

# IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS E SOCIAIS DE CENÁRIOS DE MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL ATÉ 2030





# Implicações Econômicas e Sociais dos Cenários de Mitigação de GEE

## Relatório Técnico

Autores:

William Wills e Carolina Grottera (Centro Clima/COPPE/UFRJ)

Citação:

WILLS, W. e GROTTERA, C. (2015). Cenários Econômicos e Sociais. In: LA ROVERE, E. L. et al. – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Projeto IES Brasil, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

## EQUIPE DO PROJETO IES-Brasil

### FORUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Luiz Pinguelli Rosa – Coordenador Geral

Neilton Fidelis – Coordenador Executivo

### CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ – COORDENAÇÃO TÉCNICA

Emilio Lèbre La Rovere – Líder de Pesquisa e Modelagem

William Wills – Coordenador de Pesquisa e Modelagem Macroeconômica

Carolina Burle Schmidt Dubeux, Amaro Olímpio Pereira Junior e Sergio Henrique Ferreira da Cunha –  
Coordenadores de Estudos Setoriais

Isabella da Fonseca Zicarelli – Assistente de Coordenação

### ECOSYNERGY – EQUIPE DE FACILITAÇÃO

Barbara C. P. Oliveira – Líder de Processo e Facilitação

Sergio Marcondes

Luisa Santos Sette Câmara Moreira

### EQUIPE DE MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills, Carolina Grottera, Romulo Neves Ely – Centro Clima/COPPE/UFRJ

Julien Lefevre – CIRED/CNRS (*Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*)

### EQUIPE DE ESTUDOS SETORIAIS

**Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU):** Marcelo Melo Ramalho Moreira, Leila Harfuch, Willian Kimura, Luciane Chiodi Bachion, Rodrigo Lima, Wilson Zambianco e André Nassar – Agroicone; Carolina B. S. Dubeux e Michele K.C. Walter – Centro Clima/COPPE/UFRJ

**Setor Energético:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Sergio Henrique Ferreira da Cunha, Thauan Santos, Mariana Weiss, Larissa Albino da Silva Santos e Patricia Turano de Carvalho – Centro Clima/COPPE/UFRJ

**Setor Industrial:** Shiguelo Watanabe Jr, Roberto Kishinami e Ana Toni – CO2 Consulting

**Setor de Resíduos:** Saulo Machado Loureiro e Carolina B.S. Dubeux – Centro Clima/COPPE/UFRJ e Victor Zveibil

**Setor de Transporte:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Luan Santos e Luiza Di Beo Oliveira – Centro Clima/COPPE/UFRJ

### EQUIPE DE COMUNICAÇÃO

Roberta Nadalutti La Rovere

### GERÊNCIA ADMINISTRATIVA

Charlotte Heffer – Gerente de Projeto

Mariana Portellada – Assistente Administrativa

Yuri Ramos Alves – Estagiário

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. O projeto IES-Brasil .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Metodologia de Modelagem.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Elaboração dos Cenários.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Descrição geral dos cenários.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Cenário de Plano Governamental (CPG) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Cenários de Mitigação Adicional (MA).....</b>	<b>9</b>
<b>3. Premissas utilizadas na modelagem.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Premissas comuns a todos os cenários .....</b>	<b>14</b>
3.1.1. População mundial.....	14
3.1.2. Atividade econômica mundial.....	15
3.1.3. Preço internacional do petróleo .....	16
3.1.4. População nacional .....	16
3.1.5. Evolução da produtividade do trabalho.....	17
<b>3.2. Premissas utilizadas na calibração do Cenário de Plano Governamental (CPG) .....</b>	<b>17</b>
3.2.1. Cenário macroeconômico .....	17
3.2.2. Cenário setorial .....	21
<b>3.3. Notas Técnicas produzidas para auxiliar a modelagem .....</b>	<b>25</b>
3.3.1. Nota Técnica I – Impactos do Pré-Sal sobre a taxa de câmbio e a balança comercial (Prof. Edson Domingues – Cedeplar/UFMG).....	25
3.3.2. Nota Técnica II – Elasticidades renda e preço para diferentes classes de renda (Prof. Edson Domingues – Cedeplar/UFMG).....	25
3.3.3. Nota Técnica III – Considerações sobre a distribuição da renda da terra entre agentes econômicos (Prof. Ângelo Gurgel – FGV/SP).....	26
3.3.4. Nota Técnica IV – Considerações sobre o crescimento econômico mundial e as exportações e importações brasileiras (Prof. Ângelo Gurgel – FGV/SP).....	26
<b>4. Resultados e Discussão.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1. Produto Interno Bruto (PIB) e PIB per capita .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. Investimento.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3. Produção total e postos de trabalho .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4. Comércio exterior .....</b>	<b>43</b>
4.4.1. Exportações Líquidas.....	43
<b>4.5. Preços.....</b>	<b>45</b>
<b>4.6. Resultados socioeconômicos – Renda, Poder de Compra e Níveis de Consumo das Famílias</b>	<b>47</b>
4.6.1. População.....	47
4.6.2. Renda .....	48
4.6.3. Consumo das famílias.....	50
<b>4.7. Emissões de GEE e custo das medidas de mitigação.....</b>	<b>61</b>
4.7.1. Custo unitário das medidas de mitigação, investimento associado e curvas de Custo Marginal de Abatimento.....	61
4.7.2. Investimento total em mitigação de emissões .....	69
4.7.3. Emissões e intensidade de carbono por habitante e por unidade monetária.....	69
<b>4.8. Desafios e requisitos para implantação .....</b>	<b>74</b>
<b>5. 6. Limitações e Recomendações para Estudos Futuros .....</b>	<b>75</b>

<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo I – O modelo IMACLIM-BR – Aspectos teóricos e calibração.....</b>	<b>79</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo II – Notas técnicas.....</b>	<b>108</b>
<b>Nota Técnica I: Impacto do Pré-Sal e elasticidades de comércio em modelos de equilíbrio geral computável – Implicações de modelagem para o IMACLIM-BR .....</b>	<b>108</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>125</b>
<b>Nota Técnica II: Estimativas de elasticidade-renda e preço do consumo no Brasil, e desagregação por classes do vetor de consumo – Aplicações em modelos CGE e seu uso no IMACLIM-BR .....</b>	<b>137</b>
<b>Referências .....</b>	<b>152</b>
<b>Nota Técnica III: Metodologia para separação da renda da terra entre agentes .....</b>	<b>159</b>
<b>Nota Técnica IV: Considerações sobre o crescimento econômico mundial e as exportações e importações brasileiras .....</b>	<b>171</b>
<b>Anexo III – Composição da despesa familiar média por classe de renda.....</b>	<b>181</b>

## Figuras

Figura 1.	Abordagem metodológica: Esquema da Modelagem.....	3
Figura 2.	População mundial (bilhões) .....	15
Figura 3.	Taxa média de crescimento do PIB mundial .....	15
Figura 4.	População nacional (milhões).....	16
Figura 5.	Crescimento do PIB (variação real anual – % a.a.) – Média histórica e projeção	18
Figura 6.	Participação dos macro-setores na economia .....	22
Figura 7.	PIB doméstico para os diferentes cenários (trilhões R\$ 2005) .....	28
Figura 8.	PIB per capita para os diferentes cenários (R\$ 2005) .....	28
Figura 9.	Taxa de investimento (percentual com relação ao PIB).....	30
Figura 10.	Postos de trabalho totais e participação relativa dos grandes setores na geração de empregos .....	41
Figura 11.	Taxa de desemprego nos diferentes cenários.....	42
Figura 12.	Exportações Líquidas de bens energéticos ktep .....	43
Figura 13.	Exportações Líquidas de bens industriais (mil toneladas) .....	44
Figura 14.	Consumo total por classe de renda (R\$ 2005) .....	54
Figura 15.	Consumo de bens alimentares por classe de renda (R\$ 2005) .....	55
Figura 16.	Consumo de eletricidade por classe de renda (R\$ 2005).....	56
Figura 17.	Consumo médio de eletricidade por classe de renda (tep) .....	57
Figura 18.	Consumo de energia (outros) por classe de renda (R\$ 2005).....	58
Figura 19.	Consumo de energia (outros) por classe de renda (tep).....	59
Figura 20.	Consumo de serviços de transporte por classe de renda (R\$ 2005).....	60
Figura 21.	Consumo de serviços por classe de renda (R\$ 2005) .....	61
Figura 22.	Curva de custo marginal de abatimento para medidas de mitigação do Cenário de Mitigação Adicional 1.....	64

Figura 23. Curva de custo marginal de abatimento para medidas de mitigação do Cenário de Mitigação Adicional 2 (US\$/tCO <sub>2</sub> e .....	68
Figura 24. Emissões de GEE totais no período 1990-2030, por cenário .....	69
Figura 25. Emissões por setor no cenário CPG.....	70
Figura 26. Emissões por setor no cenário MA1.....	70
Figura 27. Emissões por setor no cenário MA1+T .....	71
Figura 28. Emissões por setor no cenário MA2.....	71
Figura 29. Emissões por setor no cenário MA2+T .....	72
Figura 30. Intensidade de carbono per capita.....	72
Figura 31. Intensidade de carbono (t CO <sub>2</sub> e/US\$1000).....	73
Figura 32. Emissões totais e composição das emissões por setor, por cenário .....	73

## Tabelas

Tabela 1.	Premissas macroeconômicas 2005- 2030 – Evolução quinquenal.....	19
Tabela 2.	Taxa de poupança por classe de renda – Ano-base e ano final .....	21
Tabela 3.	PIB e PIB per capita para os diferentes cenários .....	27
Tabela 4.	Nível de investimento e taxa de investimento com relação ao PIB para os diferentes cenários .....	29
Tabela 5.	Produção Total e Postos de Trabalho – Bens energéticos .....	31
Tabela 6.	Produção Total e Postos de Trabalho – Bens industriais .....	35
Tabela 7.	Produção Total e Postos de Trabalho – Outros setores .....	38
Tabela 8.	Saldo da balança comercial (bilhões R\$ 2005 e percentual com relação ao PIB).....	45
Tabela 9.	Variação real do índice geral de preços da economia no período 2005-2030	45
Tabela 10.	Variação real de preços no período por setor – Taxa média anual de variação 2005-2030 .....	46
Tabela 11.	População total por classe de renda (mil pessoas) .....	47
Tabela 12.	Renda Anual Média Familiar por Classe (R\$ 2005).....	48
Tabela 13.	Percentual correspondente à renda total por classe de renda.....	49
Tabela 14.	Variação no índice de preços e poder de compra por classe de renda com relação ao ano-base.....	49
Tabela 15.	Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 1 (R\$ 2005) .....	50
Tabela 16.	Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 2 (R\$ 2005) .....	51
Tabela 17.	Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 3 (R\$ 2005) .....	51
Tabela 18.	Custo unitário de abatimento, custo de investimento associado e potencial de abatimento de emissões por medida para o Cenário de Mitigação Adicional 1 (valores monetários e percentual com relação ao total) .....	62
Tabela 19.	Custo unitário de abatimento, custo de investimento associado e potencial de abatimento de emissões por medida para o Cenário de Mitigação Adicional 2 (valores monetários e percentual com relação ao total) .....	65
Tabela 20.	Investimento total em mitigação no período (bilhões R\$ 2005 e percentual com relação ao PIB) .....	69

## Glossário

- AFOLU – Agriculture, Forests and Land Use
- ANP – Agência Nacional do Petróleo
- BEN – Balanço Energético Nacional
- BLUM – Brazil Land Use Model
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- BRT – Bus Rapid Transit
- BU – Bottom-Up
- CEC – Comitê de Elaboração de Cenários
- Cedepiar – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
- CEI – Contas Econômicas Integradas do IBGE
- CentroClima – Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas
- CGE – Computable General Equilibrium
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono equivalente
- COP – Conferência das Partes – UNFCCC
- COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
- CPM – Comitê de Pesquisa e Modelagem
- CPG – Cenário de Plano Governamental
- MA1 – Cenário de Mitigação Adicional 1 – comando e controle
- MA1+T – Cenário de Mitigação Adicional 1 – com taxa de carbono
- MA2 – Cenário de Mitigação Adicional 2 – comando e controle
- MA2+T – Cenário de Mitigação Adicional 2 – com taxa de carbono
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- FBMC – Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas
- FGV – Fundação Getúlio Vargas
- GEE – Gases de Efeito Estufa
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- GT – Grupo de Trabalho
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LED – Light Emitting Diode

LULUCF – Uso da Terra, Mudanças no Uso da Terra e Florestas

MAC – Custo Marginal de Abatimento

MAPS – Mitigation Action Plans and Scenarios

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MIP – Matriz Insumo-Produto

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

Plano ABC – Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNE – Plano Nacional de Energia

POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares

PPCDAm – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PPCerrado – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado

PSTM – Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima

R\$ – Reais brasileiros

SAM – Matriz de Contabilidade Social

TD – Top-Down

tep – Tonelada Equivalente de Petróleo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

USP – Universidade de São Paulo

US\$ – Dólares americanos

VLT – Veículo Leve sobre Trilhos



# 1. Introdução

## 1.1. O projeto IES-Brasil

O projeto IES Brasil – Implicações Econômicas e Sociais: Cenários de Mitigação de GEE 2030 teve por objetivo estruturar trajetórias de desenvolvimento que alinhem objetivos socioeconômicos e ambientais, elaborando cenários futuros de emissões de GEE para o período de 2020 a 2030, considerados pertinentes por seus participantes. Coordenado pelo FBMC, o projeto empregou um processo participativo, considerando as distintas percepções e evidências emergentes das representações sociais atuantes no FBMC. A formulação de diferentes cenários de emissões de GEE até 2030 para o Brasil foi realizada através de um Comitê de Elaboração de Cenários (CEC), envolvendo desde o princípio o governo, o setor privado, a academia, e a sociedade civil. A mobilização de diversos setores da sociedade no processo de elaboração dos cenários visou à obtenção de visões de futuro legítimas e plausíveis.

