \tag{30}$$

Do banco de dados (veja Figura 1) é possível extrair os valores das participações α_c; eles sao:

$$\alpha_c = \frac{USE\_S(c, \text{"ConsFamilias"})}{USE\_CS(\text{"ConsFamilias"})} \tag{31}$$

Dado que os α_c são autênticos parâmetros (ao invés de coeficientes que devem ser atualizados de solução para solução), a equação (31) não é apenas verdadeira para a solução inicial, mas é assim para todos os casos. Substituindo (31) em (30) e reorganizando, obtém-se:

$$USE\_CS(\text{"ConsFamilias"})\ x3tot = \sum_{c \in COM} USE\_S(c,\text{"ConsFamilias"})\ x\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) \tag{32}$$

Esta é a equação E_x3tot do Extrato 7.

Dada a definição de X3TOT, o índice de preço ao consumidor (P3TOT) deve satisfazer a propriedade de preservação do valor. Assim, requere-se que:

$$X3TOT \times P3TOT = \sum_{c \in COM} X\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \times P\_S(c,\text{"ConsFamilias"}) \tag{33}$$

A forma linearizada desta equação é:

$$x3tot + p3tot = \sum_{c \in COM} \alpha_c\, x\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) + \sum_{c \in COM} \alpha_c\, p\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) \tag{34}$$

[a partir de (30)]

$$= x3tot + \sum_{c \in COM} \alpha_c\, p\_s(c, \text{"ConsFamilias"}) \tag{35}$$

Conseqüentemente,

$$p3tot = \sum_{c \in COM} \alpha_c\, p\_s(c,\text{"ConsFamilias"}) \quad ; \tag{36}$$

Substituindo as participações α_c a partir de (31) em (36), e rearranjando, obtém-se:

$$USE\_CS(\text{"ConsFamilias"}).p3tot = \sum_{c \in COM} USE\_S(c,\text{"ConsFamilias"})\; p\_s(c,\text{"ConsFamilias"})$$

Esta é a equação E_p3tot do Extrato 7 do TABLO.

```
! Extrato 7 do TABLO: !
! Demandas das Famílias !

Variable
 p3tot # Índice de preços ao consumidor #;
 x3tot # Consumo real da famílias #;
 w3tot # Consumo total nominal da famílias #;

Equation E_x3
 (all,c,COM) x_s(c,"ConsFamilias") +  p_s(c,"ConsFamilias") = w3tot;

Equation E_x3tot
 USE_CS("ConsFamilias")*x3tot
   = sum{c,COM, USE_S(c,"ConsFamilias")*x_s(c," ConsFamilias")};

Equation E_p3tot
 USE_CS("ConsFamilias")*p3tot
   = sum{c,COM, USE_S(c,"ConsFamilias")*p_s(c,"ConsFamilias")};
```

3.14. Demanda por exportações

O MINIBR permite que a demanda estrangeira por bens produzidos localmente seja preço-sensível. Se o preço local de um bem aumentar, relativamente ao preço mundial, a demanda por exportações cairá. Conseqüentemente, a equação E_x4a no Extrato 8 especifica a inclinação negativa da demanda estrangeira por exportação. Em nível, a equação é escrita como:

$$X(c,\text{"dom"},\text{"Exportacao"}) = F4Q(c)\left[\frac{P(c,\text{"dom"})}{PHI * PWORLD(c)}\right]^{-EXP\_ELAST(c)} \tag{37}$$

sendo EXP_ELAST(c) a elasticidade de demanda. Isto é, as exportações do bem c são uma função decrescente do preço em moeda estrangeira (P(c,"dom")/PHI), relativo ao preço mundial (PWORLD(c)). A taxa de câmbio (PHI) converte o valor em moeda local para moeda estrangeira. Para algum produto, se EXP_ELAST = 5, um aumento de 1% no preço causaria uma queda de 5% na demanda estrangeira. Mudanças na variável de deslocamento F4Q poderiam ser usadas para simular variações exógenas na demanda estrangeira.

A equação E_x4b tem um papel pouco usual, mas necessário. Ela assegura que a variação nas exportações de bens importados seja igual a zero. No banco de dados do MINIBR, não há re-exportação. Se fosse construído um modelo semelhante para Hong-Kong ou para a Holanda, países em que as re-exportações poderiam ser bastante elevadas, seria necessário criar alguma teoria para modelá-las, que substituísse E_x4b por uma equação mais apropriada.

```
! Extrato 8 do TABLO: !
! Demanda por exportações !

Variable
 (all,c,COM) pworld(c) # Preços mundiais, mensurados em moeda estrangeira #;
 (all,c,COM) f4q(c)    # Deslocador da demanda externa #;
             phi       # Taxa de câmbio, ($local)/($estrangeira) #;

Coefficient (all,c,COM) EXP_ELAST(c) # Elasticidade de demanda de exportações #;
Read EXP_ELAST from file BASEDATA header "P018";

Equation E_x4a (all,c,COM) x(c,"dom","Exportacao") =
                           f4q(c) - EXP_ELAST(c)*[{p(c,"dom")-phi} - pworld(c)];

Equation E_x4b (all,c,COM) x(c,"imp","Exportacao") = 0;
```

3.15. Equilíbrio no mercado doméstico e preços

A primeira equação no Extrato 9, E_x1tot, é a equação de equilíbrio de mercado para *commodities* domésticas. Ela estabelece simplesmente que a produção de cada indústria, X1TOT(i) é igual à demanda total pela *commodity* produzida domesticamente X0(c,"dom").

O GEMPACK é muito rigoroso na comparação de elementos de conjuntos diferentes – mesmo quando são iguais, como é o caso de COM e IND, que têm os mesmos elementos. Neste caso, o TABLO requer uma declaração de subconjunto para indicar que os conjuntos COM e IND realmente têm os mesmo elementos.

A equação E_pA relaciona o preço ao consumidor de bens domésticos, P(c,"dom"), com o custo de produção, P1TOT(c), e com a alíquota do imposto sobre a produção, PTXRATE(c). Em nível tem-se:

$$P(c,\text{"dom"}) = P1TOT(c)*[1 + PTXRATE(c)] \tag{38}$$

Uma vez que PTXRATE(c) não tem nenhuma unidade e por isso poderia mudar de sinal (imposto pode tornar-se subsídio), é apropriado transformá-lo em uma variável na forma de variação ordinária (ao invés de variação percentual). Aplicou-se o padrão 4C da Tabela 2:

$$Y = X*Z \quad \text{implicando em} \quad Y*y = X*Z*x \; + \; X*Z*z \quad \text{assim} \quad y = x + 100(X/Y)*\Delta Z \tag{39}$$

Isto resulta em:

$$p(c,\text{"dom"}) = p1tot(c) + 100*[P1TOT(c)/P(c,\text{"dom"})]*Delptxrate(c); \tag{40}$$

Para obter a equação E_pA substitui-se a razão de preço entre colchetes (participação do custo de produção no preço ao consumidor) pela parcela equivalente [V1TOT(c)/(V1TOT(c)+V1PTX(c))].

```
! Extrato 9 do TABLO: !
! Equilíbrio de mercado e precos para commodities domésticas !

Subset COM is subset of IND;
Equation E_x1tot (all,c,COM) x1tot(c) = x0(c,"dom");

Variable
 (change)(all,c,COM)
   Delptxrate(c) # Mudança ordinária na aliquota de tributos domésticos #;

Equation E_pA
 (all,c,COM)
   p(c,"dom") = p1tot(c) + 100*[V1TOT(c)/(V1TOT(c)+V1PTX(c))]*Delptxrate(c)
```

3.16. Preços de produtos importados

No Extrato 10, a equação E_pB relaciona os preços ao consumidor de bens importados (P(c,"imp")), aos preços externos em moeda local (PHI*PWORLD(c)), e à alíquota de importação (MTXRATE(c)). Em nível tem-se:

$$P(c,\text{"imp"}) = PHI*PWORLD(c)*[1 + MTXRATE(c)] \tag{41}$$

A forma linearizada segue o mesmo padrão que a equação E_pA. Desta vez a razão de preços entre colchetes [V0CIF(c)/SALES(c,"imp")] pode ser interpretada como a participação do custo a preços CIF nos preços ao consumidor.

```
! Extrato 10 do TABLO: !
! Preços para commodities importadas !

Variable
 (change)(all,c,COM)
   Delmtxrate(c)  # Mudança ordinária na aliquota do imposto de importação #;

Equation E_pB
(all,c,COM)
   p(c,"imp") = pworld(c)+ phi + 100*[V0CIF(c)/SALES(c,"imp")]*Delmtxrate(c);
```

3.17. PIB pelo lado da renda

No Extrato 11, a fórmula para o coeficiente V0GDPINC expressa o Produto Interno Bruto (PIB) como a soma dos custos dos fatores primários e impostos indiretos. A equação E_w0gdpinc é exatamente uma tradução da forma linearizada dessa soma. O lado esquerdo,

V0GDPINC*w0gdpinc

é exatamente 100 vezes a variação no PIB nominal. Cada termo no lado direito é também 100 vezes a variação no mesmo valor. Para entender as contribuições feitas pelos impostos indiretos, note que a expressão para as receitas provenientes de impostos sobre a produção,

100*V1TOT(c)*Delptxrate(c) + V1PTX(c)*[x1tot(c)+ p1tot(c)]

pode ser fracionada em dois termos. O primeiro é devido à variação na alíquota de imposto; ele é 100*(a base do imposto original)*(a variação na alíquota de imposto). O segundo termo é devido à variação na base do imposto; ele é proporcional a ambos, tanto à receita de impostos original, V1PTX(i), como à variação na base do imposto.

Dado que a linguagem TABLO é insensível a letras maiúsculas e minúsculas, não é possível a prática normal de usar letra minúscula para variáveis em variação percentual no PIB nominal. O GEMPACK não distinguiria entre "V0GDPINC" e "v0gdpinc". Para evitar este problema utiliza-se "w0gdpinc" para a variável em variação percentual.

```
! Extrato 11 do TABLO: !
! PIB pelo lado da renda !

Variable    w0gdpinc  # PIB nominal pelo lado da renda #;
Coefficient V0GDPINC  # PIB pelo lado da renda #;
Formula     V0GDPINC  =  sum{i,IND, sum{f,FAC,FACTOR(f,i)}}
                       + sum{c,COM, V1PTX(c) + V0MTX(c)};

Equation E_w0gdpinc
 V0GDPINC*w0gdpinc =
  sum{i,IND, FACTOR( "Trabalho",i)*[p1lab  + x1lab(i)]}
 +sum{i,IND, FACTOR("Capital",i)*[p1cap(i) + x1cap(i)]}
 +sum{c,COM, 100*V1TOT(c)*Delptxrate(c) + V1PTX(c)*[x1tot(c) + p1tot(c)]}
 +sum{c,COM, 100*V0CIF(c)*Delmtxrate(c) + V0MTX(c)*[x0(c,"imp")+pworld(c)+phi]};
```

3.18. PIB pelo lado do dispêndio

O Extrato 12 calcula a variação percentual no PIB nominal pelo lado da renda e divide a variação entre os componentes preço e quantidade.