Diferentes estudos sobre opções de mitigação de emissões de GEE no Brasil foram realizados recentemente e outros estão atualmente em curso. Nesse contexto, o projeto IES -Brasil representa um avanço importante graças a duas características que o diferenciam desses estudos:

- seu foco na análise das implicações macroeconômicas e sociais de diferentes cenários de emissões de GEE, indo além da análise de tecnologias e custos setoriais. Em particular, ao tratar o comportamento da economia como subótimo, conforme será explicado mais adiante, o modelo IMACLIM-BR permite avaliar o impacto das políticas de mitigação sobre determinantes da pobreza e a distribuição de renda;
- seu caráter participativo no exercício de criação de cenários;

Com o objetivo de analisar os efeitos de políticas de mitigação no crescimento econômico e desenvolvimento social, o FBMC estabeleceu um comitê multidisciplinar de especialistas e representantes de setores da sociedade, o Comitê de Elaboração de Cenários (CEC). Este comitê discutiu e selecionou, decidindo em conjunto, ou através da criação de Grupos de Trabalho (GT), as hipóteses e valores de diversas variáveis de entrada para a simulação dos cenários, de acordo com a experiência nos setores em que atuam seus membros. O tratamento das informações e o processamento dos dados de entrada ficaram a cargo de um Comitê de Pesquisa e Modelagem (CPM) que operou os modelos matemáticos de simulação

dos cenários e obteve seus resultados. O FBMC facilitou cinco reuniões presenciais entre o CEC e o CPM, no período de abril de 2014 a março de 2015. Além disso, houve várias teleconferências, reuniões setoriais e interações entre membros do CEC e do CPM de forma contínua, ao longo do estudo, de acordo com as necessidades identificadas.

O CPM incluiu pesquisadores de diversas instituições do Brasil, que contribuíram com modelos e informações setoriais (hipóteses sobre a evolução tecnológica, investimentos e políticas) para alimentar o modelo de equilíbrio geral híbrido (em unidades monetárias e físicas), IMACLIM-BR (Wills, 2013). Foi coordenado pelo CentroClima/COPPE/UFRJ, que operou o modelo de equilíbrio geral híbrido IMACLIM-BR, desenvolvido ao longo dos últimos quatro anos em cooperação com o CIRED (um laboratório do CNRS, em Paris, França), e modelos energéticos como o MESSAGE e o LEAP. Incluiu também especialistas sobre as diversas fontes de emissões de GEE, nos setores de Transportes, Indústria e Resíduos, e o Instituto Agroicone, que operou o modelo BLUM, permitindo a análise das políticas de uso do solo, agropecuária e florestas.

A natureza híbrida do IMACLIM-BR permitiu a integração de hipóteses e resultados dos diversos setores, identificando seu efeito conjunto. Assim, foi possível analisar as implicações econômicas e sociais de cada cenário de mitigação em termos de variáveis macroeconômicas (PIB, inflação, balança comercial, produção e consumo setorial) e sociais (nível de desemprego, distribuição de renda, consumo familiar por faixas de renda).

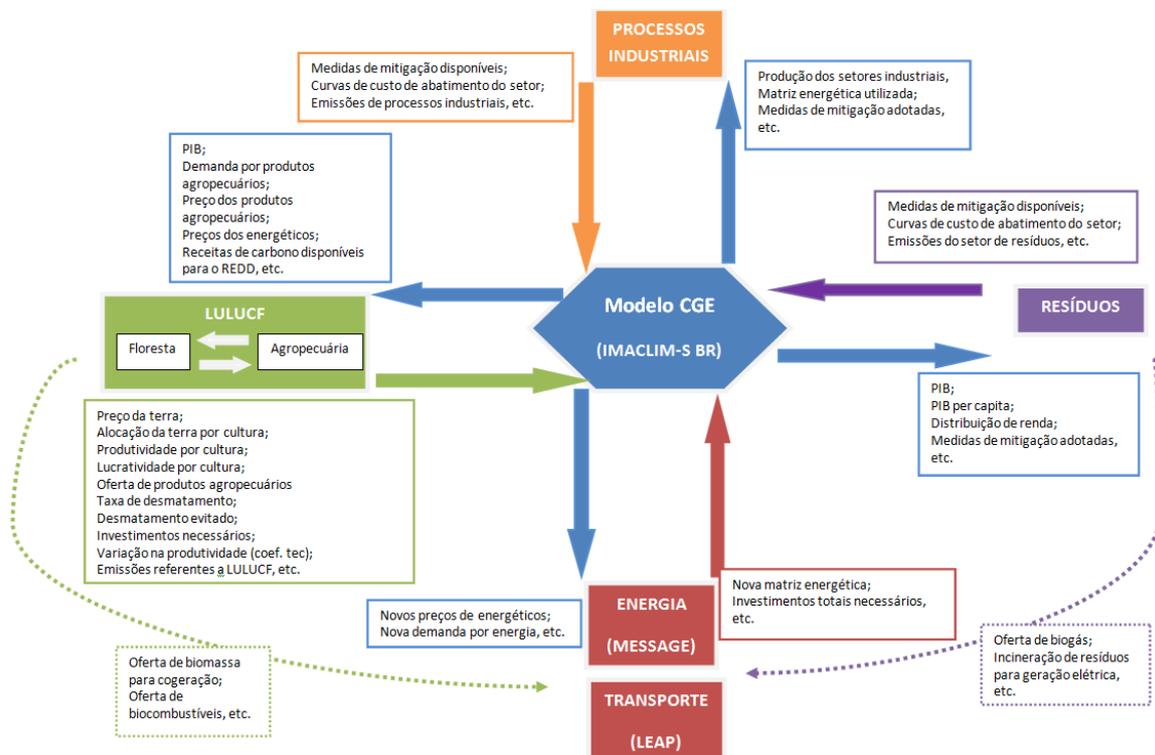
## 1.2. Metodologia de Modelagem

O modelo macroeconômico IMACLIM-BR foi utilizado na simulação dos diferentes cenários, referentes a 2030. O IMACLIM-BR foi construído especialmente para descrever a economia brasileira e alimentado por modelos setoriais, combinando as abordagens de modelagem top-down e bottom-up, permitindo avaliar as implicações macroeconômicas e sociais dos cenários de mitigação, superando limitações de modelos que utilizam apenas uma ou outra metodologia.

O modelo IMACLIM-BR é um modelo de equilíbrio geral computável (CGE) híbrido, projetado para analisar os efeitos macroeconômicos no médio e longo prazo de políticas climáticas, numa estrutura de contabilidade casada em que os fluxos em valores monetários e físicos (com um foco especial no Balanço Energético) estão em equilíbrio. A natureza híbrida do

modelo permite avançar no diálogo e na representação do comportamento de diferentes setores, o que é crucial para uma boa avaliação dos impactos das políticas climáticas.

A Figura 1, a seguir, descreve esquematicamente a abordagem metodológica utilizada, especificando as principais variáveis de entrada e saída na interação entre os modelos setoriais e o modelo macroeconômico IMACLIM-BR (Wills, 2013). Ao longo da interação do CPM com o CEC, esta abordagem foi sendo aprimorada para atender as questões consideradas mais importantes para o projeto.



Fonte: Wills (2013)

**Figura 1.** Abordagem metodológica: Esquema da Modelagem

As fontes mais importantes de emissões de GEE, como Uso da Terra, Mudanças no Uso da Terra e Florestas (LULUCF); Agricultura e Pecuária; Produção e Uso de Energia (desagregado por setores: indústria, transportes, setor energético, residencial, serviços, agricultura); Processos Industriais e Resíduos foram analisadas, conectadas através do modelo de equilíbrio geral híbrido (IMACLIM-BR), que se encontra no centro da figura acima. O modelo IMACLIM-BR retrata a economia brasileira de forma aberta: 19 setores produtivos (6 setores energéticos, 6 setores da indústria pesada, resto da indústria, agricultura e pecuária, construção, transporte

de cargas, transporte de passageiros e serviços). O número de setores produtivos e sua agregação podem variar, segundo as questões a serem respondidas. Em relação ao consumo final das famílias, optou-se por simular estes cenários do IES-Brasil com as famílias divididas em 3 classes de renda (na versão atual do modelo pode-se chegar a 6 faixas de renda com uma menor desagregação dos setores produtivos, para compensar). Há a descrição das interações entre 4 setores institucionais (Famílias, Empresas, Governo e Resto do Mundo). O modelo contabiliza as emissões de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> de cada fonte: produção e uso de energia, uso do solo, processos industriais e resíduos.

O IMACLIM-BR adota o enfoque de um modelo CGE neoclássico tradicional no que diz respeito à descrição das escolhas dos produtores e consumidores, porém a estrutura de descrição técnica dos sistemas produtivos foi especialmente projetada para facilitar a calibração com informações de modelos setoriais, com o objetivo de garantir grande realismo técnico mesmo em simulações de cenários com grande desvio em relação ao cenário de referência.

Em relação à demanda final, o modelo possui uma função de demanda com elasticidade-preço e elasticidade-renda, promovendo escolhas de consumo, a princípio, entre os 19 setores, com atendimento mínimo das necessidades básicas.

O modelo descreve detalhadamente a distribuição de renda primária e secundária entre os 4 setores institucionais, com foco no sistema fiscal e nas transferências do governo, o que é primordial para a simulação de diferentes formas de reciclagem das receitas oriundas de taxas de carbono, de forma a atingir diferentes objetivos concomitantes, como a redução de emissões, crescimento econômico e diminuição da desigualdade social.

O modelo foi desenvolvido para representar situações subótimas da economia brasileira, como por exemplo, através da representação da rigidez do mercado de trabalho, que é representada por uma curva de salários. A evolução do comércio exterior é representada através de elasticidades aos termos de troca, e a questão da competitividade dos setores produtivos e da economia brasileira como um todo pode ser analisada.

Há ainda a representação da dívida dos quatro setores institucionais citados, com foco na dívida pública, o que possibilita o entendimento completo das consequências de políticas em que o governo é o único ente responsável pelos investimentos em mitigação. O fechamento do modelo é feito através do cálculo das taxas de juros pagas pelos setores institucionais, que varia de acordo com o nível de endividamento.

Para calibrar o modelo no ano base, 2005, foi necessário construir uma matriz insumo-produto híbrida, e uma matriz de contabilidade social – SAM, para representar a economia brasileira e o sistema fiscal com grande detalhamento. O modelo é inovador devido à integração de informações setoriais ou bottom-up ao resto da economia através da estrutura de equilíbrio geral, top-down. Essa metodologia é uma opção interessante para avaliar os efeitos macroeconômicos de políticas climáticas especialmente se comparada à abordagem tradicional dos modelos de equilíbrio geral computável, que utilizam funções de produção com elasticidades de substituição constantes, cuja utilização é questionável para a simulação de taxas de carbono elevadas ou grandes desvios do cenário de referência.

A elaboração da matriz insumo-produto híbrida passou por uma cuidadosa fase de ajustes de nomenclatura e manipulações de valores de forma a garantir uma total compatibilização das Contas Nacionais com o Balanço Energético. Um sistema de contabilidade dupla mantém essas duas matrizes (fluxos monetários e fluxos físicos) sempre ligadas através de uma terceira matriz, a matriz de preços, que é variável e endógena ao modelo. O sistema de contabilidade casada pode ser considerado a ponte que permite a comunicação e conciliação entre as duas visões parciais e complementares do mundo: a abordagem bottom-up e a abordagem top-down.

A ferramenta de modelagem proposta se mostrou bastante completa e flexível para representar o comportamento de cada setor produtivo, e servindo de base para o diálogo entre os atores interessados em encontrar uma trajetória de desenvolvimento para o país que alie crescimento econômico e diminuição da desigualdade social a uma menor intensidade de carbono da economia, superando as limitações metodológicas encontradas em estudos anteriores, mencionadas anteriormente.

Para o aprofundamento do modelo IMACLIM-BR, inclusive sua descrição técnica, ver Anexo I.

### **1.3. Elaboração dos Cenários**

O horizonte do estudo, 2030, foi escolhido porque este deve ser o próximo período de definição das metas de mitigação, a serem fixados na COP21 de Paris, em dezembro de 2015. Os cenários do projeto IES-Brasil se baseiam em narrativas qualitativas de histórias de futuros plausíveis e pertinentes a partir de hipóteses sobre a evolução da economia brasileira. A partir da tradução dessas hipóteses em valores quantitativos para os dados de entrada dos modelos matemáticos IMACLIM-BR (equilíbrio geral macroeconômico) e dos módulos setoriais, são

projetadas as variáveis-chave descritivas da economia e calculadas as emissões de GEE de cada fonte.

De acordo com a abordagem da metodologia de cenários, as projeções não são previsões, ou seja, seu objetivo não é o de fornecer o futuro que se julga o mais provável. Além disso, os cenários construídos pelo IES-Brasil até 2030 foram exploratórios, e não normativos, ou seja, para verificar quais as consequências resultantes das premissas selecionadas em cada cenário, e não as formas de se chegar a um cenário mais desejado.