A fórmula para V0GDPEXP fornece o PIB como a soma das demandas finais (valoradas a preços ao consumidor) menos o valor das importações a preços CIF[9] (C+I+G+X–M). A equação E_w0gdpexp é a forma em variação percentual desta fórmula.

Por se tratar de uma identidade contábil, os PIBs pelo lado do dispêndio e pelo lado da renda devem ser iguais tanto em nível quanto em variação percentual. Isto é:

V0GDPEXP = V0GDPINC, e w0gdpexp = w0gdpinc

Todavia, é útil calcular estes valores separadamente como uma forma de verificação das relações contábeis do modelo.

```
! Extrato 12 do TABLO: !
! PIB medido pelo lado do dispêndio !

Variable
 w0gdpexp  # PIB nominal pelo lado do dispêndio #;
 p0gdpexp  # Deflator do PIB, pelo lado do dispêndio #;
 x0gdpexp  # PIB real pelo lado do dispêndio #;

Coefficient
 V0GDPEXP # PIB pelo lado do dispêndio #;
Formula
 V0GDPEXP = sum{c,COM, sum{s,SRC,sum{u,FINALUSER,USE(c,s,u)}} - V0CIF(c)};

Equation E_w0gdpexp
 V0GDPEXP*w0gdpexp =
   sum{c,COM,sum{s,SRC,sum{u,FINALUSER,USE(c,s,u)*[p(c,s)+x(c,s,u)]}}
     - V0CIF(c)*[x0(c,"imp")+ pworld(c)+phi]};

Equation E_p0gdpexp
 V0GDPEXP*p0gdpexp = sum{c,COM,
   sum{s,SRC,sum{u,FINALUSER,USE(c,s,u)*p(c,s)}} - V0CIF(c)*[pworld(c)+phi]};

Equation E_x0gdpexp
 x0gdpexp = w0gdpexp - p0gdpexp;
```

A equação E_p0gdpexp é igual à equação E_w0gdpexp, exceto que apenas os termos de preço são incluídos em E_p0gdpexp. Ela define p0gdpexp como uma média ponderada da demanda final a preços locais menos a variação média no preço externo das importações.

A equação E_x0gdpexp usa p0gdpexp como um deflator de preço para o PIB para se obter uma medida de variação no PIB real. A equação em nível subjacente é:

V0GDPEXP = P0GDPEXP*X0GDPEXP

---

[9] Abreviação de *Cost, Insurance and Freight*, ou Custo, Seguro e Frete, em português.

3.19. Mais variáveis macro

As próximas cinco equações definem 5 variáveis macro úteis.

```
! Extrato 13 do TABLO: !
! Mais variáveis macro !

Variable
 x4tot # Índice de volume das exportações #;
 p4tot # Índice de preço das exportações  #;
 p2tot # Índice de preço do investimento  #;
 x0cif_c # Índice de volume das importações, a precos CIF #;
(change) delB # (Balanca comercial)/PIB #;

Equation E_x4tot
    sum{c,COM,USE(c,"dom","Exportacao")*[x4tot - x(c,"dom","Exportacao")]} = 0;

Equation E_p4tot
    sum{c,COM,USE(c,"dom","Exportacao")*[p4tot - p(c,"dom")]} = 0;

Equation E_p2tot
    sum{c,COM,sum{s,SRC, USE(c,s,"Investimento")*[p2tot - p(c,s)]}} = 0;

Equation E_x0cif_c
    sum{c,COM,V0CIF(c)*[x0cif_c - x0(c,"imp")]}=0;

Equation E_delB
 100*V0GDPEXP*delB=
        sum{c,COM,USE(c,"dom","Exportacao")*
        [p(c,"dom") + x(c,"dom","Exportacao") - w0gdpexp]
        - V0CIF(c) * [x0(c,"imp") + pworld(c) + phi - w0gdpexp]};
```

As quatro primeiras equações definem diversos preços e índices de volume, seguindo o padrão 15C da Tabela 2. A equação E_x4tot seria escrita da seguinte forma:

```
sum{c,COM,USE(c,"dom","Exportacao")}*x4tot =
sum{c,COM,USE(c,"dom","Exportacao")*x(c,"dom","Exportacao")};
```

Assim, x4tot é uma média ponderada de variações nos volumes das exportações, usando os valores exportados como ponderação. A equação no extrato é escrita de maneira mais compacta, mas tem o mesmo significado.

A equação final mede a balança comercial. Como a balança comercial pode mudar de sinal, ela é computada como uma variação ordinária e não uma variação percentual. Evita-se o problema de escolher uma unidade para representar esta variação, optando-se por expressá-la como uma fração do PIB. A equação segue o padrão 5C da Tabela 2.

3.20. Variáveis do mercado de fatores

Esta seção define algumas variáveis que são úteis na modelagem do mercado de fatores. A primeira equação define o salário real como sendo o salário nominal deflacionado pelo índice de preços ao consumidor (p3tot). Em nível esta equação seria:

REALWAGE = P1LAB/P3TOT

Uma forma de modelar mercados de trabalho “rígidos” é manter os salários reais constante.

A próxima equação define um índice em variação percentual do emprego agregado de mão-de-obra, usando o padrão 15 da Tabela 2. Para calcular esta medida usa-se a conta salário ponderada, refletindo os produtos marginais relativo aos trabalhadores em diferentes indústrias. Então, se a taxa de salários variar amplamente entre os setores, a variável “emprego” poderia não representar com precisão a variação no número de horas trabalhadas (ou de pessoas empregadas).

A equação final é derivada da forma em nível:

GRET(i) = P1CAP(i)/P2TOT

Isto é, a taxa bruta de retorno sobre uma unidade de capital novo é a receita anual que ela produz (P1CAP) dividida pelo custo da sua criação (P2TOT). Em um equilíbrio de longo prazo esperar-se-ia comportamento de arbitragem por parte dos investidores estabilizando estas razões. Para simulações de curto-prazo é preciso lembrar que aquele GRET é uma taxa “míope” de retorno, ou seja, ela assume que os ganhos futuros de uma nova unidade de capital em alguma indústria serão os mesmos ganhos de hoje.

```
! Extrato 14 do TABLO: !
! Variáveis para auxiliar no fechamento do mercado de fatores !

Variable    realwage # Taxa de salários deflacionada pelo IPC #;
              employ # Emprego agregado #;
 (all,i,IND) gret(i) # Taxa de retorno bruta #;

Equation E_realwage  realwage =  p1lab - p3tot;

Equation E_employ    sum{i,IND, FACTOR("Trabalho",i)*[employ - x1lab(i)]}=0;

Equation E_gret      (all,i,IND) gret(i) = p1cap(i) - p2tot;
```

3.21. Atualizando os dados de fluxos

Parte do procedimento de solução do GEMPACK requer que seja possível o uso dos resultados de simulação (ou seja, variáveis em variações percentuais) para produzir uma pós-simulação ou *atualização* do banco de dados. O propósito das declarações de atualização no Extrato 15 é dizer ao computador como fazer isto. Dois tipos de declaração de atualização são mostrados. Os três primeiros são do tipo *default*, também chamadas de atualizações de produto (“*product updates*”). A primeira simplesmente diz para o GEMPACK que cada célula na matriz de fluxos USE é o produto de um preço e uma quantidade, isto é:

USE(c,s,u) = P(c,s)*X(c,s,u) $\quad c \in$ COM, $s \in$ SRC, $u \in$ USER

O GEMPACK então atualiza a matriz USE como segue:

USE(c,s,u)   USE(c,s,u)*[1+0.01*p(c,s)+0.01*x(c,s,u)]

As duas últimas declarações de atualização são chamadas atualizações de variação ("*change updates*"). Neste caso, o modelador provê uma fórmula explícita, contendo coeficientes e valores de variáveis, para a variação ordinária no valor do banco de dados. A variação na receita do imposto de importação (VPMTX) é dividida em duas partes. A primeira, V0CIF(c)*Delmtxrate(c), é a variação ordinária na alíquota de imposto vezes o imposto original (o valor CIF das importações). A segunda parte, 0.01*V0MTX(c)*[x0(c,"imp") + pworld(c) + phi], é a receita de imposto original vezes a variação proporcional (=% /100) no valor original do imposto.

```
! Extrato 15 do TABLO: !
! Regras de Atualização !

Update
 (all,c,COM)(all,s,SRC)(all,u,USER) USE(c,s,u)          = p(c,s)*x(c,s,u);
 (all,i,IND)                        FACTOR("Labour",i)  = p1lab*x1lab(i);
 (all,i,IND)                        FACTOR("Capital",i) = p1cap(i)*x1cap(i);
 (change)(all,c,COM) V0MTX(c) =
    V0CIF(c)*Delmtxrate(c) + 0.01*V0MTX(c)*[x0(c,"imp")+ pworld(c)+phi];
 (change)(all,c,COM) V1PTX(c) =
    V1TOT(c)*Delptxrate(c) + 0.01*V1PTX(c)*[x1tot(c) + p1tot(c)];
```

3.22. Criando um arquivo sumário de dados

As duas últimas seções do arquivo TABLO criam um arquivo contendo um sumário dos dados. Isto é usado para verificar se a entrada de dados foi feita corretamente e auxiliar na explicação dos resultados.

```
! Extrato 16 do TABLO: !
! Sumário e checagem de dados !

File (new) SUMMARY # arquivo de saída para o sumário de dados #;

Coefficient (all,c,COM) CHECK(c) #(custos + impostos) - vendas:deveria ser = 0#;
Formula     (all,c,COM) CHECK(c) = V1TOT(c) + V1PTX(c) - SALES(c,"dom");

Set COSTCAT # custo das categorias # = SRC union FAC;
Coefficient
(all,c,COSTCAT)(all,i,IND) COSTMAT(c,i) # Sumário dos custos industriais #;
Formula
(all,i,IND)(all,s,SRC) COSTMAT(s,i) = sum{c,COM,USE(c,s,i)};
(all,i,IND)(all,f,FAC) COSTMAT(f,i) = FACTOR(f,i);

Write
 CHECK     to file SUMMARY header "CHEK";
 COSTMAT   to file SUMMARY header "COST";
 SALES     to file SUMMARY header "SALE";
 V1PRIM    to file SUMMARY header "1PRM";
 V1TOT     to file SUMMARY header "1TOT";
 V0CIF     to file SUMMARY header "0CIF";
 V0GDPEXP  to file SUMMARY header "GDPE";
 V0GDPINC  to file SUMMARY header "GDPI";
```

As participações no capital computadas no Extrato 17 são inversamente relacionadas às elasticidades de oferta de curto prazo. Altas participações nas importações indicam aqueles setores locais que enfrentam competição significativa com produtos importados.

```
! Extrato 17 do TABLO: !
! Mais dados sumarizados !

Set MAINUSER # grupos de usuários #
  (Intermediario, Investimento, ConsFamilias, Exportacoes, ConsGoverno);
Subset FinalUser is subset of MAINUSER;
Coefficient
 (all,c,COM)(all,u,MAINUSER) MAINSALES(c,u) # Sumário de vendas #;
Formula
 (all,c,COM) MAINSALES(c,"Intermediario") = sum{i,IND,USE(c,"dom",i)};
 (all,c,COM)(all,u,FINALUSER) MAINSALES(c,u) = USE(c,"dom",u);

Coefficient (all,i,IND) CAPSHR(i)#Parcela do capital no custo do fator primário#;
Formula     (all,i,IND) CAPSHR(i) = FACTOR("capital",i)/V1PRIM(i);

Coefficient (all,c,COM) IMPSHR(c) # Parcela de importados nas compras locais #;
Formula
(all,c,COM) IMPSHR(c) = sum{u,IMPUSER,USE(c,"imp",u)}/sum{u,IMPUSER,USE_S(c,u)};

Write
 MAINSALES to file SUMMARY header "MSAL";
 CAPSHR    to file SUMMARY header "KSHR";
 IMPSHR    to file SUMMARY header "MSHR";
```

4. Precisão das soluções a partir de equações linearizadas

As equações linearizadas (ou em variações percentuais) descritas nas seções anteriores são aproximações locais para as equações correspondentes em níveis, isto é, elas são precisas apenas nos casos de variações pequenas. Por exemplo, supondo que se tivesse à equação:

$$Y = \sqrt{X} \tag{42}$$

com solução inicial X = 4 e Y = 2. A forma em variação percentual desta equação é:

$$y = \frac{1}{2}x \tag{43}$$

Imagine que se deseja determinar o efeito de um aumento em X de 4 para 16, o que representa um acréscimo de 300%. A equação linearizada então sugere que Y aumentará em 150%, de 2 para 5. A resposta verdadeira deveria ser 4 (4*4 = 16). A estimativa da variação em Y, 3 (= 5 - 2), é 50% maior que a resposta verdadeira 2 (= 4 - 2).

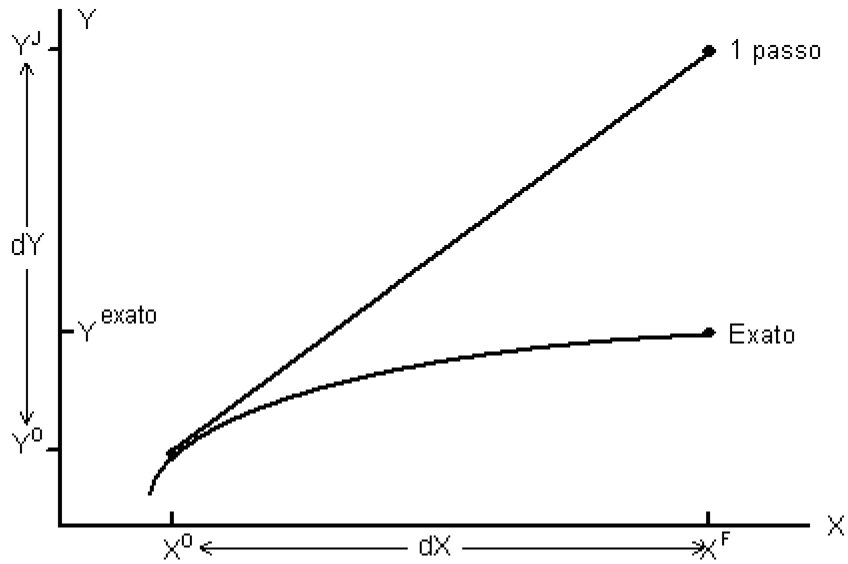

Figura 7 - Erro de linearização

Esta imprecisão é ilustrada na Figura 7. Nela, a equação em nível está representada por uma curva, e a equação linearizada corresponde à uma linha tangente à curva nos valores iniciais de X e Y, X^0 e Y^0. X aumenta em dX, passando de X^0 para X^F. A variação em Y (dY) é estimada a partir da aproximação à linha reta. Claramente, a variação estimada, dY, é maior que a variação verdadeira, $Y^{exato} - Y^0$. Isto é chamado de erro de linearização. A estimativa linear do valor final de Y (Y^J) é denominada estimativa de Johansen[10].

[10] Em homenagem a Leif Johansen (1930-82), um norueguês que usou esta abordagem para construir o primeiro modelo prático de EGC.

O erro será proporcionalmente menor para variações menores. Por exemplo, suponha que se aumente X em 125% (de 4 para 9). A equação linear sugere que a variação percentual em Y seria de 62,5% (ou seja, de 2 para 3,25). Isto é, uma variação de 1,25. A variação verdadeira deveria ser de 1 (de 2 para 3, já que 3*3 = 9). A estimativa da variação em Y (1,25) é 25% superior ao resultado verdadeiro (1). Comparando este ao exemplo anterior, nota-se que a variação percentual menor produziu um erro de linearização menor em temos absolutos e relativos (25% ao invés de 50%). Como sugere a Figura 7, quanto menor é x menor é o erro proporcional em y.

Esta observação conduz à idéia de quebrar variações grandes em X em vários passos, como mostrado na Figura 8. Para cada intervalo de variação em X, utiliza-se à aproximação linear para derivar o conseqüente intervalo de variação em Y. Então, usando os novos valores de X e Y, recalcula-se a inclinação da linha tangente à nova posição. O processo é repetido para cada passo. Se for usado 3 passos (veja Figura 8), o valor final de Y (Y^3) é mais próximo ao Y^{exato} do que a estimativa de Johansen, Y^J.

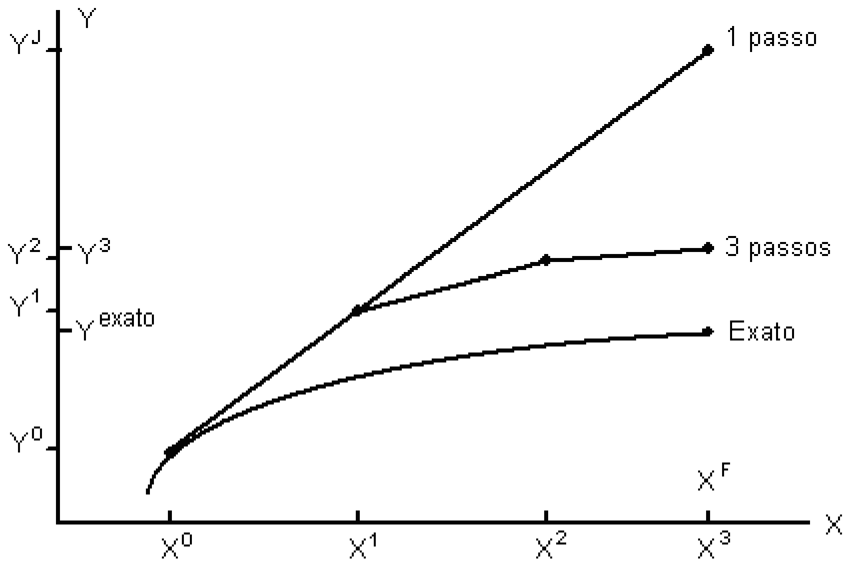

Figura 8 - O processo multi-passos para reduzir o erro de linearização

Retornando ao exemplo numérico, poder-se-ia quebrar a variação de 300% em X em 2 passos iguais de 100% (de 4 para 8, depois de 8 para 16). Para cada passo, a forma linearizada sugere que a variação percentual em Y seria de 50% (= 100/2). Conjugando as 2 variações de 50% nota-se que o valor final de Y seria 2,25 vezes (= 1,5*1,5) o valor inicial, isto é, um aumento de 125%. Este procedimento é chamado de método de *Euler* com 2 passos[11]. A aproximação de Euler com 2 passos é mais precisa que a aproximação de Johansen com 1 passo.

---

[11] Em homenagem a Leonhard Euler (1707-83), um prolífico matemático suíço.

Tabela 3 - Aproximações de Johansen e Euler

Método	y	Erro
Johansen (1 passo)	150,0%	50,0%
Euler 2 passos	125,0%	25,0%
Euler 4 passos	112,3%	12,3%
Euler com infinitos passos (exato)	100,0%	0

Em seguida tenta-se quebrar a variação em X em 4 passos iguais. Cada passo deve ser de tamanho 41,42% (porque $1{,}41424^4 = 4$, e deseja-se aumentar X por um fator de 4). Assim, de acordo com a equação linear, a variação em Y em cada passo será de 20,71% (= 41,42/2). Acumulando estas 4 variações ($1{,}2071^4$) significa que Y crescerá por um fator de 2,123 – um aumento de 112,3%. Isto é uma aproximação ainda mais precisa da resposta verdadeira, 100%.

Para muitos propósitos o método Euler com 4 passos será preciso o suficiente. Porém, pode ser provado matematicamente que se pode obter uma estimativa para y tão mais precisa quanto se desejar ao se quebrar o choque (variações em X) em um número suficientemente grande de passos. Em particular, como indicado na Tabela 3, pode-se conseguir um resultado exato quebrando o choque em infinitas partes minúsculas. Isso levaria uma eternidade, o que não seria uma estratégia prática. A Tabela 3 sugere um caminho para se obter alta precisão sem cálculos extensos.