O cenário macroeconômico de base adotou premissas bem semelhantes às do Plano Nacional de Energia (PNE 2050). Este plano setorial governamental é o de mais longo prazo, abrangendo todo o período de análise, até o horizonte de 2030, e mais além. Adicionalmente, se baseia em taxas elevadas de crescimento econômico mundial e da economia brasileira, pressupondo o sucesso das políticas públicas aplicadas para superar a crise econômica. Constitui portanto uma referência apropriada para a análise comparativa dos cenários construídos pelo IES-Brasil, que visam identificar implicações econômicas e sociais da adoção de medidas de mitigação de emissões. Ainda que alguns analistas possam julgar improvável se alcançar sem atrasos os objetivos econômicos do Plano 2050, diante da conjuntura econômica desfavorável a curto prazo, é pertinente considerá-los como o balizamento adequado para analisar, de forma conservadora, quais os ônus para o desenvolvimento econômico potencialmente advindos de uma busca de níveis mais baixos de emissões de GEE.

Dentro deste quadro macroeconômico de referência, o primeiro cenário considerado neste estudo foi o do “Plano Governamental”, pressupondo a plena implantação dos planos setoriais governamentais, o PNE 2050 e o de outros setores, inclusive os Planos Setoriais de Mitigação elaborados para se alcançar os objetivos voluntários de limitação das emissões de GEE do país até 2020. Diferentemente dos estudos anteriormente mencionados, este cenário não é o de uma linha de base sem nenhuma mitigação de emissões de GEE (“business as usual”). Trata-se de um cenário de mitigação, incorporando as políticas e medidas já decididas e em implantação no país. Não são incluídas, porém, medidas de mitigação adicionais às já estabelecidas nas políticas governamentais, projetando-se apenas a continuidade de sua execução após 2020, até o ano final do horizonte de análise, 2030.

Políticas e medidas de mitigação, adicionais às já incluídas no cenário do Plano Governamental, foram identificadas pelos membros do CEC, incluindo diversas opções tecnológicas e de gestão já avaliadas em estudos anteriores e expandindo o leque para novas

alternativas. Com base no conhecimento e experiência dos membros do CEC e do CPM, foram estabelecidas as premissas referentes aos custos, investimentos e emissões evitadas por cada medida de mitigação simulada, assim como o ritmo e a escala de sua aplicação. Também foram identificadas as barreiras para sua adoção, e os instrumentos de política capazes de superá-las para assegurar a sua viabilização.

As políticas e medidas de mitigação foram introduzidas nos principais setores e fontes de emissões: Agricultura, Florestas e Uso do Solo; Energia; Transportes; Indústria e Processos Industriais; Residencial e Serviços; e Resíduos. Em cada setor, foram considerados dois níveis de ambição na mitigação das emissões de GEE, um mais moderado e outro mais aprofundado. Desta forma, as políticas e medidas foram separadas em dois grupos, constituindo um cenário de mitigação adicional mais moderado (Cenário de Mitigação Adicional 1) e outro mais aprofundado (Cenário de Mitigação Adicional 2).

Foram também simuladas duas variantes dos cenários de mitigação adicional, em que a introdução de políticas e medidas de mitigação foi acompanhada pela adoção de uma taxa sobre as emissões de GEE proveniente da queima de combustíveis fósseis, nos níveis de 20 e de 100 US\$ / t CO<sub>2e</sub> para os Cenários de Mitigação Adicional 1 e 2, respectivamente. Isto sinalizaria um desincentivo às emissões de GEE também nas atividades e setores onde não foi simulada a introdução de opções de mitigação. Em ambos os casos se supôs que a receita com a arrecadação da taxa fosse utilizada para abater igual montante de encargos trabalhistas. Desta forma a adoção da “taxa de carbono” manteria uma neutralidade fiscal, apenas deslocando a tributação sobre o trabalho assalariado para os combustíveis fósseis. Também se supôs que uma taxa de igual valor fosse aplicada nos demais países, de forma a não penalizar a produção nacional de bens intensivos em energia fóssil. Este teste permite observar as implicações econômicas e sociais não apenas da introdução de alternativas tecnológicas mas também do uso de instrumentos econômicos para a limitação das emissões de GEE. Outras formas de “reciclagem” da receita da taxa de carbono (por exemplo transferências diretas às famílias de mais baixa renda) também podem ser testadas com auxílio do modelo IMACLIM-BR. O uso de outros instrumentos de política econômica para a limitação de emissões de GEE, tais como a criação de mercados de cotas negociáveis de emissões de GEE e o reconhecimento do valor monetário de reduções certificadas de emissões de GEE também pode ser explorado em estudos futuros.

A análise comparativa dos resultados permitiu identificar as implicações de cada cenário de mitigação em termos de variáveis macroeconômicas (PIB, inflação, balança comercial,

produção e consumo setorial) e sociais (nível de desemprego, distribuição de renda, consumo familiar por faixas de renda). Estes indicadores, em boa parte, inéditos, fornecem subsídios de valia para o debate nacional sobre as estratégias de mitigação de emissões de GEE a serem adotadas no país até 2030. Na próxima etapa do projeto IES-Brasil, pretende-se estender o horizonte de análise até 2050, permitindo considerar a penetração de um leque mais amplo de opções tecnológicas de emissões de GEE.

## 2. Descrição geral dos cenários

### 2.1. Cenário de Plano Governamental (CPG)

O Cenário de Plano Governamental é construído com base nas projeções realizadas oficialmente pelo governo no estudo Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) empreendido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e outros estudos complementares. Tais estimativas contemplam variáveis demográficas, sociais e econômicas no âmbito nacional e mundial, bem como as premissas utilizadas na projeção da oferta e demanda de energia nos diferentes setores da economia. Ressalta-se que este cenário já contempla uma série de medidas que contribuem para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa em relação a práticas e ao nível de intensidade de carbono da economia no ano-base, representadas em políticas governamentais em andamento ou cuja implementação é prevista: (I) intensificação do uso de fontes renováveis na indústria e na geração de energia contempladas no PNE 2050; (II) tratamento de resíduos, instituídas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos; (III) combate ao desmatamento, previstas no Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado); (IV) incentivos à agricultura, previstas no Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) e (V) medidas de mitigação nos setores de Transportes (Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima – PSTM) e Indústria (Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação – Plano Indústria).

## 2.2. Cenários de Mitigação Adicional (MA)

Os cenários de mitigação adicional contemplam medidas de abatimento de emissões que vão além daquelas previstas no Cenário de Plano Governamental (CPG), incluindo desde metas mais ambiciosas para medidas já previstas, quanto novas medidas, conforme propostas pelo CEC. Neste exercício foram considerados dois cenários de mitigação adicional: Cenário de Mitigação Adicional 1, que contempla um nível de mitigação mais moderado, e Cenário de Mitigação Adicional 2, no qual o nível de mitigação é mais aprofundado.

É possível analisar em cada cenário de mitigação adicional, o efeito de duas alternativas de políticas de mitigação:

1. Política de Comando e Controle: ações de mitigação seletivas são implementadas pelo estabelecimento de normas e padrões a serem observados pelos agentes econômicos;
2. Política de Precificação de Carbono: além das ações de mitigação implementadas segundo a política normativa, o governo também aplica um instrumento econômico visando reduzir ainda mais as emissões. Nesse caso, a aplicação de uma taxa de carbono sobre as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) da queima de combustíveis fósseis, sendo a receita auferida voltada para a redução de encargos trabalhistas. As medidas de mitigação selecionadas são implementadas e há cobrança pela tonelada de CO<sub>2</sub>e emitida. No Cenário de Mitigação Adicional 1, o nível da taxa de carbono é de 20 US\$/t CO<sub>2</sub>e e no Cenário de Mitigação Adicional 2 é de 100 US\$/t CO<sub>2</sub>e.

São gerados, portanto quatro cenários de mitigação adicional: Cenário MA1 (comando e controle), MA1+T (com taxa), MA2 e MA2+T.

Considera-se que nos cenários onde a taxa de carbono é implementada, todos os países que contribuem significativamente com as emissões de GEE também implementariam uma taxa de carbono de mesmo valor, ou seja, o Brasil não empreenderia este esforço individualmente, mas sim a partir de acordos internacionais que nivelassem de alguma forma os esforços de mitigação.

As medidas contempladas no Cenário de Mitigação Adicional 1, por setor, alcançadas em 2030, são<sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup> Ver detalhes nos capítulos setoriais

### Indústria:

- Setor de Cimento: redução de intensidade energética (de 3,8 no CPG para 3,56 GJ/t de clínquer) e aumento do coprocessamento (adicional de 50% com base em 2010)
- Setor de Aço: aumento de eficiência energética (ganhos de 2% relativamente ao CPG)

### Transportes:

- Expansão do consumo de etanol (de 54,0 para 68,0 bilhões de litros)
- Aumento para 10% do biodiesel na mistura do diesel B (de 6,5 para 8,3 bilhões de litros)
- Eficiência energética em veículos leves de acordo com a meta da União Europeia com atraso de 5 anos (entrada em 2026)
- Eficiência energética em veículos pesados (ganhos de 12% a partir de 2017)
- Investimento em BRT (*Bus RapidTransport*) (acima do CPG)
- Investimento em ciclovias (com base no PSTM)
- Otimização do tráfego (metas identificadas em Gouvello et al, 2010)

### AFOLU:

- Fixação Biológica de Nitrogênio na lavoura do milho (3,8 milhões de ha, correspondendo a 100% da área)
- Florestas Plantadas (11,7 milhões de ha)
- Manejo de dejetos suínos (4,4 milhões de m<sup>3</sup>, igual ao CPG)
- Recuperação de pastagens (20,0 milhões de ha)
- Sistemas Agroflorestais (6,0 milhões de ha)
- Limite de expansão da agropecuária (igual ou menor que limites estimados a partir da PNMC<sup>2</sup>)
- Expansão da produção de cana para etanol (compatível com expansão de 62 para 72<sup>3</sup> bilhões de litros)
- Expansão da produção de matéria prima para biodiesel (9,5 bilhões de litros)

---

<sup>2</sup> Política Nacional sobre Mudança do Clima

<sup>3</sup> Exportação de 4 bilhões de litros.

#### **Residencial:**

- Padrões mais rígidos e obrigatórios de eficiência para os fogões a GLP (68% de eficiência)

#### **Comercial e Serviços:**

- Penetração de lâmpadas mais eficientes para iluminação comercial (100%)

#### **Geração de energia:**

- Redução da expansão de usinas termelétricas a combustíveis fósseis previstas no CPG a partir de 2020 (redução de 1.000 MW de carvão e de 5.000 MW de gás natural)
- Aumento da expansão da geração eólica (adicional de 7.000 MW)
- Aumento da expansão da geração a bagaço de cana (adicional de 10.000 MW)

#### **Resíduos:**

- Destruição de metano em aterros sanitários (cidades pequenas: 60% em 2030<sup>4</sup>; cidade médias: 100% em 2025<sup>5</sup>; e cidades grandes: 100% em 2018<sup>6</sup>)- Destruição de metano em lixões e aterros controlados ou remediados (10%)<sup>7</sup>

As medidas contempladas no Cenário de Mitigação Adicional 2, por setor, são:

#### **Indústria:**

- Setor de Cimento: redução da intensidade energética (para 3,4 GJ/t de clínquer) e aumento do coprocessamento (100% com base em 2010)
- Setor de Aço: eficiência energética igual ao MA1 e incorporação de 1,8 milhões de hectares para plantação de eucalipto destinado ao carvão vegetal.

---

<sup>4</sup> No CPG 50% no mesmo prazo.

<sup>5</sup> No CPG 100% em 2030

<sup>6</sup> No CPG 100% em 2020

<sup>7</sup> Medida não contemplada no CPG

### Transportes:

- Expansão do consumo de etanol (de 54,0 para 75,0 bilhões de litros)
- Aumento para 15% do biodiesel na mistura do diesel B (de 6,5 para 11,9 bilhões de litros)
- Eficiência energética em veículos leves de acordo com a meta da União Europeia sem atraso (entrada em 2021)
- Eficiência energética em veículos pesados (igual ao MA1)
- Investimento em BRT (*Bus RapidTransport*) (igual ao MA1)
- Investimento em ciclovias (igual ao MA1)
- Otimização do tráfego (igual ao MA1)
- Adoção de veículos elétricos para o transporte público (8% da frota de ônibus)
- Investimento em VLT (Veículo Leves sobre Trilhos) (metas do PSTM)
- Investimento em metrô (metas do PSTM)
- Investimento em ferrovias e hidrovias em substituição a rodovias (metas do PNLT)

### AFOLU:

- Fixação biológica de nitrogênio na lavoura do milho em substituição a fertilizantes químicos nitrogenados (2,6 milhões de ha correspondendo a 100% da área<sup>8</sup>)
- Florestas Plantadas (14,1 milhões de ha)
- Manejo de dejetos suínos (igual ao MA1)
- Recuperação de pastagens (igual ao MA1)
- Sistemas Agroflorestais (igual ao MA1)
- Limite de expansão da agropecuária (medida com maior ambição – maior restrição na expansão – do que no Cenário de Mitigação Adicional 1; inclui Restauro de 9,7 milhões de ha da Mata Atlântica)

---

<sup>8</sup> Há, portanto, uma redução da área plantada em relação ao MA1, como resultado da modelagem).