Note, a partir das três primeiras linhas, que dobrando o número de passos se reduz o erro à metade. Então, sem efetivamente fazer os cálculos, pode-se predizer que o método de Euler com 8 passos resultaria numa variação percentual em Y de 106%. Pela mesma lógica, é possível prever o resultado de um cálculo com 1.000 passos. O GEMPACK usa este processo, chamado *extrapolação*, que consiste em produzir estimativas altamente precisas da solução exata de grandes sistemas de equações não-lineares. No exemplo, o resultado extrapolado requer 7 (= 1 + 2 + 4) passos para calcular, mas é mais preciso que a estimativa obtida com um único cálculo de 7 passos. Alternativamente, pode-se dizer que a extrapolação permite obter dada precisão com um número menor de passos.

Cada passo de uma solução multi-passos requer:

- cálculos a partir dos coeficientes do sistema de equações linearizado – correspondendo às declarações de *Read* e *Formula* no arquivo TABLO;
- solução de um grande sistema de equações lineares; e
- atualização do banco de dados usando as variações calculadas para as variáveis.

Estes passos são ilustrados na Figura 9.

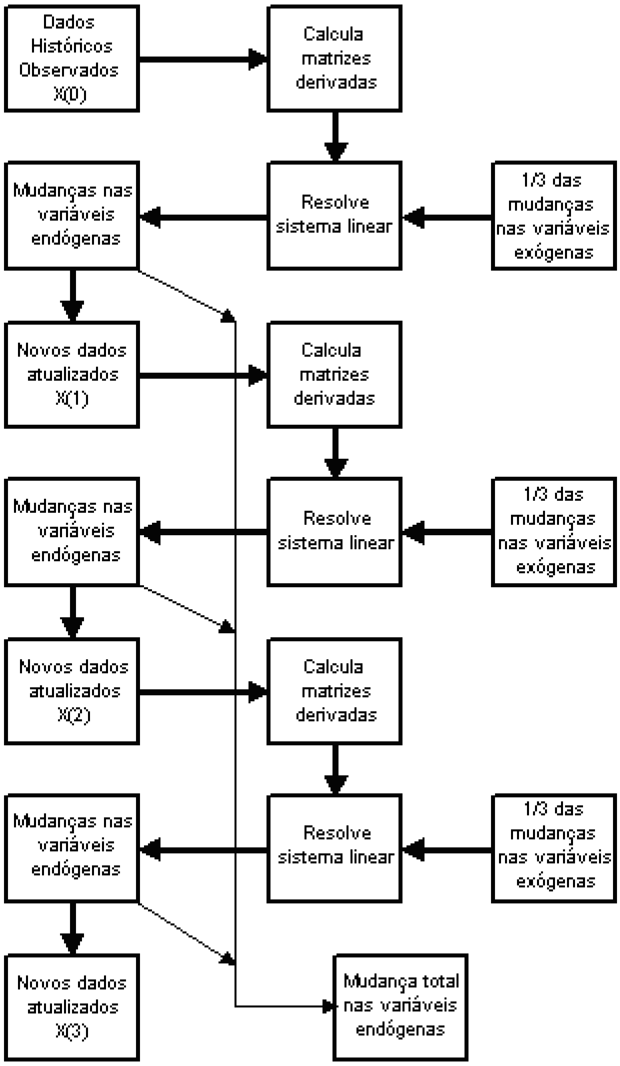

Figura 9 - O método de Euler em 3 passos no GEMPACK

O método de Euler é o mais simples dentre as diversas técnicas conhecidas de integração numérica – processo de usar equações diferenciais para passar de uma solução para outra. O GEMPACK disponibiliza várias destas técnicas para escolha do usuário. O método de Gragg – uma variação do método de Euler – é o mais eficiente.

5. Fechamento do modelo

Como todo modelo de EGC, o MINIBR tem um número maior de variáveis do que de equações. As variáveis podem ser divididas em dois grupos: variáveis endógenas – que são explicadas pelo modelo; variáveis exógenas – cujos valores devem ser fixados pelo usuário do modelo. A escolha de quais variáveis serão consideradas exógenas é chamada fechamento. Há liberdade – dentro de certos limites – para a escolha do fechamento preferido, sendo necessário obedecer à seguinte regra matemática:

Número de variáveis endógenas = Número de equações

Cada equação explica apenas uma variável. Isto sugere a seguinte estratégia para construir um fechamento válido:

(a) identificar a variável que cada equação explica: esta será endógena;

(b) as demais variáveis, não explicadas por qualquer equação, serão exógenas.

A Tabela 4 ilustra a aplicação dessa estratégia. As colunas à esquerda mostram nome e dimensão de cada variável. As colunas correspondentes à direita mostram nome e dimensão da equação que parece explicar aquela variável. Na maioria dos casos os nomes das equações estão relacionados à variável que aparece no LHS, assim a associação torna-se mais fácil.

Às vezes são necessárias várias equações diferentes para explicar todas as partes de uma variável. Por exemplo, a equação E_x (de dimensão COM*SRC*IMPUSER) explica toda a variável x (de dimensão COM*SRC*USER), exceto a parte associada ao usuário de exportação. As equações E_x4a e E_x4b explicam as partes associadas ao usuário de exportação.

Algumas variáveis são apenas parcialmente explicadas. Por exemplo, a variável x_s (demanda por bens compostos) tem dimensão COM*IMPUSER. As equações E_x1 e E_x3 explicam as partes de IMPUSER relativas a indústrias e famílias, mas o MINIBR não tem nenhuma equação que explica as partes daquela variável (x_s) associada a investimento e demandas do governo.

As últimas linhas da Tabela 4 mostram as variáveis não explicadas por qualquer equação: a maioria dessas são naturalmente exógenas. Estão incluídas: a taxa de câmbio, a demanda de investimentos e a demanda do governo, variáveis de mudança tecnológica, preços mundiais e impostos.

Tabela 4 - Variáveis associadas a equações

Variáveis totalmente explicadas por uma equação			
Variáveis	Dimensão	Equação	Dimensão
x0	COM*SRC	E_x0	COM*SRC
p_s	COM*IMPUSER	E_p_s	COM*IMPUSER
delB	1	E_delB	1
p1tot	IND	E_p1tot	IND
p2tot	1	E_p2tot	1
p3tot	1	E_p3tot	1
p4tot	1	E_p4tot	1
x4tot	1	E_x4tot	1
x1cap	IND	E_x1cap	IND
x1lab	IND	E_x1lab	IND
x1tot	IND	E_x1tot	COM
x3tot	1	E_x3tot	1
employ	1	E_employ	1
p1prim	IND	E_p1prim	IND
x1prim	IND	E_x1prim	IND
gret	IND	E_gret	IND
p0gdpexp	1	E_p0gdpexp	1
realwage	1	E_realwage	1
w0gdpexp	1	E_w0gdpexp	1
w0gdpinc	1	E_w0gdpinc	1
x0gdpexp	1	E_x0gdpexp	1
x0cif_c	1	E_x0cif_c	1
Variáveis totalmente explicadas por várias equações			
Variáveis	Dimensão	Equações	Dimensão
x	COM*SRC*USER	E_x	COM*SRC*IMPUSER
		E_x4a	COM
		E_x4b	COM
p	COM*SRC	E_pA	COM
		E_pB	COM
Variáveis parcialmente explicadas por várias equações			
Variáveis	Dimensão	Equações	Dimensão
x_s(COM,IND)	COM*IND	E_x1	COM*IND
x_s(COM,"ConsFamilias")	COM	E_x3	COM

Variáveis não explicadas por qualquer equação: lista de possíveis exógenas			
Variáveis	Dimensão	Descrição	Troca com
phi	1	Taxa de câmbio	
x_s(COM,"Investimento")	COM	Demanda de investimento	
x_s(COM,"ConsGoverno")	COM	Demanda do governo	
p1cap	IND	Preço do aluguel (renda) de capital	x1cap
p1lab	1	Salário nominal	realwage
w3tot	1	Consumo nominal das famílias	x3tot
a1prim	IND	Mudança técnica associada ao uso de fatores	
pworld	COM	Preços mundiais	
f4q	COM	Deslocador da demanda por exportação	
Delmtxrate	COM	Alíquota de imposto sobre importados	
Delptxrate	COM	Alíquota de imposto sobre a produção	

Embora as últimas linhas da Tabela 4 definam um fechamento matematicamente válido para o MINIBR, de fato foi escolhido um fechamento ligeiramente diferente. A partir do fechamento derivado mecanicamente da Tabela 4, foram trocados 3 pares de variáveis entre as listas de exógenas e endógenas:

- x1cap (estoque de capital) fica exógena, em substituição a p1cap (preços do aluguel de capital), que fica endógena;
- realwage (o salário real) fica exógena, em substituição a p1lab (o salário nominal) que fica endógena;
- x3tot (consumo real das famílias) fica exógena, em substituição a w3tot (consumo nominal das famílias), que fica endógena.

O fechamento resultante (bastante famoso) é mostrado na Tabela 5. É o fechamento originalmente implementado para aplicações de curto prazo do modelo ORANI[12].

Tabela 5 - Fechamento de curto prazo do ORANI

Variáveis	Dimensão	Descrição
phi	1	Taxa de câmbio ($ local)/($ estrangeira)
x_s(COM,"Investimento")	COM	Demanda de investimento
x_s(COM,"ConsGoverno")	COM	Demanda do governo
x1cap	IND	Estoque de capital corrente
realwage	1	Salário real
x3tot	1	Consumo real das famílias
a1prim	IND	Mudança técnica associada ao uso de fatores de produção
pworld	COM	Preços mundiais (em $ estrangeira)
f4q	COM	Deslocador da demanda por exportação
Delmtxrate	COM	Alíquota de imposto de importação
Delptxrate	COM	Alíquota de imposto sobre a produção

A escolha de um fechamento reflete dois tipos diferentes de considerações. Primeiro, o fechamento está associado com a idéia do *horizonte temporal* da simulação, isto é, ao período de tempo que seria necessário para as variáveis econômicas se ajustarem a um novo equilíbrio. A hipótese a respeito do horizonte temporal afeta o modo como se modela o mercado de fatores. Por exemplo, em uma simulação de curto prazo normalmente considera-se fixo o estoque de capital, como na Tabela 5. A idéia é que o estoque de capital leva algum tempo para se instalar, e também demora para ser afetado, no curto prazo, pelos choques. Fechamentos de curto prazo, freqüentemente, também admitem rigidez no mercado de trabalho - neste caso mantêm-se os salários reais fixos, sendo o em prego a variável de ajuste. A extensão do 'curto' prazo não é explícita, mas é normalmente pensada como sendo entre 1 e 3 anos.