- Expansão da produção de cana para etanol (compatível com a produção 79 bilhões de litros, destes, 7 bilhões de litros de etanol de segunda geração)
- Expansão da produção de matéria prima para biodiesel (11,9 bilhões de litros)

#### **Residencial:**

- Padrões mais rígidos e obrigatórios de eficiência para os fogões a GLP (igual ao MA1)
- Maior penetração de aquecedores termosolares para aquecimento de água (de 13,7% para 20%)
- Mudança para geladeiras de alto padrão de eficiência (30%)
- Substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED (30%)

#### **Comercial e Serviços:**

- Penetração de lâmpadas mais eficientes para iluminação comercial (igual ao MA1)

#### **Geração de energia:**

- Redução da expansão da geração térmica (carvão mineral igual ao MA1 e gás natural com menos 10.200 MW em relação ao CPG)- Aumento da expansão da geração eólica (adicional de 5.000 MW em relação ao CPG)
- Aumento da expansão da geração solar PV concentrada (2.000 MW)
- Aumento da expansão da geração a bagaço de cana (igual ao MA1)
- Adoção de medidas de mitigação para as refinarias existentes e novas -integração energética, controle de incrustação, e controles avançados (ganhos de eficiência energética de 3% até 2025)
- Expansão da geração via hidrelétrica (adicional de 10.000 MW)

#### **Resíduos:**

- Destruição de metano em aterros sanitários (cidades pequenas: 70% em 2030; cidade médias: 100% em 2020; e cidades grandes: 100% em 2016)
- Destruição de metano em lixões e aterros controlados ou remediados (30%)

### **3. Premissas utilizadas na modelagem**

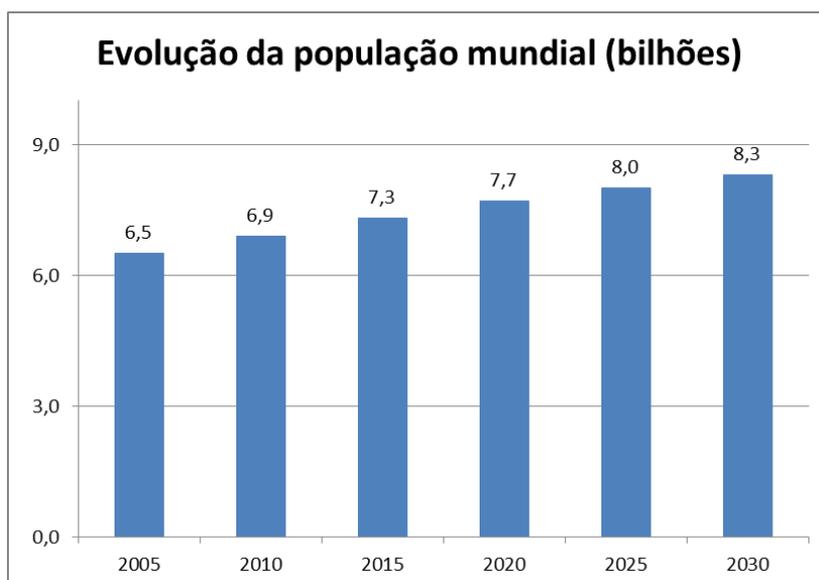
Esta seção apresenta o conjunto de premissas utilizadas na calibração dos modelos setoriais e do modelo macroeconômico IMACLIM-BR. Algumas premissas são comuns a todos os cenários, enquanto outras são válidas apenas para o Cenário de Plano Governamental, sendo, nos cenários de mitigação adicional, resultados decorrentes das políticas implementadas. O modelo macroeconômico IMACLIM-BR foi calibrado de forma a atingir os valores mais próximos possíveis dos números fornecidos nesta seção. Ressalta-se que: (I) nem todas as premissas enumeradas a seguir são incorporadas explicitamente no modelo, porém são relevantes para tornar consistente a evolução dos cenários retratados; (II) todas as premissas, mesmo que fornecidas por órgãos ou dados oficiais, foram respaldadas e validadas em consenso pelo CEC.

O cenário macroeconômico utilizado na modelagem do projeto IES-Brasil foi construído com base em estudos prospectivos oficiais empreendidos pela Empresa de Pesquisa Energética, em especial os relatórios do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050). O relatório “Cenário Econômico 2050” (Nota Técnica DEA 12/14) (EPE, 2014), divulgado em agosto de 2014 fornece a maioria das variáveis incorporadas no modelo, complementado pelo relatório “Demanda de Energia 2050” (Nota Técnica DEA 13/14) (EPE, 2014) e por contribuições específicas dos membros do CEC. O PNE 2050 fornece prospecções de longo prazo até o ano de 2050, contando com dados para os anos intermediários divididos em períodos quinquenais, incorporados na modelagem.

#### **3.1. Premissas comuns a todos os cenários**

##### **3.1.1. População mundial**

A população mundial cresce a uma taxa média de 0,8% a.a., chegando a 8,3 bilhões de pessoas em 2030. O crescimento mais expressivo se dá nos países em desenvolvimento, em especial na África e Ásia.

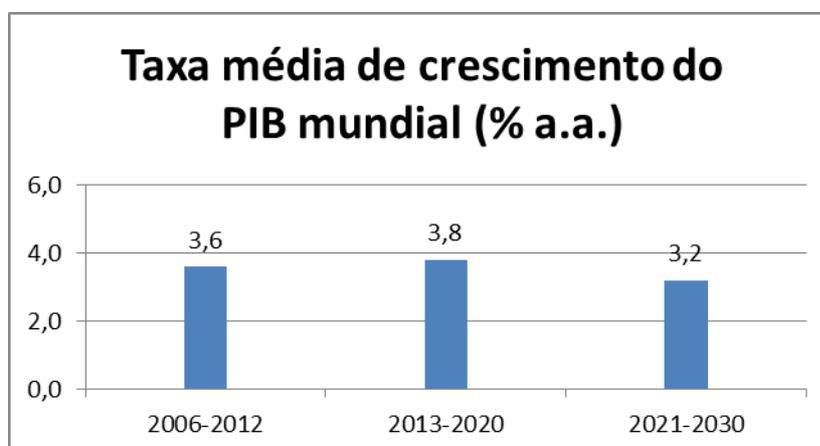


Fonte: EPE (2014)

**Figura 2.** População mundial (bilhões)

### 3.1.2. Atividade econômica mundial

O nível de atividade mundial evolui de forma acelerada no período entre 2013 e 2020, apresentando uma média de 3,8% a.a., puxado pelo crescimento das economias emergentes, ao passo que os países desenvolvidos se recuperam da crise econômica iniciada em 2008/2009. No período entre 2021 e 2030, verifica-se uma desaceleração do crescimento, em função do arrefecimento nas taxas de crescimento da China e de outros países emergentes. Durante este período estima-se que o PIB mundial cresça a 3,2% a.a.



Fonte: EPE (2014)

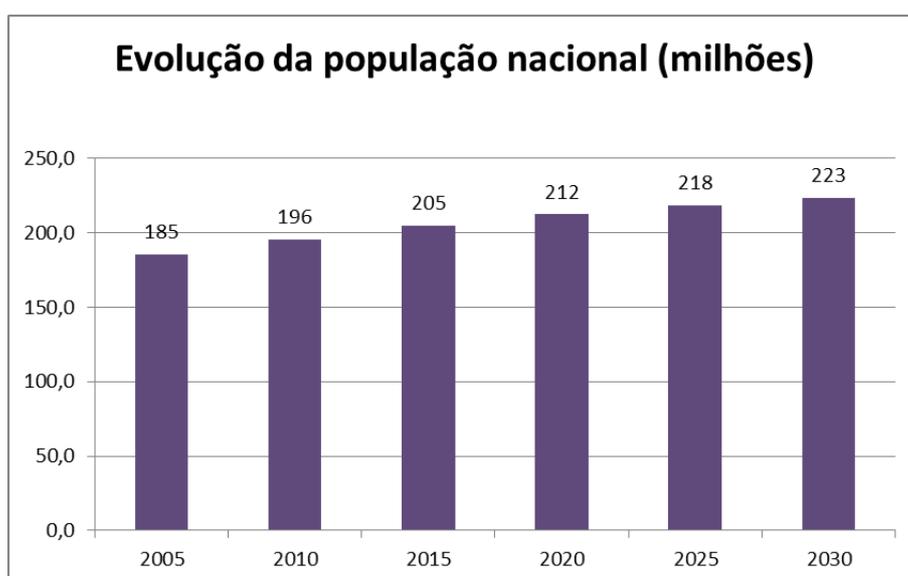
**Figura 3.** Taxa média de crescimento do PIB mundial

### 3.1.3. Preço internacional do petróleo

Foi fornecida pela CEC a estimativa para o preço do barril de petróleo, estando a mesma em linha com as projeções do PNE 2050. Durante todo o período 2014-2030, o **preço do barril de petróleo** (Brent) gira em torno de 85 US\$/barril (preços constantes de 2013). Dentre os determinantes para o nível apontado destacam-se: i) recuperação do crescimento econômico mundial; ii) maturação de projetos de E&P de petróleo e gás (particularmente com recursos não-convencionais); iii) pico de produção do *shale/tight oil* norte-americano, estimado em torno de 2020; iv) aumento da competitividade de outras fontes substitutas (incluindo fontes renováveis e o gás natural não convencional, sobretudo *shale/tight gas*); v) redução da participação do papel do petróleo como ativo financeiro especulativo e vi) gradual elevação da eficiência energética e da substituição por outras fontes.

### 3.1.4. População nacional

Estima-se uma intensificação da tendência de desaceleração da taxa de crescimento populacional brasileira, função de menores taxas de fecundidade, que já vem sendo observada nas últimas décadas. Em 2030, a **população** atinge o patamar de 223 milhões de pessoas (IBGE, 2014).



Fonte: IBGE (2014)

Figura 4. População nacional (milhões)

### 3.1.5. Evolução da produtividade do trabalho

O Cenário de Plano Governamental possui como uma de suas premissas que o Brasil continuará a diminuir a desigualdade de renda entre as diferentes classes de renda, assim irá aumentar investimentos em educação, de forma a aumentar a competitividade brasileira. O aumento de renda e o maior investimento em educação contribuem para tornar a mão-de-obra mais qualificada e, portanto mais produtiva. A hipótese utilizada no IMACLIM-BR de evolução da produtividade média do trabalhador por setor é condizente com o crescimento da produção setorial apresentado no PNE 2050.

## 3.2. Premissas utilizadas na calibração do Cenário de Plano Governamental (CPG)

Como mencionado anteriormente, algumas premissas foram utilizadas apenas no CPG, conforme descrito a seguir. Nos cenários de mitigação adicional, estas variáveis apresentadas neste item são "livres", isto é, resultam do novo equilíbrio encontrado pelo IMACLIM-BR em cada um dos cenários. Os dados foram extraídos do PNE2050, exceto quando claramente indicado no texto.

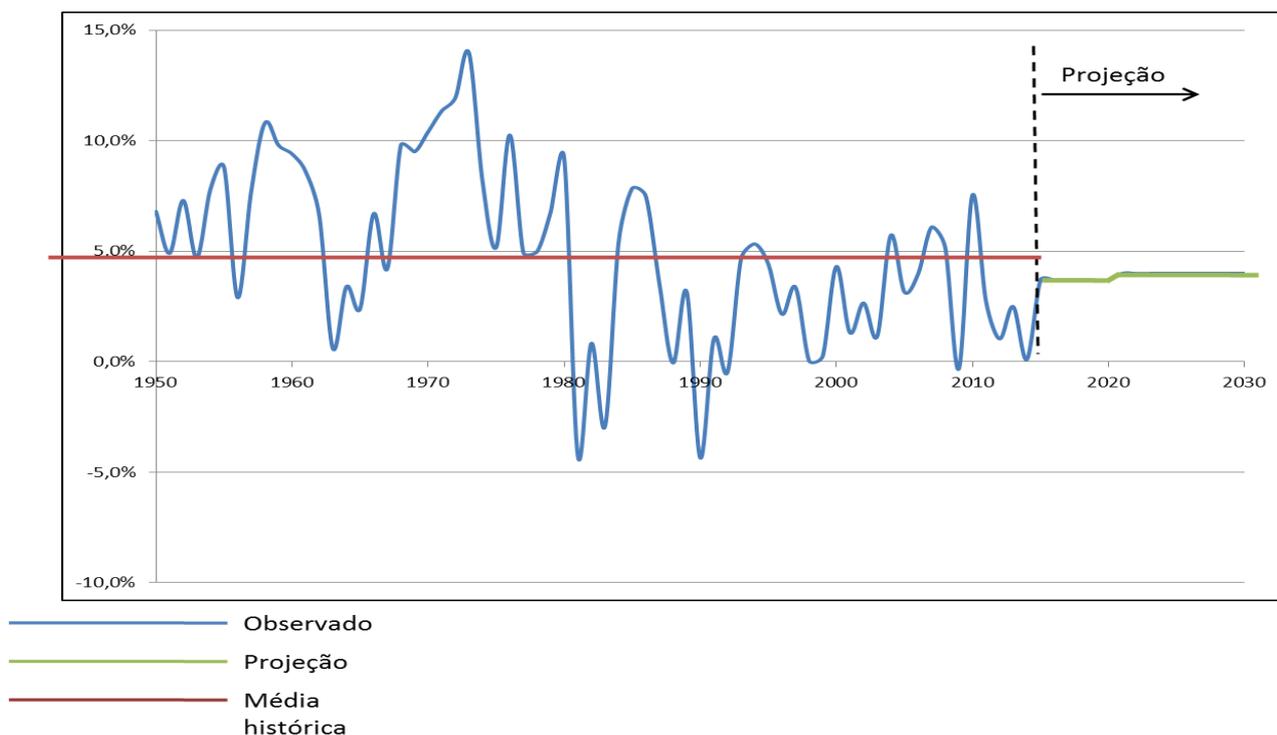
### 3.2.1. Cenário macroeconômico

O **cenário macroeconômico doméstico** é caracterizado pela elevação do nível de investimentos, especialmente os relacionados à infraestrutura, o que contribui para aumentar a competitividade dos setores produtivos. Espera-se também avanços no âmbito educacional, com maiores investimentos nesta área, parte deles oriundos das receitas de exploração de petróleo na camada do Pré-Sal. Estas políticas contribuem para uma maior produtividade geral da economia brasileira.

Em termos de política econômica, espera-se que o país mantenha o chamado tripé macroeconômico, baseado em câmbio flutuante, metas de inflação e de superávit primário.

Desta forma, com uma economia mais sólida, estima-se que o Brasil crescerá a taxas mais altas do que a média mundial. Estima-se um crescimento do **PIB** de 3,7% a.a. no período 2014-2020, em função de maiores investimentos, principalmente em infraestrutura e relacionados à exploração e produção de petróleo, e dos impactos positivos sobre a balança comercial das exportações do petróleo nacional. Já no período entre 2021 e 2030, espera-se um crescimento de 4% a.a.. Ainda que se estime uma desaceleração nos países emergentes, o que impacta

diretamente a economia brasileira, o país apresentará maior produtividade com a maturação dos investimentos realizados anteriormente. Isto permitirá sustentar um elevado ritmo de crescimento da economia brasileira ao longo da década<sup>9</sup>. A figura 5 apresenta a taxa de crescimento real do PIB entre 1950 e 2013 e a projeção de crescimento entre 2014 e 2030.



Fonte: Elaboração própria a partir de IPEADATA (2014) e EPE (2014)

**Figura 5.** Crescimento do PIB (variação real anual – % a.a.) – Média histórica e projeção

O **PIB per capita** cresce a 3% a.a. no período entre 2014 e 2020 e a 3,6% a.a. entre 2021 e 2030.

O **nível de investimento com relação ao PIB** chega a 20,2% entre 2014 e 2020 e 21% entre 2021 e 2030, tendo a poupança privada participação crescente no financiamento.

A **Dívida Líquida do Setor Público** é decrescente, por conta do crescimento da economia e da redução da taxa de juros real. Projeta-se seu nível a 33,4% entre 2014 e 2020 e 26,9% até

<sup>9</sup> O PNE 2050 apresenta a estimativa de crescimento do PIB e do PIB per capita para as próximas décadas em formato de bandas, sendo a projeção de 3,7%-4,2% a.a. para o período 2014-2020 e 4,0%-4,5% a.a. para o período 2021-2030. Optou-se por uma projeção mais conservadora, utilizando a banda inferior apresentada para o período.

2030. Obtêm-se superávits primários no período, sendo 2,7% do PIB entre 2014 e 2020 e 0,8% do PIB entre 2021 e 2030.

Como o país cresce a taxas mais altas do que o resto do mundo, há elevação das exportações de petróleo e de *commodities*, em especial para países emergentes. O saldo da balança comercial se mantém levemente positivo, embora siga uma trajetória decrescente. Estima-se um superávit de 2,7% com relação ao PIB entre 2014 e 2020 e 0,8% entre 2021 e 2030.

Espera-se um **balanço de transações correntes** de -2,6% entre 2014 e 2020 e -1,7% entre 2021 e 2030, com relação ao PIB, a despeito do superávit na balança comercial, explicado parcialmente pela necessidade de financiamento externo para os investimentos realizados no período.

O nível de desigualdade de renda projetado no CPG segue a tendência de desconcentração de renda observada na última década, embora apresente uma trajetória menos acentuada. Estima-se melhorias na renda do trabalho, incluindo a redução das disparidades salariais entre trabalhadores de diferentes níveis de qualificação. O coeficiente de Gini, medida utilizada para medir a desigualdade de renda, aproxima-se em 2030 do nível observado em países europeus mais populosos e de origem latina, como Espanha e Portugal.

O PNE 2050 não fornece projeções acerca do nível da **taxa de câmbio** da economia. Considerou-se neste estudo, com respaldo do CEC, uma paridade nominal de 2,20 R\$/US\$ constante durante o período analisado.

**Tabela 1.** Premissas macroeconômicas 2005- 2030 – Evolução quinquenal

	2005	2010	2015-2020	2021-2030
Crescimento do PIB (% a.a.)	3,2% <sup>Δ</sup>	7,5% <sup>Δ</sup>	3,7% <sup>■</sup>	4,0% <sup>■</sup>
Crescimento do PIB per capita (% a.a.)	2,2% <sup>Δ</sup>	6,2% <sup>Δ</sup>	3,0% <sup>■</sup>	3,6% <sup>■</sup>
Nível de investimento (% do PIB)	15,9% <sup>Δ</sup>	19,5% <sup>Δ</sup>	20,2% <sup>■</sup>	21,0% <sup>■</sup>
Dívida Líquida do Setor Público (% do PIB)	48,7% <sup>Δ</sup>	40,0% <sup>Δ</sup>	33,4% <sup>■</sup>	26,9% <sup>■</sup>
Superávit primário (% do PIB)	2,5% <sup>Δ</sup>	N/D	2,7% <sup>■</sup>	0,8% <sup>■</sup>
Saldo da balança comercial (% do PIB)	5,1% <sup>Δ</sup>	0,9% <sup>Δ</sup>	0,5% <sup>■</sup>	0,3% <sup>■</sup>
Balanço de transações correntes (% do PIB)	1,6% <sup>Δ</sup>	-2,2% <sup>Δ</sup>	-2,6% <sup>■</sup>	-0,7% <sup>■</sup>
Taxa de câmbio nominal (R\$/US\$)	2,43 <sup>Δ</sup>	1,76 <sup>Δ</sup>	2,20 <sup>•</sup>	2,20 <sup>•</sup>

<sup>Δ</sup> Fonte: IPEADATA, diversas fontes primárias

<sup>■</sup> Fonte: PNE 2050 (EPE, 2014)

<sup>•</sup> Comitê de Elaboração de Cenários (CEC)

### 3.2.1.1 Divisão das famílias por classe de renda

Embora não configure uma premissa, mas sim uma funcionalidade/recurso do modelo que enriquece a análise socioeconômica, é relevante mencionar como foi realizada a divisão do setor das famílias em classes de renda na calibração do modelo. Utilizando dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF/IBGE) 2002-2003, cujo ano de referência é o mais próximo do ano-base utilizado no estudo, as famílias foram categorizadas de acordo com seu rendimento medido em salários mínimos de janeiro 2003<sup>10</sup>. Foram aplicadas apenas as participações de cada classe de renda na compatibilização dos níveis de consumo e renda da Matriz de Contabilidade Social utilizada no modelo (Para um maior detalhamento dos conceitos e da construção da Matriz de Contabilidade Social, ver seção A1.1 do Anexo I).

Embora a POF 2002-2003 forneça dez classes de renda, optou-se pela utilização de apenas três classes com o fim de compatibilizar estes estratos com a elasticidades-renda e elasticidade-preço fornecidas na Nota Técnica II.

Desta forma, tem-se que a primeira classe de renda representa os 16% mais pobres (até 2 Salários Mínimos de referência), a segunda classe de renda abrange os 60% seguintes (de 2 a 10 Salários Mínimos de referência) e a terceira classe de renda contém os 24% mais ricos no ano-base (mais de 10 Salários Mínimos de referência) em todo o período analisado para todos os cenários. A modelagem analisa como variam a renda e o consumo médio das famílias presentes em cada classe de renda, mantendo-se constante a proporção de pessoas com relação à população total de cada estrato. Para os diferentes cenários analisados, o modelo encontra a alteração da renda média e do consumo de cada um destes grupos.

As Contas Econômicas Integradas (CEI/IBGE)<sup>11</sup> para o ano-base mostram um **nível de poupança** bastante discrepante para as três classes de renda: apenas a classe mais rica apresenta poupança positiva<sup>12</sup>. Com melhorias nos níveis educacionais e menores disparidades entre trabalhadores de diferentes níveis de qualificação, há redução na desigualdade da renda

---

<sup>10</sup> Em janeiro de 2003, o salário mínimo de referência no Brasil era de R\$200,00.

<sup>11</sup> As Contas Econômicas Integradas representam o núcleo central do Sistema de Contas Nacionais, que consiste em uma sequência de contas de fluxos inter-relacionadas, detalhadas por setor institucional, incluindo empresas financeiras, empresas não-financeiras, administração pública e famílias. Mostram, também, as relações entre a economia nacional e o resto do mundo (IBGE, 2011).

<sup>12</sup> É possível que tamanha discrepância no nível de poupança esteja superestimada. Isto ocorre porque muitas das famílias mais pobres pertencem ao setor informal, ou seja, sua renda não é captada adequadamente pelas estatísticas oficiais.

proveniente do trabalho. Assim, os trabalhadores de classes de renda mais baixas conseguem melhorar seu nível de poupança com relação ao nível de renda, reduzindo também as disparidades de poupança entre classes de renda. De forma a atingir os níveis de investimento total da economia estimados no PNE 2050, consideramos como hipótese que o nível de poupança das famílias evolui da seguinte forma para cada classe de renda durante o período:

**Tabela 2.** Taxa de poupança por classe de renda – Ano-base e ano final

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Ano-base (2005) <sup>13</sup>	-79,6%	-21,3%	21,1%
2030 <sup>14</sup>	-23,3%	8,7%	11,8%

### 3.2.2. Cenário setorial

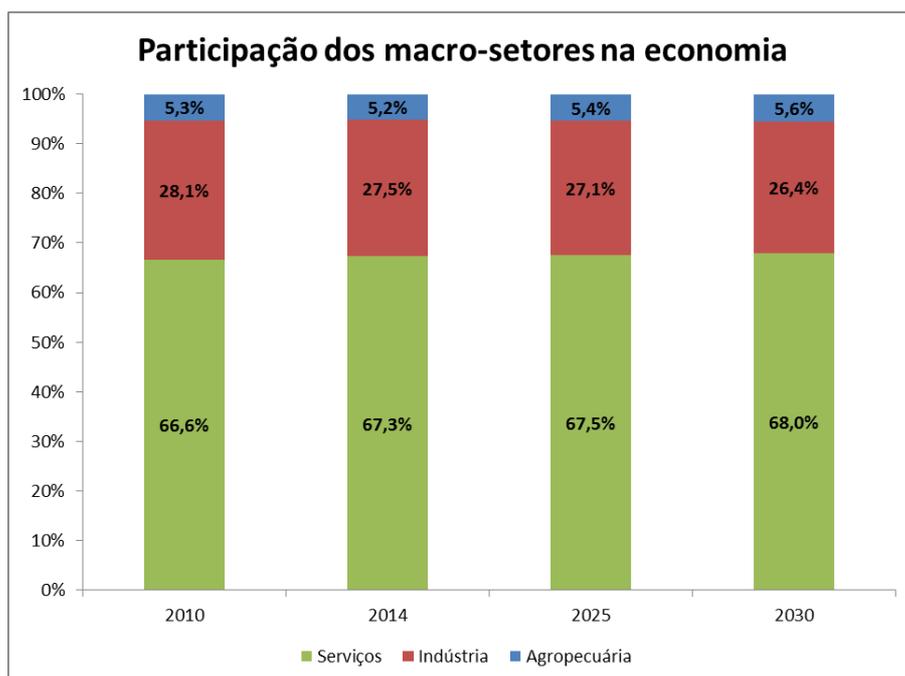
A solução de gargalos, a redução das desigualdades sociais e o aumento na produtividade dos fatores (trabalho, capital, terra), além da maior renda *per capita*, contribuem para alterar o perfil de participação dos setores na economia.

Há continuidade da perda de participação da indústria na economia, em prol da expansão do setor de serviços. Tendo em conta a alta vantagem comparativa da agricultura brasileira frente ao resto do mundo e a manutenção da alta no preço das *commodities* agrícolas, este setor aumenta ligeiramente sua participação na economia brasileira no período analisado. A tabela 3 mostra a evolução da participação dos macro-setores na economia até 2030.

---

<sup>13</sup> Dados observados (Fonte: CEI/IBGE)

<sup>14</sup> Estimação



Fonte: PNE 2050 (EPE, 2014)

**Figura 6.** Participação dos macro-setores na economia

### 3.2.2.1 Agropecuária

Projeta-se uma taxa de crescimento do setor agropecuário acima da taxa de crescimento do PIB. Os determinantes pelo lado da demanda são o crescimento da população, tanto brasileira quanto mundial, e da renda. Além disso, espera-se a expansão do uso de biocombustíveis, que utilizam como matéria-prima bens agrícolas como cana-de-açúcar, soja e palma, no caso brasileiro. Considera-se que o setor tem capacidade de atender à demanda crescente, tendo em vista as condições favoráveis com relação a clima, disponibilidade de terras e tecnologia. Ressalta-se que são projetados expressivos aumentos de produtividade para as principais atividades agrícolas e de criação de animais.

### 3.2.2.2 Indústria

Algumas premissas referentes ao setor industrial devem ser destacadas, especialmente nas indústrias intensivas em energia e emissões.

#### 3.2.2.2.1 Cimento

A indústria de **cimento** caracteriza-se pela baixa concorrência internacional, uma vez que este produto apresenta uma relação entre valor agregado e peso específico baixa, tornando seu

transporte desinteressante. De forma geral, a produção de cimento acompanha a expansão dos setores de construção civil e infraestrutura. No cenário utilizado na modelagem, esta indústria cresce a uma média de 5,3% a.a. entre 2005 e 2030.

#### *3.2.2.2.2 Siderurgia*

Assim como a indústria de cimento, a indústria siderúrgica geralmente acompanha a expansão dos setores de construção civil e infraestrutura, embora também seja determinada pelo desenvolvimento das indústrias automobilística e de bens de capital. Entretanto, esta está mais exposta à concorrência internacional do que cimento, ainda que se apresente bastante competitiva no cenário mundial. Projeta-se um crescimento médio de 2,7% a.a. para o setor no período relativo à modelagem.

#### *3.2.2.2.3 Metais não-ferrosos*

Dentre os metais não-ferrosos, destaca-se o alumínio, indústria altamente intensiva em energia elétrica. Seu desenvolvimento acompanha a expansão de setores como construção civil, transportes e embalagens. Para o caso específico do alumínio primário, projeta-se um crescimento médio de 1,5% a.a. no período analisado, considerando que este elemento possui alguns substitutos como cobre, magnésio e titânio.