Segundo, a escolha do fechamento é afetada pela necessidade de uma simulação particular e pela visão do modelador sobre a hipótese mais apropriada para aquelas variáveis que o modelo não explica. Por exemplo, o MINIBR não provê nenhuma teoria para explicar o nível agregado da demanda das famílias, x3tot. Na Tabela 5 ela simplesmente é mantida fixa. O investimento individual e a demanda do governo também são fixos. Então, se algum choque reduzir o PIB, a balança comercial (que é endógena) poderia mover-se em direção a um déficit, refletindo redução da

[12] O modelo ORANI para a economia australiana foi criado no início dos anos 1980 por Peter Dixon e outros, e agora tem descendentes em muitos outros países.

poupança nacional. Poderia ser desejável prevenir isto fixando a balança comercial, DelB, em vez de x3tot. Isto permitiria usar a variável endógena x3tot como um simples índice de bem-estar.

A Tabela 6 mostra um possível fechamento de longo prazo. Aqui:

- Os estoques de capital são livres para se ajustarem, enquanto as taxas de retorno do capital (gret) são mantidas fixas. Assume-se implicitamente um mercado de capital aberto, assim não existe nenhuma relação entre formação capital e poupança doméstica.
- O emprego agregado é fixo e o salário real se ajusta. Isto seria consistente com a idéia de que a oferta de trabalho e a taxa de desemprego são, no longo prazo, determinados por mecanismos exógenos ao modelo.
- Ao invés de x3tot (consumo real das famílias), exogeneizou-se DelB, a balança comercial como uma fração do PIB. A idéia aqui é que, no longo prazo o resto do mundo poderia relutar em financiar um aumento no déficit comercial do país.

Tabela 6 - Um fechamento de longo prazo possível

Variáveis	Dimensão	Descrição
phi	1	Taxa de câmbio ($ local)/($ estrangeira)
x_s(COM,"Investimento")	COM	Demanda de investimento
x_s(COM,"ConsGoverno")	COM	Demanda do governo
Gret	IND	Taxas de retorno ao capital
employ	1	Emprego agregado
DelB	1	Balança comercial/PIB
a1prim	IND	Mudança técnica associada ao uso de fatores de produção
pworld	COM	Preços mundiais (em $ estrangeira)
f4q	COM	Deslocador da demanda por exportação
Delmtxrate	COM	Alíquota de imposto de importação
Delptxrate	COM	Alíquota de imposto sobre a produção

Deve ser enfatizado que, sobretudo em um modelo mais complexo, muitos fechamentos podem ser usados para atender a diferentes propósitos. Não existe um único fechamento natural ou correto. Por outro lado, todo fechamento consistente deve satisfazer certos requisitos. Por exemplo, variáveis de preço nas equações do MINIBR sempre aparecem como razões de preço; isto é uma característica da maioria dos modelos neoclássicos nos quais somente preços relativos interessam. Deste modo, se existir uma solução do modelo, pode-se sempre criar outra solução apenas aumentando todos os preços locais em 10%, por exemplo. Então, para que o nível de preço local seja determinado, deve existir pelo menos uma variável exógena medida em unidades da moeda local. Esta variável – existe normalmente apenas uma – é chamada *numerário*. Nas Tabelas 5 e 6 a taxa de câmbio (phi) é o numerário. Outra escolha comum é p3tot, que é o índice de preço ao consumidor (IPC).

Por razões semelhantes, não existe nenhum mecanismo no MINIBR que determina o tamanho total da economia. Algumas variáveis de quantidade devem ser exógenas - essas freqüentemente incluem as dotações de fatores primários e os agregados de demanda final.

No MINIBR, assim como no ORANI, faltam equações que explicam:

- *Mudanças no nível de preço absoluto*. É necessário determinar exogenamente a taxa de câmbio ou algum índice de preço doméstico. Isto implica determinar, de maneira arbitrária, se variações na taxa de câmbio real se manifestam como mundanças nos preços domésticos ou como variações na taxa de câmbio. Porém, resultados para variáveis reais não são alterados em função desta decisão.
- *Oferta de trabalho*. É necessário determinar exogenamente o nível de salário médio (real ou nominal) ou o emprego. Este aspecto determina se um mercado de trabalho aquecido manifesta-se por meio de salários mais altos ou de emprego maior.
- *Mudanças no tamanho e na composição da absorção*. Esses elementos são determinados exogenamente ou então a Balança Comercial deverá ser mantida fixa enquanto um ou mais componentes da absorção se ajustam. Este aspecto determina que um aumento na renda nacional manifesta-se como um aumento na absorção ou, alternativamente, como uma melhoria na Balança Comercial.

6. Processamento do modelo usando o GEMPACK

As seções anteriores descreveram detalhadamente como as equações do MINIBR são especificadas usando a linguagem TABLO. A Figura 10 mostra como o GEMPACK usa esta especificação para gerar um programa destinado especialmente à resolução do modelo MINIBR. As equações estão contidas no arquivo TABLO denominado MINIBR.TAB, que é composto de todos os extratos listados anteriormente. Outro arquivo de texto, o MINIBR.STI, contém um pouco mais de detalhes do modelo.

O programa de TABLO converte o arquivo TAB e STI em um arquivo FORTRAN, MINIBR.FOR, que contém um código modelo-específico necessário para um programa de solução. O TABLO também produz dois arquivos auxiliares (AXS e AXT) contendo listas de nomes de variáveis e dados similares. Um compilador FORTRAN transforma o MINIBR.FOR em um programa executável MINIBR.EXE, que pode ser usado para resolver o modelo especificado pelo usuário nos arquivos TAB e STI.

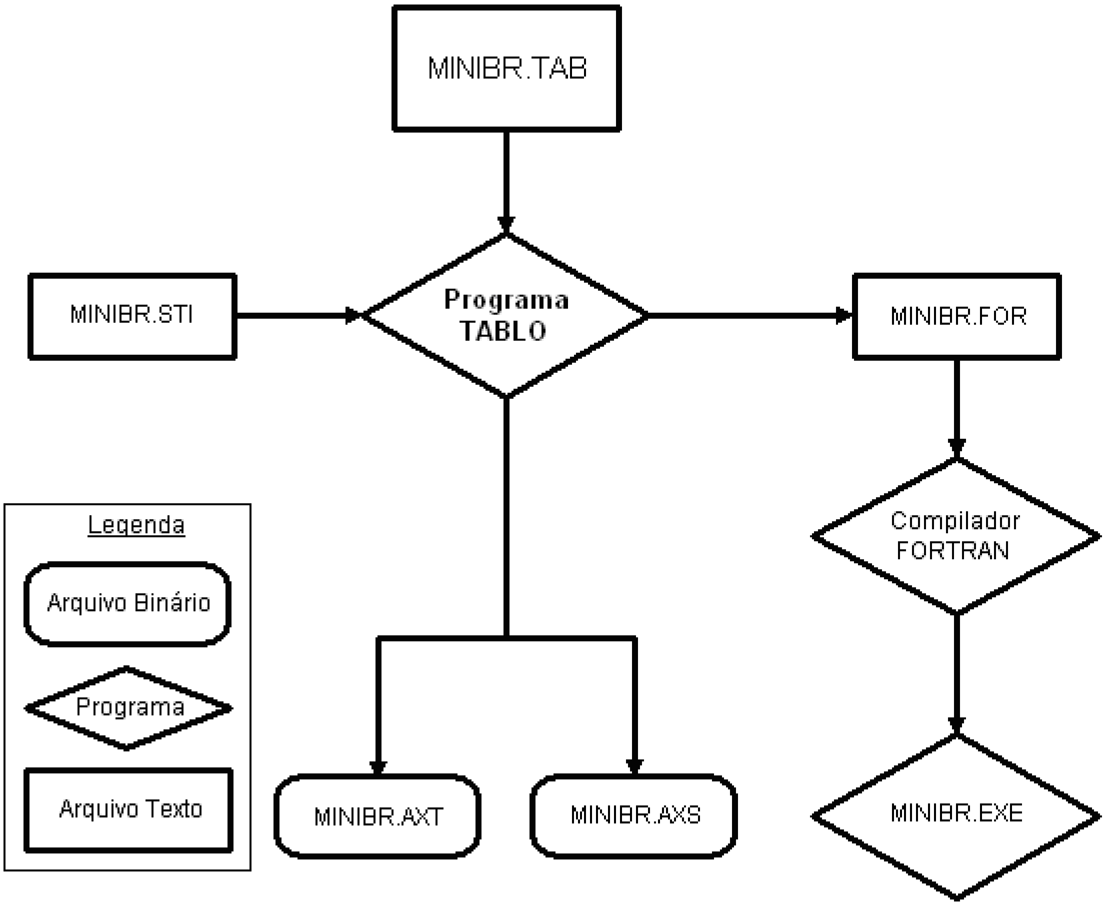

Figura 10 - Do arquivo TAB para o programa de solução específico do modelo

A Figura 11 mostra como o programa MINIBR.EXE processa os resultados de uma simulação. Ele deve ser usado em conjunto com os dois arquivos auxiliares, o MINIBR.AXS e o MINIBR.AXT.

Os arquivos de entrada necessários, do ponto de vista econômico, para o MINIBR são:

- O MINIBR.HAR, que contém todos os dados de fluxos e parâmetros necessários para descrever o equilíbrio inicial;
- O arquivo CMF, que contém detalhes do fechamento e choques associados com uma simulação particular.

Usando estes arquivos de entradas, o MINIBR.EXE fornece:

- Um arquivo de solução (SL4), mostrando os efeitos sobre as variáveis endógenas dos choques implementados. Os efeitos são expressos em variações percentuais a partir do equilíbrio inicial;
- Um arquivo de atualização de dados, do mesmo formato que o MINIBR.HAR, porém, contendo todos os fluxos necessários para descrever o equilíbrio após o choque; e
- Dois arquivos de sumário, contendo subtotais, gerados a partir do arquivo de dados inicial ou do arquivo de dados pós-choque.