#### *3.2.2.2.4 Papel e Celulose*

O setor de papel e celulose no Brasil apresenta boa vantagem comparativa com relação ao resto do mundo. Entretanto, seu desempenho depende da economia global, já que mais da metade da produção brasileira é destinada à exportação. Projeta-se um crescimento da produção de celulose maior do que o da produção de papel, embora o consumo per capita de papel cresça consideravelmente no período. Desta forma, conta-se com maiores níveis de exportação de celulose no horizonte analisado.

De forma geral, estima-se um crescimento médio de 4,3% do setor de papel e celulose no horizonte de tempo do estudo.

#### *3.2.2.2.5 Indústria Química*

A indústria química brasileira caracteriza-se por sua heterogeneidade e pela alta dependência externa. No PNE 2050, são analisados três ramos específicos: petroquímica, fertilizantes e soda-cloro.

O setor de fertilizantes é responsável por um aumento expressivo da produção química no país, relacionado à expansão do setor agropecuário, embora se espere uma expansão expressiva dos outros setores.

Para o setor petroquímico, a perspectiva é de crescimento impulsionado por suas possibilidades de aplicação nos setores de construção civil, automotivo, têxtil e de embalagens.

Já o segmento de soda-cloro é relevante pelo alto custo que a energia elétrica representa em seu processo produtivo. Estes produtos são fundamentais para a produção de químicos e farmacêuticos de alta relevância comercial, bem como na construção civil e no setor de papel e celulose.

O crescimento médio projetado para o setor químico entre 2005 e 2030 é de 4,2% a.a..

#### *3.2.2.2.6 Indústria automotiva*

O crescimento real da renda per capita e a maior taxa de urbanização contribuem para aumentar a demanda por serviços de transporte de carga e passageiros, com destaque para veículos leves individuais, alavancando a indústria automotiva do país. Também é importante mencionar a importância deste setor na economia, uma vez que ela emprega uma parcela considerável da mão-de-obra disponível.

Com o crescimento da frota de veículos leves, há elevação da taxa de motorização, que se aproxima dos padrões observados nos países da OCDE.

#### *3.2.2.3 Serviços*

De forma geral, o setor de Serviços apresenta a tendência de aumentar sua participação na economia. No caso do Brasil, o setor já representa uma parcela expressiva do PIB, porém conta com baixa qualificação da mão-de-obra e baixa produtividade.

Avanços nos setores de transportes e a maturação de investimentos em infraestrutura e logística, além da expansão do setor de turismo, contribuem para a dinamização do setor de serviços como um todo.

### **3.3. Notas Técnicas produzidas para auxiliar a modelagem**

Foram encomendadas quatro Notas Técnicas para auxiliar a calibração do modelo e respaldar as premissas já discutidas anteriormente, descritas a seguir. As Notas Técnicas estão disponíveis na íntegra no Anexo II.

#### **3.3.1. Nota Técnica I – Impactos do Pré-Sal sobre a taxa de câmbio e a balança comercial (Prof. Edson Domingues – Cedeplar/UFMG)**

As projeções de exploração do petróleo do Pré-Sal vêm acompanhadas de uma série de questionamentos se tais reservas poderiam causar no país o chamado 'mal do recursos naturais', também conhecido como doença holandesa. Este fenômeno prediz que países abundantes em recursos naturais, ao exportá-los, geram um volume de divisas em moeda estrangeira tão expressivo que acarreta em apreciação da taxa de câmbio. Isto contribui para tornar as exportações de outros setores, tais como manufaturados, relativamente mais caras, ao passo que favorece importações, e acaba-se por observar uma tendência de desindustrialização da economia.

Esta Nota Técnica tem como propósito auxiliar o CPM na modelagem da exploração do Pré-Sal tanto no modelo IMACLIM-BR (equilíbrio geral computável), quanto no modelo MESSAGE (oferta de energia), pois avalia em que medida o Brasil poderá vir a ser acometido por este fenômeno. Destacam-se a revisão da literatura sobre a abordagem deste tipo de questão em modelos CGE e as análises referentes aos impactos da exploração do Pré-Sal sobre a taxa de câmbio e o nível de importações e exportações do país.

#### **3.3.2. Nota Técnica II – Elasticidades renda e preço para diferentes classes de renda (Prof. Edson Domingues – Cedeplar/UFMG)**

As funções de demanda utilizadas para analisar o comportamento das famílias no modelo IMACLIM-BR contemplam a dois tipos de elasticidade:

- (a) elasticidade-renda: como varia a demanda por determinado bem quando se observam variações na renda dos agentes;
- (b) elasticidade-preço: como varia a demanda dos agentes por determinado bem quando se verificam alterações em seu preço

Diferentes classes de renda apresentam diferentes níveis de elasticidade, pois os bens diferem em termos de essencialidade, peso no orçamento, entre outros.

Esta Nota Técnica reúne a literatura existente para a estimação destas elasticidades para diferentes classes de renda, geralmente utilizando dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE e índices de preços e compatibilizando-os com as Contas Nacionais (IBGE). Os parâmetros foram utilizados como input para a calibração das funções de demanda do modelo IMACLIM-BR, fornecendo diferentes reações dos agentes a mudanças de renda e preço, tornando a análise mais robusta.

### **3.3.3. Nota Técnica III – Considerações sobre a distribuição da renda da terra entre agentes econômicos (Prof. Ângelo Gurgel – FGV/SP)**

Os dados das Contas Econômicas Integradas (IBGE) com relação à distribuição da renda da terra por diferentes agentes são incompletos e pouco confiáveis. Para o ano base utilizado no IES-Brasil, por exemplo, há dados disponíveis apenas para a renda da terra apropriada pelo governo, que representa uma parcela muito pequena do total.

Esta Nota Técnica estima a distribuição da renda da terra entre três diferentes agentes econômicos (famílias, empresas e governo) para o ano base do estudo, 2005. Estes dados foram fundamentais para a construção da Matriz de Contabilidade Social (SAM) utilizada na calibração do modelo IMACLIM-BR.

### **3.3.4. Nota Técnica IV – Considerações sobre o crescimento econômico mundial e as exportações e importações brasileiras (Prof. Ângelo Gurgel – FGV/SP)**

Esta Nota Técnica tem como objetivo analisar como diferentes setores da economia se comportam em função do crescimento econômico mundial, com foco nos períodos de 2013-2020 e 2021-2030.

Estima-se o efeito médio da variação do crescimento do PIB mundial e do PIB brasileiro sobre o produto de cada uma das indústrias que compõem o setor manufatureiro, uma vez que estas são mais sensíveis às tendências externas, com grande participação na balança comercial.

Esta Nota Técnica não foi incorporada à modelagem do modelo IMACLIM-BR, uma vez que a projeção de crescimento setorial foi disponibilizada no PNE 2050 (EPE) e encontra-se mais alinhada a outros parâmetros utilizados na modelagem. O PNE 2050 foi disponibilizado pela EPE após a encomenda da Nota Técnica ao autor.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Produto Interno Bruto (PIB) e PIB per capita

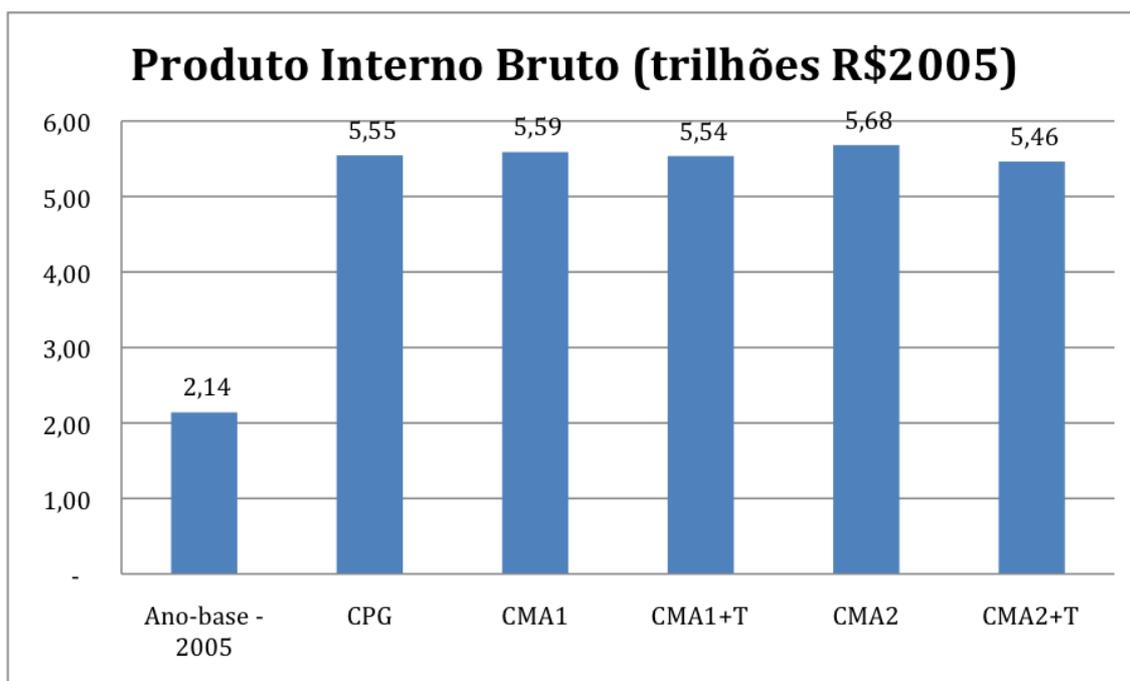
**Tabela 3.** PIB e PIB per capita para os diferentes cenários

	Ano-base – 2005	CPG	MA1	MA1+T	MA2	MA2+T
PIB (trilhões R\$ 2005)	2,14	5,55	5,59	5,54	5,68	5,46
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	-	3,88%	3,91%	3,87%	3,98%	3,81%
Comparação em 2030 com relação ao CPG			0,77%	-0,17%	2,46%	-1,48%
PIB per capita (R\$ 2005)	11.570	24.868	25.060	24.826	25.480	24.500
Taxa média anual de crescimento 2005-2030		3,1%	3,1%	3,1%	3,2%	3,0%
Comparação em 2030 com relação ao CPG			0,8%	-0,2%	2,5%	-1,5%

Fonte: Elaboração própria

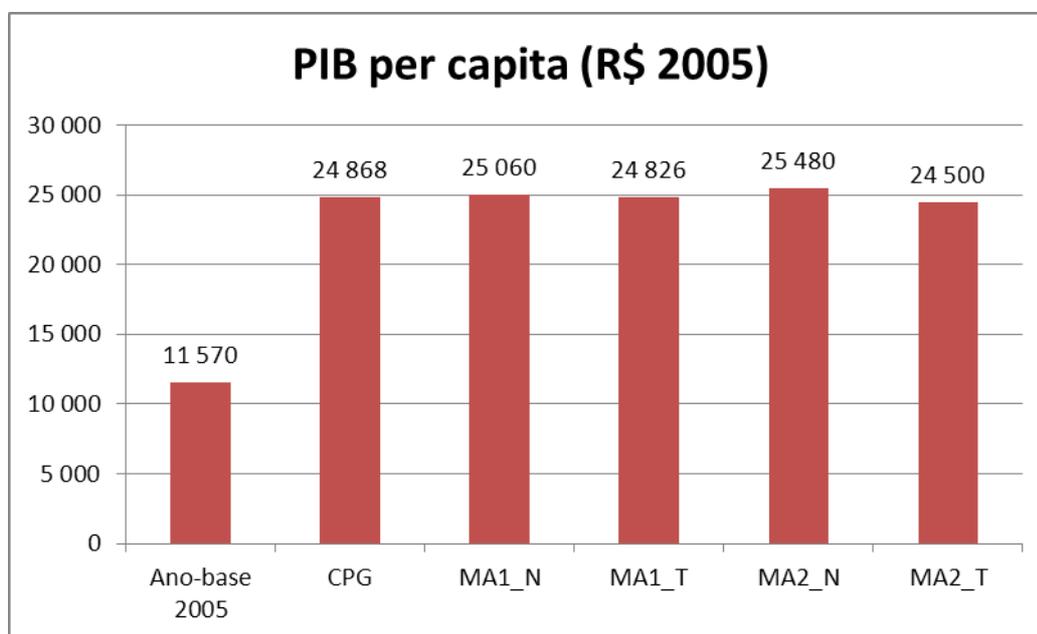
Verifica-se para os diferentes cenários em 2030 um crescimento médio anual entre 3,81% e 3,98%. Em comparação com o Cenário de Plano Governamental, os cenários de mitigação adicional de comando e controle apresentam resultados favoráveis, apresentando níveis acima do CPG. Isto ocorre em parte devido aos ganhos de eficiência e produtividade conferidos pela implementação das medidas de mitigação, mas principalmente devido aos postos de trabalho criados pelo setor de biomassa e biocombustíveis, cuja fase agrícola é intensiva em mão de obra, ao contrário das energias fósseis, intensivas em capital, que estes combustíveis vem substituir. Como efeito do mercado de trabalho mais aquecido, há um aumento dos salários médios, que leva a um aumento da massa salarial, provocando o aquecimento da economia como um todo.

Os cenários de mitigação adicional com taxa de carbono apresentam crescimento médio do PIB abaixo do CPG. A redução é pequena no caso da taxa a 20 US\$/tCO<sub>2</sub>e, mas no caso da taxa a 100 US\$/tCO<sub>2</sub>e, as perdas são mais significativas. Como o horizonte de tempo considerado é relativamente curto e as medidas de mitigação não são implementadas nos primeiros anos de análise, a taxa penaliza a estrutura produtiva estabelecida anteriormente às políticas climáticas.



Fonte: Elaboração própria

**Figura 7.** PIB doméstico para os diferentes cenários (trilhões R\$ 2005)



Fonte: Elaboração própria

**Figura 8.** PIB per capita para os diferentes cenários (R\$ 2005)

## 4.2. Investimento

**Tabela 4.** Nível de investimento e taxa de investimento com relação ao PIB para os diferentes cenários

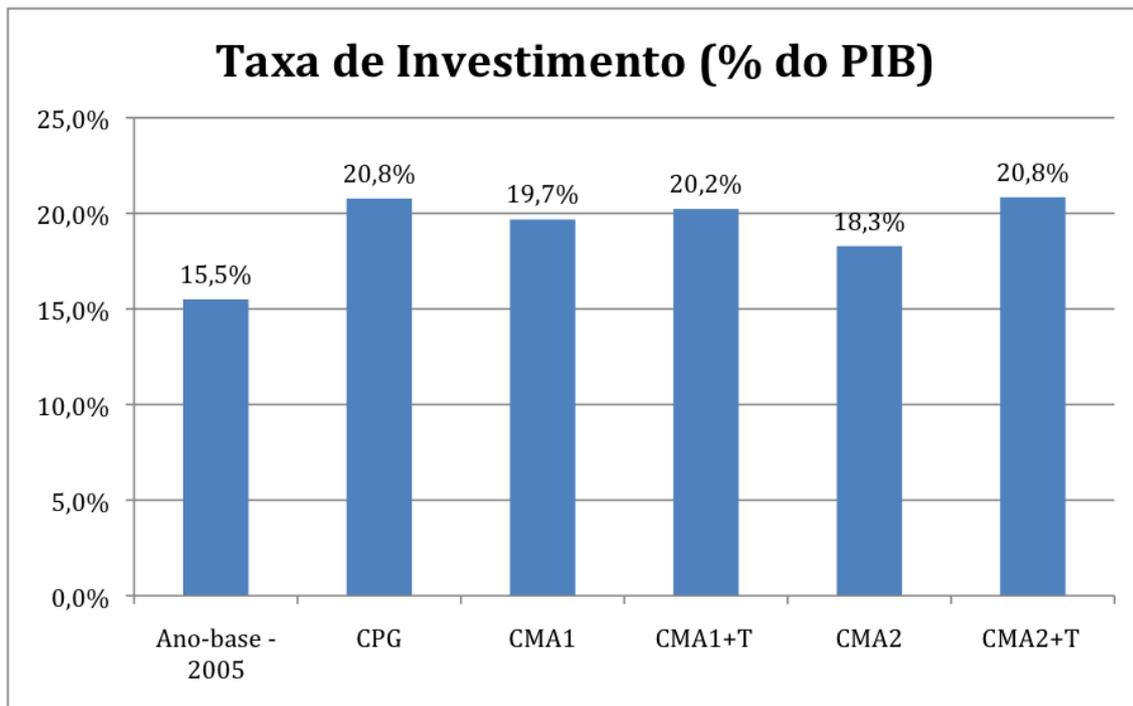
	Investimentos Totais (trilhões de R\$2005)	Taxa de Investimento (% do PIB)
Ano-base – 2005	0,33	15,5%
CPG	1,15	20,8%
MA1	1,10	19,7%
MA1+T	1,12	20,2%
MA2	1,04	18,3%
MA2+T	1,14	20,8%

Fonte: Elaboração própria

No CPG, a taxa de investimentos em relação ao PIB aumenta de forma significativa, de 15,5% para 20,8%, fruto dos investimentos necessários para construir e melhorar a infraestrutura brasileira, de forma a reduzir o chamado custo-Brasil e tornar o país mais competitivo.

Ao se simular os cenários de mitigação, observa-se que nos cenários de comando e controle (MA1 e MA2), a taxa de investimento se reduz, mesmo quando contabilizados os investimentos realizados em ações de mitigação. Este fato ocorre porque nestes cenários o nível de preços sobe de maneira mais expressiva, reduzindo as exportações e aumentando as importações de bens. Desta forma, há uma pequena mudança estrutural, em que o setor industrial perde competitividade, cresce menos, produz menos e como resultado investe menos.

Já nos cenários com taxa de carbono (MA1+T e MA2+T), as taxas de investimentos se mantêm mais próximas àquelas observadas no CPG. Isto é causado pelo fato de que o índice de preços não aumenta de forma tão expressiva quanto nos cenários de comando e controle. Apesar do aumento do custo da energia fóssil, toda a receita de carbono é devolvida aos setores produtivos sob a forma de redução de encargos trabalhistas, e por isso é possível produzir a um custo mais baixo do que nos cenários de comando e controle. Além disso, como a hipótese nestes cenários com taxa é do estabelecimento de uma taxa de carbono global, a indústria brasileira acaba ganhando competitividade pois a matriz energética brasileira é menos intensiva em carbono, e tem seus custos menos aumentados do que as suas concorrentes internacionais. Desta forma a indústria brasileira ganha participação tanto no mercado doméstico quanto no mercado internacional, aumentando, desta forma, seus investimentos em comparação com o observado nos cenários de comando e controle.



Fonte: Elaboração própria

**Figura 9.** Taxa de investimento (percentual com relação ao PIB)

### 4.3. Produção total e postos de trabalho

**Tabela 5.** Produção Total e Postos de Trabalho – Bens energéticos

Produção Total e Postos de Trabalho – Bens energéticos							
		Biomassa	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Derivados de Petróleo	Eletricidade
Ano-base – 2005	Produção total (milhões R\$ 2005)	23.077	479	59.977	6.788	95.416	80.889
	Postos de trabalho (mil postos)	2.329	8	38	5	143	233
CPG	Produção total (milhões R\$ 2005)	81.525	824	318.892	29.430	432.710	239.224
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,2%	2,2%	6,9%	6,0%	6,2%	4,4%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.737	6	64	10	162	401
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,7%	-1,0%	2,1%	3,0%	0,5%	2,2%
MA1	Produção total (milhões R\$ 2005)	89.420	686	295.329	25.561	387.764	243.134
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,6%	1,4%	6,6%	5,4%	5,8%	4,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	9,7%	-16,7%	-7,4%	-13,1%	-10,4%	1,6%
	Postos de trabalho (mil postos)	6.477	5	55	8	140	396
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,2%	-1,8%	1,5%	2,2%	-0,1%	2,1%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	12,9%	-18,3%	-13,2%	-19,1%	-13,8%	-1,4%
MA1+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	89.780	727	298.123	26.090	392.678	249.496
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,6%	1,7%	6,6%	5,5%	5,8%	4,6%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	10,1%	-11,7%	-6,5%	-11,4%	-9,3%	4,3%
	Postos de trabalho (mil postos)	6.513,90	4,66	55,61	7,93	140,03	397,92
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,2%	-1,9%	1,5%	2,3%	-0,1%	2,2%

Produção Total e Postos de Trabalho – Bens energéticos							
		Biomassa	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Derivados de Petróleo	Eletricidade
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	13,5%	-19,8%	-12,8%	-17,3%	-13,6%	-0,8%
MA2	Produção total (milhões R\$ 2005)	82.632	445	266.797	23.035	348.520	245.919
	Produção total (milhões R\$ 2005)	5,2%	-0,3%	6,2%	5,0%	5,3%	4,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	1,4%	-46,0%	-16,3%	-21,7%	-19,5%	2,8%
	Postos de trabalho (mil postos)	6.915	3	47	7	115	398
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,4%	-4,3%	0,8%	1,6%	-0,9%	2,2%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	20,5%	-56,2%	-27,0%	-30,1%	-28,8%	-0,8%
MA2+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	83.295	517	279.152	25.418	369.173	276.016
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,3%	0,3%	6,3%	5,4%	5,6%	5,0%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	2,2%	-37,3%	-12,5%	-13,6%	-14,7%	15,4%
	Postos de trabalho (mil postos)	7.042	2	48	7	117	403
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,5%	-4,8%	0,9%	2,0%	-0,8%	2,2%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	22,7%	-61,7%	-24,6%	-22,0%	-27,7%	0,5%

Fonte: Elaboração própria

No CPG, há aumento na produção em todos os seis bens energéticos, com destaque para os setores de petróleo e gás natural, em função da exploração das reservas da camada do Pré-Sal. A produção de biomassa cresce devido à maior penetração do etanol em veículos leves, em substituição à gasolina. A geração de eletricidade acompanha o aumento de demanda verificado nos setores industrial, residencial, de serviços, entre outros. O setor de derivados de petróleo se expande no CPG, com o aumento da demanda por estes bens e a entrada de novas refinarias no parque de refino nacional.

Nota-se, no entanto um crescimento a taxas menores na geração de emprego destes setores, reflexo das melhorias na produtividade do trabalho estimadas para o período, fruto de um maior nível educacional da mão de obra no Brasil e pela maior mecanização em setores como o agropecuário e o de produção de biomassa, entre outros.

Nos cenários de Mitigação Adicional 1, há maior crescimento do setor de biomassa, em função da expansão da produção de etanol e biodiesel para utilização no setor de transportes. Não há variação significativa da produção de energia elétrica com relação ao CPG, porém o perfil da matriz energética muda, contando com maior participação de fontes renováveis. Isto se reflete na produção de carvão, cuja utilização para geração térmica é extinta, e petróleo, gás natural e produtos do refino, cujos níveis de produção (e conseqüentemente geração de posto de trabalho) são consideravelmente menores em comparação ao CPG. Com o maior uso de fontes renováveis, verifica-se a contração do setor de refino, cujos produtos são parcialmente substituídos por biomassa.

A evolução (percentual) da produtividade do trabalho não varia com relação ao CPG. Dessa forma, tanto no MA1 quanto no MA2 verifica-se uma geração de empregos crescendo a taxas menores que a da produção total. Isto explica também o mesmo nível de variação com relação ao CPG para as variáveis produção total e postos de trabalho.

As tendências observadas nos Cenários de Mitigação Adicional 1 são ainda mais acentuadas nos Cenários de Mitigação Adicional 2. No setor de biomassa, a expansão dos biocombustíveis é mais ambiciosa, assim como a utilização de fontes renováveis para a geração elétrica. No Cenário de Mitigação Adicional 2, além do bagaço de cana-de-açúcar e energia eólica, há também expansão da geração hidrelétrica, em detrimento da geração a gás natural remanescente no Cenário de Mitigação Adicional 1. No setor de transportes, a adoção de veículos elétricos para o transporte público contribui marginalmente para o crescimento da demanda por eletricidade.

Reduzem-se drasticamente os níveis de produção de carvão, petróleo, gás natural e derivados de petróleo em comparação com o CPG, enquanto há um expressivo aumento do setor de biomassa. Naturalmente, estas variações se refletem nos postos de trabalho oferecidos por cada setor.

**Tabela 6.** Produção Total e Postos de Trabalho – Bens industriais

Produção Total e Postos de Trabalho – Bens industriais								
		Papel e Celulose	Cimento	Siderurgia	Não-ferrosos	Química	Mineração	Resto da Indústria
Ano-base – 2005	Produção total (milhões R\$ 2005)	37.077	6.360	70.805	22.342	210.044	37.594	566.935
	Postos de trabalho (mil postos)	190	12	114	95	966	242	8.164
CPG	Produção total (milhões R\$ 2005)	100.589	24.265	158.288	35.592	502.372	85.489	1.767.068
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,1%	5,5%	3,3%	1,9%	3,5%	3,3%	4,7%
	Postos de trabalho (mil postos)	246	15	179	110	1.513	293	18.102
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,0%	1,0%	1,8%	0,6%	1,8%	0,8%	3,2%
MA1	Produção total (milhões R\$ 2005)	99.301	24.018	152.813	34.016	490.130	81.978	1.735.532
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,0%	5,5%	3,1%	1,7%	3,4%	3,2%	4,6%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-1,3%	-1,0%	-3,5%	-4,4%	-2,4%	-4,1%	-1,8%
	Postos de trabalho (mil postos)	243	15	174	105	1.481	284	17.823
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,0%	1,0%	1,7%	0,4%	1,7%	0,6%	3,2%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-1,4%	-0,8%	-2,4%	-4,2%	-2,1%	-3,2%	-1,5%
MA1+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	102.847	25.553	168.645	39.938	493.270	84.723	1.756.302
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,2%	5,7%	3,5%	2,4%	3,5%	3,3%	4,6%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	2,2%	5,3%	6,5%	12,2%	-1,8%	-0,9%	-0,6%
	Postos de trabalho (mil postos)	249,41	15,22	185,79	120,78	1.490,19	289,82	17.884,88
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,1%	1,0%	2,0%	1,0%	1,7%	0,7%	3,2%

Produção Total e Postos de Trabalho – Bens industriais								
		Papel e Celulose	Cimento	Siderurgia	Não-ferrosos	Química	Mineração	Resto da Indústria
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	1,3%	-1,3%	4,0%	10,1%	-1,5%	-1,1%	-1,2%
MA2	Produção total (milhões R\$ 2005)	98.569	24.383	150.271	32.701	481.899	78.553	1.711.866
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,0%	5,5%	3,1%	1,5%	3,4%	3,0%	4,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-2,0%	0,5%	-5,1%	-8,1%	-4,1%	-8,1%	-3,1%
	Postos de trabalho (mil postos)	241	15	169	100	1.455	277	17.470
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,0%	1,0%	1,6%	0,2%	1,7%	0,5%	3,1%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-2,0%	-0,9%	-5,5%	-8,4%	-3,9%	-5,6%	-3,5%
MA2+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	108.571	31.584	189.488	46.794	496.961	87.786	1.779.965
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,4%	6,6%	4,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,7%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	7,9%	30,2%	19,7%	31,5%	-1,1%	2,7%	0,7%
	Postos de trabalho (mil postos)	257	15	195	135	1.500	295	17.882
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,2%	0,9%	2,2%	1,4%	1,8%	0,8%	3,2%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	4,2%	-3,0%	9,3%	22,9%	-0,9%	0,8%	-1,2%

Fonte: Elaboração própria

No CPG, há expansão dos setores industriais, ainda que com grandes variações entre os setores. O setor de Papel e Celulose brasileiro é altamente competitivo, por isso cresce expressivamente. O setor de cimento tem expansão puxada por obras de infraestrutura e construção civil em geral. Além de competitivo, este setor conta o fato de que o cimento é difícil de ser importado/exportado, logo o consumo doméstico é necessariamente atendido pelo mercado nacional.