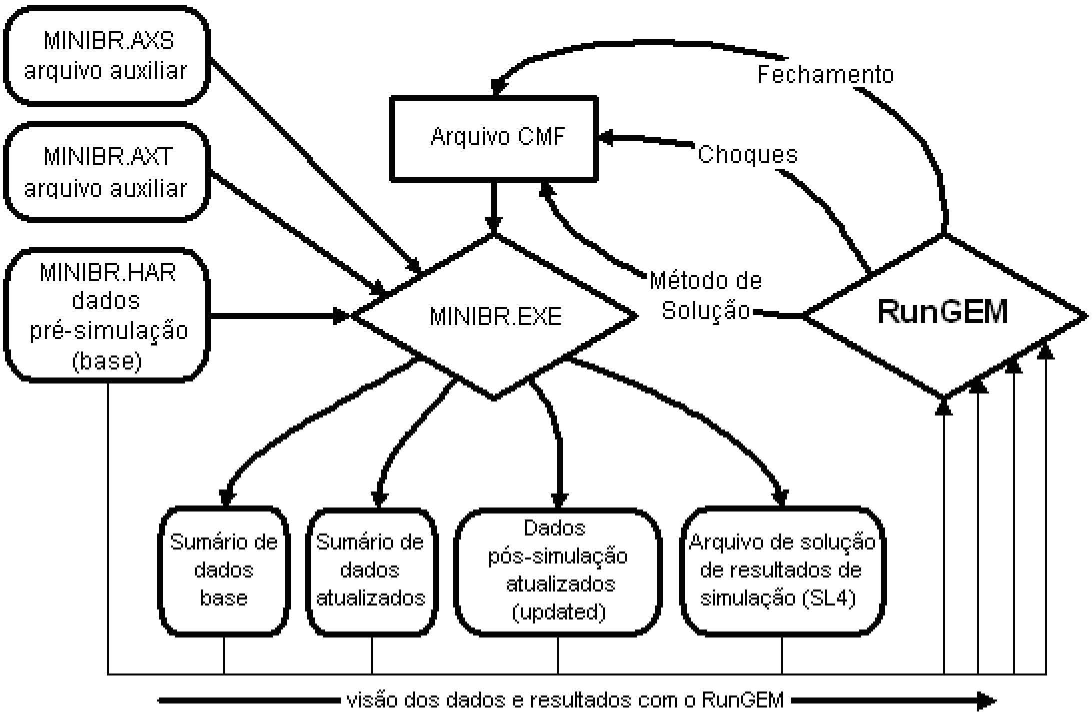

Figura 11 - Como o RunGEM controla o programa TABLO

O programa MINIBR.EXE não é um programa Windows, mas uma linha-de-comando, e pode ser rodado a partir do *prompt* de comando (também conhecido como um “box do DOS”). Os leitores mais velhos devem se lembrar da época, antes de Windows, em que todos os programas eram deste tipo. Até hoje, muitos usuários do GEMPACK preferem trabalhar a partir do *prompt*.

O GEMPACK também disponibiliza alguns programas em Windows convencionais que ajudam o modelador que prefere não usar o *prompt*. O RunGEM é um destes programas. O RunGEM é destinado a auxiliar na realização de simulações. Ele ajuda o modelador na escolha de fechamento e choques e cria um arquivo CMF para armazenar estes dados. Depois ele roda o MINIBR.EXE para produzir um arquivo de solução. Após a simulação é fácil visualizar os resultados na forma de variações percentuais, ou examinar os bancos de dados pré ou pós-simulação.

Tudo que o RunGEM faz é esconder do modelador muitos dos detalhes complexos para rodar uma simulação (como os nomes e localização de inúmeros arquivos). Implicitamente, ele trabalha do mesmo modo que um programa tradicional em linha-de-comando.

7. Simulação ilustrativa

Nesta seção apresenta-se uma simulação típica com o uso do MINIBR. A simulação consiste de um aumento de 10% no consumo agregado real das famílias, x3tot. O fechamento padrão de curto prazo do ORANI é utilizado com um método de solução por extrapolação do tipo Gragg 2-4-6 passos. Uma possível razão para o aumento do consumo agregado poderia ser uma redução substancial, por parte do governo, dos impostos sobre a renda, os quais não são modelados no MINIBR.

A Figura 12 é uma representação esquemática do macro ambiente de curto prazo. Na figura os retângulos contêm variáveis exógenas e as elipses contêm variáveis endógenas. As setas indicam o sentido de causalidade. Deste modo, pelo lado da oferta agregada, estoque de capital (x1cap), tecnologia (a1prim) e o salário real são exógenos. Com o salário real dado, o modelo pode determinar o emprego agregado. Com o emprego, tecnologia e capital determinados, o produto agregado (PIB) também pode ser determinado.

Do lado da demanda, todos os componentes da absorção doméstica são fixos: consumo agregado real das famílias (x3tot); toda a demanda do governo e toda a demanda de investimento (partes de x_s). Com o PIB determinado pelo lado da oferta, e dada a absorção doméstica, a balança comercial deve se ajustar para satisfazer a identidade do PIB. Deste modo, se o choque em x3tot fizer a balança comercial se mover em direção a um déficit, o PIB aumentará menos que a absorção doméstica.

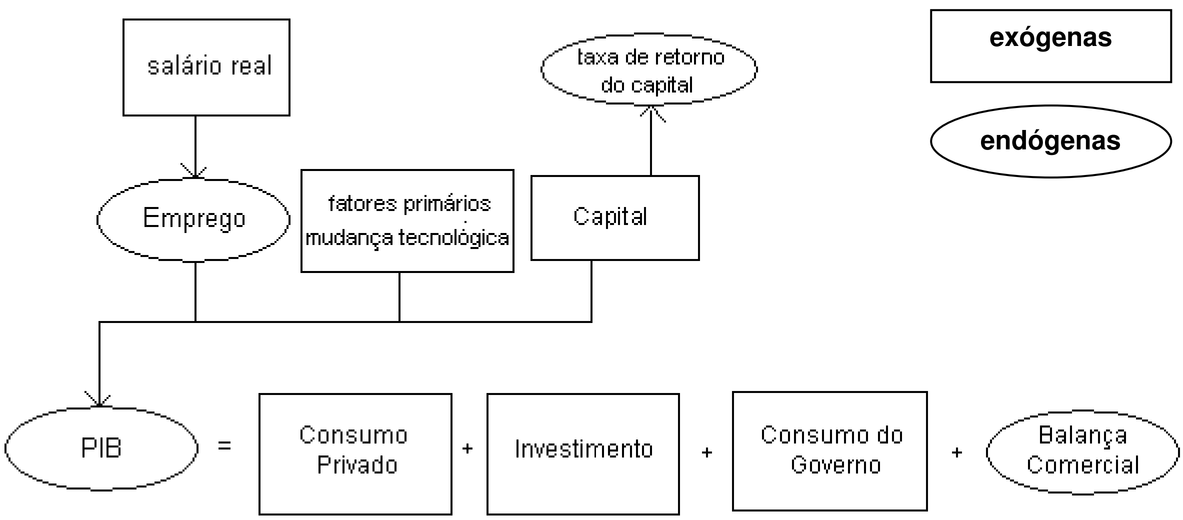

Figura 12 - Representação esquemática do fechamento de Curto-Prazo do ORANI

Os resultados da simulação são mostrados nas Tabelas 7 e 8. A Tabela 9 contém algumas participações no banco de dados que são úteis na explicação dos resultados. Essas participações são extraídas do arquivo sumário descrito no Extrato 15.

Tabela 7 - Resultados macro do aumento no consumo

Variáveis	Descrição	Variação %
employ	Emprego agregado	4,29
p1lab	Taxa de salário da economia como um todo	16,13
p3tot	Índice de preços ao consumidor	16,13
phi	Taxa de câmbio (R$ local)/($ estrangeira)	0,00
realwage	Taxa de salário deflacionada pelo IPC	0,00
w3tot	Consumo das famílias, total nominal	27,73
x3tot	Consumo das famílias, total real	10,00
w0gdpexp	PIB nominal pela ótica da renda	20,19
w0gdpinc	PIB nominal pela ótica do dispêndio	20,19
p0gdpexp	Deflator do PIB, ótica do dispêndio	17,53
x0gdpexp	PIB real pela ótica do dispêndio	2,26
x4tot	Índice de volume das exportações	-26,69
p4tot	Índice de preço das exportações	14,95
p2tot	Índice de preço do investimento	14,10
x0cif_c	Índice de volume das importações, preços CIF	22,29
delB	Balança Comercial/PIB (variação ordinária)	-0,02

Tabela 8 - Resultados setoriais do aumento no consumo

Variáveis	Descrição	Agropec	Minerac	Manufat	Agroindus	ComTransp	ConstCivil	Servicos
p1cap	Preço do aluguel do capital	22,91	7,83	16,29	20,86	18,54	16,86	21,49
p1prim	Preço do fator primário composto	21,88	11,57	16,23	18,56	16,49	16,71	18,18
p1tot	Custo de produção	19,75	12,96	13,68	16,94	15,61	15,56	17,52
x1lab	Emprego	1,37	-7,46	0,18	4,77	3,52	0,88	5,86
x1prim	Uso do fator primário composto	0,20	-3,51	0,07	2,26	2,97	0,17	3,54
x1tot	Produção setorial	0,20	-3,51	0,07	2,26	2,97	0,17	3,54
x(part)	Exportações	-90,59	-17,08	-20,01	-19,89	-60,47	-14,03	-28,83
gret	Taxa de retorno bruta	7,73	-5,50	1,92	5,92	3,89	2,42	6,48
x0(imp)	Importações totais	42,55	8,13	15,47	41,57	36,03	31,80	41,93
p(dom)	Preços p/ o usuário de domésticos	19,75	12,96	13,68	16,94	15,61	15,56	17,52
p(imp)	Preços p/ o usuário de importados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 9 - Algumas participações no banco de dados

	Agropec	Minerac	Manufat	Agroindus	ComTransp	ConstCivil	Servicos	Média
Part. nos custos								
Bens domésticos	0,38	0,69	0,58	0,75	0,48	0,36	0,26	0,50
Bens importados	0,01	0,04	0,10	0,04	0,03	0,02	0,01	0,04
Trabalho	0,09	0,13	0,12	0,10	0,42	0,12	0,45	0,20
Capital	0,51	0,15	0,20	0,11	0,08	0,50	0,29	0,26
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Part. nas vendas								
Cons. intermediário	0,67	0,82	0,59	0,36	0,43	0,09	0,30	0,47
Investimento	0,05	0,02	0,11	0,02	0,03	0,91	0,00	0,16
Famílias	0,27	0,03	0,23	0,52	0,50	0,00	0,41	0,28
Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,04
Exportações	0,02	0,12	0,07	0,11	0,04	0,00	0,01	0,05
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Part. dos importados	0,03	0,10	0,16	0,05	0,02	0,00	0,02	
Part. do capital	0,85	0,54	0,62	0,52	0,15	0,80	0,39	
Produção	95.166	82.480	232.692	134.144	130.727	99.137	486.389	

Obs: Possíveis diferenças entre totais e valores das colunas ou linhas são devido ao processo de arredondamento.

No banco de dados da Tabela 1 pode-se verificar que o consumo das famílias consiste, principalmente, dos produtos Serviços, Agroindústria, Comércio e Transporte, e Manufaturas, produzidos domesticamente. Já na Tabela 9 pode-se observar que esses mesmos setores vendem a maior parcela de seus produtos para as famílias.

No ambiente de curto prazo, com o estoque de capital fixo, a única forma daqueles setores aumentarem a produção é contratando mais trabalho. Entretanto, unidades adicionais de trabalho não são tão produtivas quanto o trabalho existente (há um declínio na produtividade marginal do trabalho). Isto significa que o custo unitário de produção aumenta. No curto prazo, isto é representado por um deslocamento para cima e para a direita ao longo da curva de oferta (veja Figura 13).

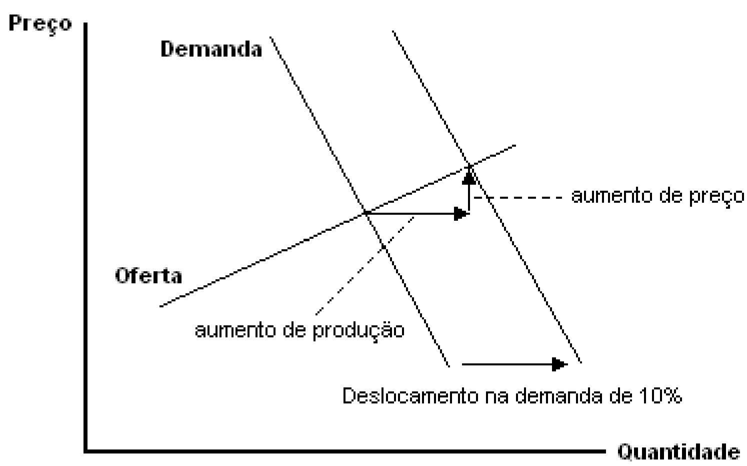

Figura 13 - Efeitos de um aumento da demanda

Isto pode ser visto a partir das três equações que descrevem a demanda por fatores primários, nos Extratos 5 e 6:

x1prim(i) = a1prim(i) + x1tot(i)

x1prim(i) = S1LAB (i)*x1lab(i) + S1CAP (i)*x1cap(i)

x1lab(i) = x1prim(i) – SIGMA1PRIM(i)*[p1lab – p1prim(i)]

em que S1LAB e S1CAP são as participações do trabalho e do capital no valor adicionado. Aqui assume-se que a eficiência (a1prim) e o estoque de capital (x1cap) são fixos, (isto é, = 0). Conseqüentemente, considerando-se que:

p1prim(i) = S1LAB (i)*p1lab(i) + S1CAP (i)*p1cap(i)

pode-se deduzir:

x1tot(i) = S1LAB (i)*x1lab(i)

x1lab(i) = SIGMA1PRIM(i)*[p1cap(i) – p1lab]

em que S1LAB (i) é a participação dos salários no valor adicionado. A primeira dessas equações diz que, para aumentar a produção em 1% é necessário aumentar a quantidade empregada de trabalho em mais de 1%. A segunda diz que se aumentar a utilização do fator trabalho, as rendas das unidades de capital devem crescer mais rápido que os salários – que são indexados pelo IPC. Então, aumento na produção significa aumento maior nas rendas (remuneração) do capital, uma vez que as rendas do capital são parte dos custos de produção. Isto implica que os custos de produção devem aumentar com o aumento do produto. Quanto mais capital-intensivo for o setor, maior será o aumento no custo de produção. O maior aumento de preço é para o Agropecuário (p1tot, linha da Tabela 8); este também tem a maior participação do capital no valor adicionado (parte inferior da Tabela 9).

Aumento no preço do produto de um setor aumenta o custo dos insumos nos setores demandantes – levando a maiores aumentos de preços. Neste fechamento de curto prazo, o salário real foi mantido fixo. Isto significa que um aumento no preço dos bens ao consumidor aumenta o salário, que novamente aumenta o custo de todos os setores. Este mecanismo causa aumento nos preços de todos os bens domésticos, até para setores que não vendem para as famílias. As curvas de oferta para todos os setores são deslocadas para cima em, aproximadamente, 16,1% - o montante de aumento no IPC.

Os setores *non-tradable*, que se deparam com curvas de demanda inelásticas, são capazes de repassar os aumentos no custo para seus consumidores sem perda de vendas. Já os setores orientados para exportação, não podem fazer isso. Setores que enfrentam significativa competição com importados, tal como Manufaturados (Manufat), também são vulneráveis. O efeito da elasticidade de demanda é mostrado nos dois diagramas da Figura 14, representando dois setores diferentes. A curva de oferta de cada setor desloca-se para cima, representando o efeito do aumento nos custos dos insumos. No diagrama à esquerda é representado um setor *non-tradable*, tal que sua demanda inelástica permite que o aumento de custo seja repassado sem muita redução na quantidade. O diagrama à direita representa um setor exposto ao comércio internacional. Nesse diagrama, a elasticidade da demanda causa maior queda na quantidade, e o preço sobe menos, do que no diagrama à esquerda.

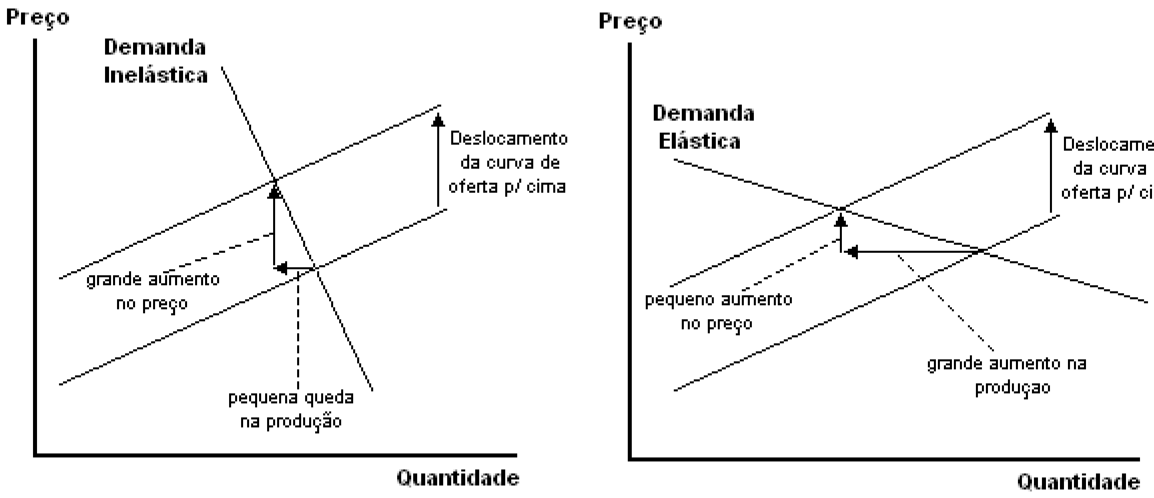

Figura 14 - Efeitos de aumento nos custos dos insumos

O efeito do aumento nos preços do produto em um setor exportador, tal como Mineração ou Agroindústria, é de uma queda nas vendas externas. Para um setor que compete com importações, o efeito é que as importações aumentam em detrimento das vendas domésticas. Ambos os efeitos podem ser vistos na Tabela 8. Na Tabela 7 pode ser observado que as exportações totais caem enquanto importações aumentam.

A Figura 14 mostra apenas os efeitos negativos sobre o consumo, decorrente de aumento nos preços. Setores voltados para o mercado doméstico também experimentam benefícios do aumento da demanda. Isso poderia ser representado por um deslocamento para a direita da curva de demanda (veja Figura 13). O efeito seria um aumento nos preços e na produção. Para a maioria dos setores, o efeito positivo sobre a produção decorre do aumento na demanda superar o efeito negativo do aumento nos custo dos insumos.

O crescimento dos preços e seu efeito sobre importações (aumento) e exportações (queda) explicam porque os estímulos ao PIB são muito pequenos. Considere a seguinte equação:

$$PIB = C + I + G + (X - M)$$

Uma vez que o consumo das famílias representava mais ou menos 61% do PIB poder-se-ia imaginar, equivocadamente, que um aumento de 10% no consumo agregado aumentaria o PIB em, aproximadamente, 6,1%. Porém, em função da queda na balança comercial, o real aumento do PIB, de acordo com o modelo, seria de apenas 2,3%, aproximadamente.

7.1. Uma interpretação estático-comparativa dos resultados do modelo

Como muitos modelos de EGC, o MINIBR é construído para simulações estático-comparativas. Todas as suas equações e variáveis se referem implicitamente à economia em algum período de tempo futuro.

Essa interpretação é ilustrada pela Figura 15, onde os valores do emprego são plotados em relação ao tempo. A letra **A** indica o nível de emprego no período base (período 0) e **B** o nível de emprego que se atingiria em **T** anos, caso não ocorressem choques exógenos - como é o caso do aumento no consumo. Com o aumento no consumo o emprego atingiria o nível **C**, com tudo mais permanecendo constante. A variação percentual de 4,29% (da Tabela 7) no emprego é 100.(C–B)/B, mostrando como o nível de emprego no período **T** seria afetado pelo aumento no consumo.

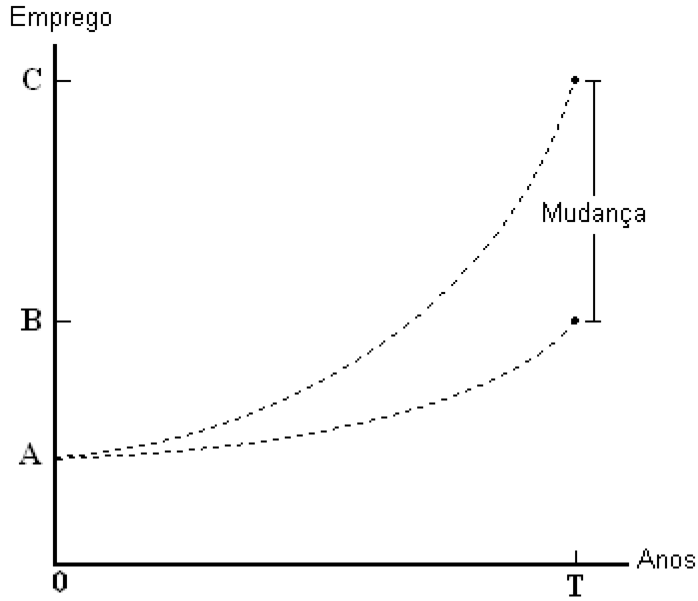

Figura 15 - Interpretação estático-comparativa dos resultados

O valor de **T** está relacionado à escolha do fechamento. Com o fechamento de curto prazo assume-se que:

- **T** é extenso o suficiente para que variações de preço possam ser transmitidas à economia, e para que a substituição preço-induzida possa acontecer.
- **T** não é extenso o suficiente para que decisões de investimento possam afetar muito o tamanho útil dos estoques de capital setoriais. Isto porque novas instalações e equipamentos levam tempo para serem produzidos e instalados.

Uma estimativa típica de **T** poderia ser dois anos. Assim, poderíamos interpretar o resultado sobre o emprego como significando: um aumento de 10% no consumo poderia elevar o emprego, em um período de dois anos, a 4,29% acima do que seria (no período de dois anos) se o aumento no consumo não ocorresse.

8. Avançando em direção a modelos de EGC mais complexos

O MININAL é um modelo simplificado, criado para fins didáticos. Um modelo de EGC mais realista, como aqueles utilizados pelos governos para análise de política, seria muito mais complexo. Certamente existiriam muito mais setores. Além disso, seria possível ver:

- Mais fatores primários, como terra, recursos naturais ou tipos diferentes de trabalho;
- Mais colunas de demanda final, correspondendo à variação de estoques, múltiplas famílias, ou diferentes tecnologias de investimento para cada indústria;
- Impostos sobre produtos e fluxos de margens específicos para produtos e usuários;
- Multi-produção, permitindo a um setor produzir mais de um produto, ou que vários setores produzam o mesmo produto;
- Uma maior variedade de variáveis de mundança técnica;
- Parcelas de consumo que dependam tanto da renda quanto dos preços relativos;
- Tecnologia de produção mais complexa, com mais tipos de substituição (por exemplo, entre capital e energia);
- Mais índices macro e outras variáveis destinadas a sintetizar e apresentar os resultados;
- Um setor financeiro, relacionando taxas de juros à demanda por moeda (como em um modelo macro);
- Equações relacionando investimento em cada setor à rentabilidade daquele setor;
- Múltiplas regiões, seja de um país ou do mundo todo;
- Múltiplos períodos de tempo, com relações dinâmicas ligando os períodos;
- Comportamento dinâmico limitado, tais como equações relacionando crescimento do capital ao investimento, bem como uma de previsão de variações simuladas acontecendo ao longo do tempo. Em termos da Figura 12, resultados de uma previsão base poderia se referir à variação de **A** para **B**. Outro conjunto de resultados, incorporando alguma variação de política, se referiria à variação de **A** para **C**.

Esta lista poderia ser facilmente estendida. Não obstante, a maioria dos modelos mais realistas de EGC apresenta uma grande semelhança com o MINIBR. Um leitor cuidadoso deste documento facilmente entenderia o código do GEMPACK para modelos maiores. Os mecanismos que governam as simulações no MINIBR são exatamente os mesmos que em modelos maiores, de maneira que a destreza na explicação dos resultados pode também ser transferida do MINIBR para grandes modelos.

ANEXO 1- Informações utilizadas na simulação ilustrativa do Manual MINIBR

USO NA DISCIPLINA: MODELOS COMPUTÁVEIS DE EQUILÍBRIO GERAL
ESCOLA SUPERIOR DA AGRICULTURA LUIZ DE QUEIRÓZ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Profº Responsável: Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho

Tabela 10 – Definição dos conjuntos utilizados no manual

Uitlizados no texto	Definição
Agropec	Agropecuária
Minerac	Mineração
Manufat	Manufaturados
Agroindus	Agroindústria
ComTransp	Comércio e Transporte
ConstCivil	Construção Civil
Servicos	Serviços
Investimento	Investimento
ConsFamilias	Consumo das Famílias
Exportacao	Exportação de Bens e Serviços
ConsGoverno	Consumo do Governo

Tabela 11 – Agregação realizada no manual do MINIBR

Conjuntos	Mapping - Produtos e Atividades		Mapping - Usuários	
NewInd_7 /NewCom_7	**IND_42 /COM_42**	**MapNewInd_7 / MapNewcom_7**	**USER_42**	**USE_11**
Agropec	Agropec	Agropec	Agropec	Agropec
Minerac	ExtratMiner	Minerac	ExtratMiner	Minerac
Manufat	ExtrPetrGas	Minerac	ExtrPetrGas	Minerac
Agroindus	MinNaoMetal	Minerac	MinNaoMetal	Minerac
ComTransp	Siderurgia	Minerac	Siderurgia	Minerac
ConstCivil	MetalNaoFerr	Minerac	MetalNaoFerr	Minerac
Servicos	OutrMetalur	Minerac	OutrMetalur	Minerac
	MaquiTrator	Manufat	MaquiTrator	Manufat
	MatEletrico	Manufat	MatEletrico	Manufat
NewUser_7	EquipEletron	Manufat	EquipEletron	Manufat
Agropec	Automoveis	Manufat	Automoveis	Manufat
Minerac	OutVeicPecas	Manufat	OutVeicPecas	Manufat
Manufat	MadeirMob	Manufat	MadeirMob	Manufat
Agroindus	PapelGrafic	Manufat	PapelGrafic	Manufat
ComTransp	IndBorracha	Manufat	IndBorracha	Manufat
ConstCivil	ElemQuimic	Manufat	ElemQuimic	Manufat
Servicos	RefinoPetrol	Manufat	RefinoPetrol	Manufat
Investimento	QuimicDivers	Manufat	QuimicDivers	Manufat
Exportacao	FarmacPerfum	Manufat	FarmacPerfum	Manufat
ConsGoverno	ArtigPlastic	Manufat	ArtigPlastic	Manufat
ConsFamilias	IndTextil	Agroindus	IndTextil	Agroindus
	ArtigVestu	Agroindus	ArtigVestu	Agroindus
	FabricCalc	Agroindus	FabricCalc	Agroindus
NewDemFin_4	IndCafe	Agroindus	IndCafe	Agroindus
Investimento	BenefVeget	Agroindus	BenefVeget	Agroindus
Exportacao	AbateAnim	Agroindus	AbateAnim	Agroindus
ConsGoverno	IndLaticin	Agroindus	IndLaticin	Agroindus
ConsFamilias	IndAcucar	Agroindus	IndAcucar	Agroindus
	FabOleoVeg	Agroindus	FabOleoVeg	Agroindus
	OutProdAlim	Agroindus	OutProdAlim	Agroindus
	IndDiversas	Manufat	IndDiversas	Manufat
	SIUP	Servicos	SIUP	Servicos
	ConstCivil	ConstCivil	ConstCivil	ConstCivil
	Comercio	ComTransp	Comercio	ComTransp
	Transportes	ComTransp	Transportes	ComTransp
	Comunicac	Servicos	Comunicac	Servicos
	InstitFinanc	Servicos	InstitFinanc	Servicos
	ServFamilias	Servicos	ServFamilias	Servicos
	ServEmpresas	Servicos	ServEmpresas	Servicos
	Alug_Imoveis	Servicos	Alug_Imoveis	Servicos
	AdmPublica	Servicos	AdmPublica	Servicos
	ServPriNMerc	Servicos	ServPriNMerc	Servicos
			Investimento	Investimento
			Exportacao	Exportacao
			Estoques	Investimento
			ConsGoverno	ConsGoverno
			ConsFamilias	ConsFamilias

Tabela 12 – Elasticidades utilizadas para simulação ilustrativa no manual do MINIBR

	Elasticidade de substituição entre fatores primários (Capital/Trabalho)	Elasticidade de substitiução doméstico/importado (Armington)	Elasticidade de demanda por exportações
	SIGMA1PRIM	SIGMA	EXP_ELAST
1 Agropec	0,240	1,910	13,240
2 ExtratMiner	0,200	0,800	1,724
3 ExtrPetrGas	0,200	0,820	2,460
4 MinNaoMetal	1,260	0,760	1,235
5 Siderurgia	1,260	0,220	1,770
6 MetalNaoFerr	1,260	1,390	1,142
7 OutrMetalur	1,260	1,140	1,201
8 MaquiTrator	1,260	1,780	2,263
9 MatEletrico	1,260	0,160	1,185
10 EquipEletron	1,260	0,230	1,044
11 Automoveis	1,260	4,950	1,000
12 OutVeicPecas	1,260	0,260	1,192
13 MadeirMob	1,260	2,730	1,134
14 PapelGrafic	1,260	0,540	0,999
15 IndBorracha	1,260	1,180	0,999
16 ElemQuimic	1,260	1,240	2,077
17 RefinoPetrol	1,260	0,230	5,090
18 QuimicDivers	1,260	0,560	3,290
19 FarmacPerfum	1,260	0,520	0,800
20 ArtigPlastic	1,260	1,120	3,035
21 IndTextil	1,260	1,820	4,545
22 ArtigVestu	1,260	1,720	0,404
23 FabricCalc	1,260	0,570	0,885
24 IndCafe	1,120	3,100	0,409
25 BenefVeget	1,120	2,350	1,942
26 AbateAnim	1,120	3,470	2,116
27 IndLaticin	1,120	1,830	2,639
28 IndAcucar	1,120	2,200	0,349
29 FabOleoVeg	1,120	2,220	1,323
30 OutProdAlim	1,120	0,960	0,753
31 IndDiversas	1,260	2,460	0,267
32 SIUP	1,260	1,900	0,762
33 ConstCivil	1,400	1,900	1,045
34 Comercio	1,680	1,900	1,217
35 Transportes	1,680	1,900	8,362
36 Comunicac	1,260	1,900	1,064
37 InstitFinanc	1,260	1,900	2,103
38 ServFamilias	1,260	1,900	2,982
39 ServEmpresas	1,260	1,900	0,845
40 Alug_Imoveis	1,260	1,900	1,978
41 AdmPublica	1,260	1,900	3,628
42 ServPriNMerc	1,260	1,900	1,045

Fonte: SIGMA1PRIM (extraídas do banco de dados GTAP); SIGMA (15 valores foram extraídos do GTAP e demais de TOURINHO, O. A. F.; KUME, H.; PEDROSO, A. C. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2001. Texto para Discussão IPEA, n. 901. Rio de Janeiro: IPEA, agosto, 2003.); EXP_ELAST (Domingues, E. P.. Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Area de Livre Comércio das Américas. (Tese de Doutorado). Departamento de Economia/IPE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.