Em função da evolução da produtividade do trabalho no período, verifica-se um crescimento da oferta de postos de trabalho a taxas menores que o crescimento da produção industrial.

Nos cenários de mitigação adicional de comando e controle, há redução da produção industrial com relação ao CPG, explicada não apenas pelo custo adicional das medidas de mitigação diretas, mas também pelo aumento dos salários, causado pelo mercado de trabalho mais aquecido nestes cenários.

Há uma diferença significativa entre os cenários de comando e controle e com taxa de carbono em alguns setores, a saber: Papel e Celulose, Siderurgia, Metais Não-Ferrosos e, em menor escala, Cimento. O crescimento destes setores é negativo em comparação ao CPG em cenários de comando e controle e positivo em cenários com taxa de carbono. Isto se deve à premissa de que a implementação de uma taxa de carbono no Brasil é acompanhada de políticas correlatas em outros países de relevância internacional em termos de produção, consumo e emissões. Neste caso, o Brasil seria efetivamente beneficiado, dada sua competitividade e baixa intensidade de carbono relativa nestes setores, aumentando a demanda global pelos produtos destes setores.

Naturalmente, quanto maior o nível de ambição de mitigação, maior serão os impactos sobre os setores. No caso descrito no parágrafo acima, em que a indústria internacional é taxada nos mesmos termos da indústria brasileira (cenários com taxa de carbono), os ganhos de competitividade, e portanto a produção e a geração de empregos, são tão mais expressivos quanto maior for a penalização global das emissões de GEE.

**Tabela 7.** Produção Total e Postos de Trabalho – Outros setores

Produção Total e Postos de Trabalho – Outros setores				
		Serviços de Transporte	Agropecuária	Serviços
Ano-base – 2005	Produção total (milhões R\$ 2005)	218.497	445.633	1.905.782
	Postos de trabalho (mil postos)	3.858	19.000	55.816
CPG	Produção total (milhões R\$ 2005)	998.712	964.562	4.936.365
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	6,3%	3,1%	3,9%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.560	14.547	80.352
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,5%	-1,1%	1,5%
MA1	Produção total (milhões R\$ 2005)	944.021	959.598	4.955.363
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	6,0%	3,1%	3,9%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-5,5%	-0,5%	0,4%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.510	14.468	80.468
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,4%	-1,1%	1,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-0,9%	-0,5%	0,1%
MA1+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	955.783	961.651	4.930.079
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	6,1%	3,1%	3,9%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-4,3%	-0,3%	-0,1%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.501,34	14.463,53	80.178,20
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,4%	-1,1%	1,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-1,1%	-0,6%	-0,2%
MA2	Produção total (milhões R\$ 2005)	844.325	964.068	5.027.389
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,6%	3,1%	4,0%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-15,5%	-0,1%	1,8%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.507	14.505	81.225
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,4%	-1,1%	1,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-1,0%	-0,3%	1,1%

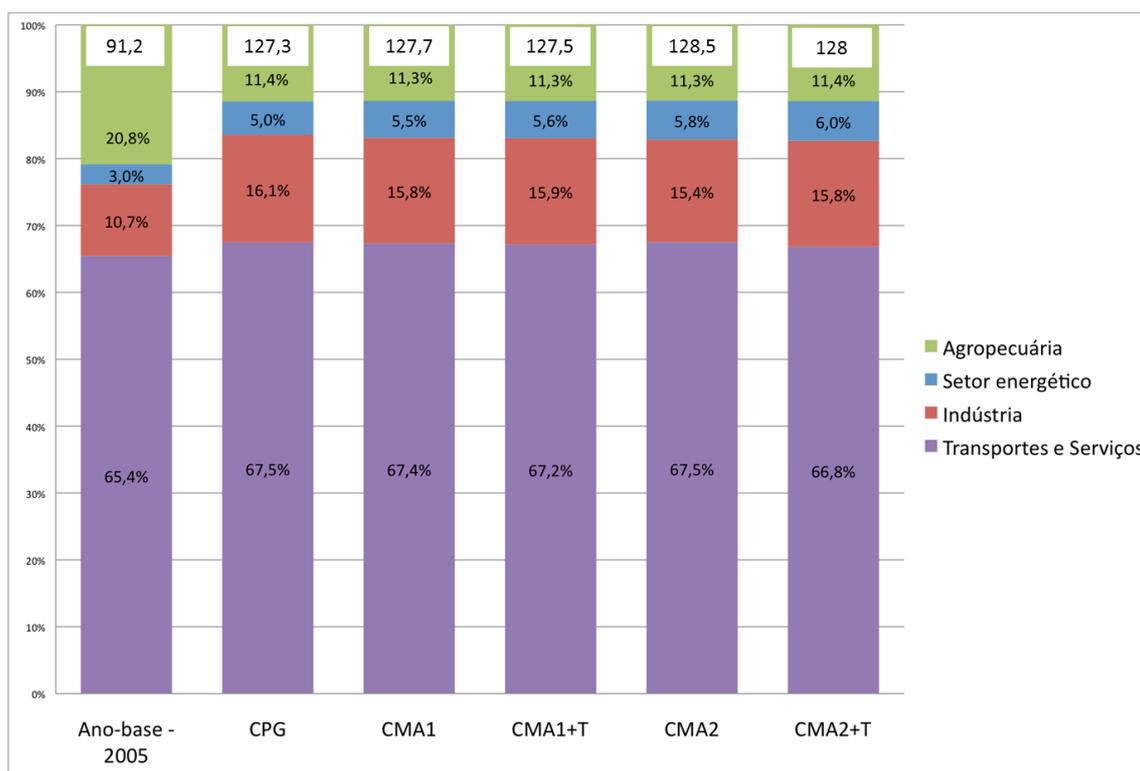
Produção Total e Postos de Trabalho – Outros setores				
		Serviços de Transporte	Agropecuária	Serviços
MA2+T	Produção total (milhões R\$ 2005)	876.549	979.307	4.930.571
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,7%	3,2%	3,9%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-12,2%	1,5%	-0,1%
	Postos de trabalho (mil postos)	5.474	14.544	80.098
	Taxa média anual de crescimento 2005-2030	1,4%	-1,1%	1,5%
	Comparação em 2030 com relação ao CPG	-1,6%	0,0%	-0,3%

Fonte: Elaboração própria

O crescimento do setor de Serviços de Transportes, que contempla o transporte de carga e o transporte coletivo de passageiros, é expressivo em todos os cenários, apresentando pouca variação entre eles. O desenvolvimento do setor é puxado pelo aumento de renda, pela maior urbanização, e pelo desenvolvimento do setor de Serviços, entre outros. Nos cenários de mitigação adicional, a atividade deste setor sofre pequena contração, uma vez que seus preços se elevam devido aos investimentos em medidas de mitigação custosas, como o investimento em linhas de metrô. Ademais, com a redução da atividade industrial, há menos demanda por transporte de carga. Este resultado mostra que o repasse total dos custos de investimentos para a tarifa acaba por penalizar o consumidor mais pobre, e tendo um efeito contrário ao desejado. É importante que pelo menos parte desses investimentos sejam financiados por outras fontes, como por exemplo o governo, ou eventualmente até por parte dos recursos recolhidos pela governo com a taxa de carbono.

No setor de Agropecuária, não há aumento acentuado nos preços dos produtos, uma vez que as medidas de mitigação implementadas apresentam boas relações custo-benefício. Dessa forma, o nível de atividade não varia muito entre os setores. A geração de posts de trabalho apresenta taxas decrescentes, em função dos ganhos de produtividade obtidos pela mecanização do setor, entre outros. Destaca-se que os produtos da biomassa não estão contemplados neste setor, sendo analisados separadamente no âmbito dos bens energéticos.

O setor de Serviços acompanha, de forma geral, o desempenho da economia. Nos cenários de mitigação de comando e controle, há expansão econômica, e por isso o setor cresce comparado ao CPG. Nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono, o setor sofre contração, assim como o PIB. Devido a melhorias em infraestrutura, logística e na qualificação da mão-de-obra, o setor apresenta ganhos de produtividade e, assim, a geração de empregos cresce a taxas consideravelmente mais baixas do que seu nível de atividade.



Fonte: Elaboração própria

**Figura 10.** Postos de trabalho totais e participação relativa dos grandes setores na geração de empregos

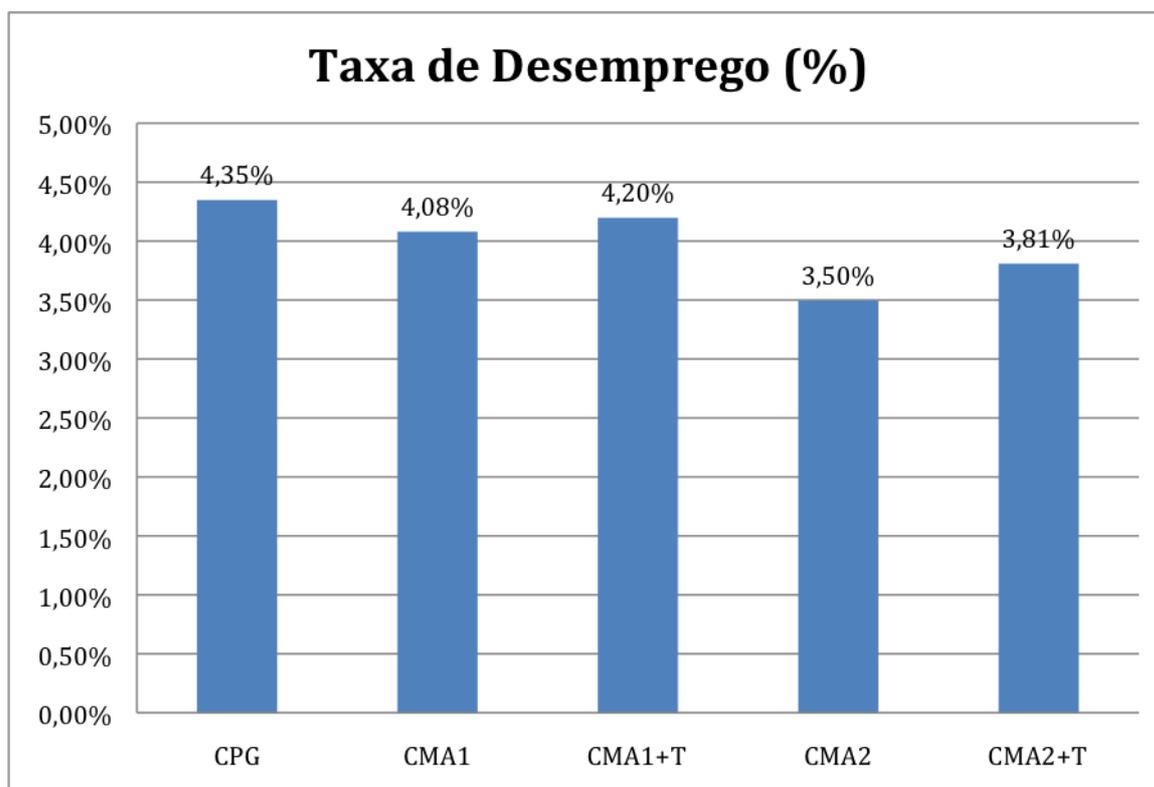
Os cenários de mitigação adicional 2 apresentam a maior variação na geração de postos de trabalho com relação ao CPG. O cenário MA2 apresenta o maior nível de PIB, indicador que está diretamente relacionado ao nível de emprego, explicando a variação. Em especial, a expansão do setor de biomassa contribui para a geração de um número expressivo de postos de trabalho no setor energético. Destaca-se também a geração de empregos no setor de Serviços, que apresenta a maior expansão neste cenário.

Já no caso do cenário MA2+T, verifica-se um nível de emprego superior ao do CPG, embora o PIB seja menor neste cenário. Isto pode ser explicado a partir de quatro setores em especial. Novamente, setor de biomassa cria aproximadamente 1,3 milhões de postos de trabalho a mais do que no CPG, lembrando que nesse valor estão contabilizados também os empregos referentes à fase agrícola. Na indústria, a expansão dos setores de Papel e Celulose, Siderurgia e Não-ferrosos, também contribui fortemente para o aumento do indicador.

Entre o ano-base e o ano final do estudo, 2030, ocorrem ganhos de produtividade expressivos no setor de Agropecuária, além do aumento do estoque de capital produtivo. A participação do setor na geração de empregos muda de patamar, aproximando-se de 11,3% do total da

economia. A geração de empregos na indústria cresce, tanto pela expansão do setor, quanto pelo fato de os ganhos de produtividade não serem tão expressivos quanto em outros setores. Isto ocorre porque a mão de obra da indústria é relativamente mais bem qualificada no ano-base, comparada aos outros setores da economia, não havendo muito espaço para avanços.

No setor energético, há expansão dos postos de trabalho em função do desenvolvimento do setor de biomassa, que cresce notadamente nos cenários de mitigação adicional 2.



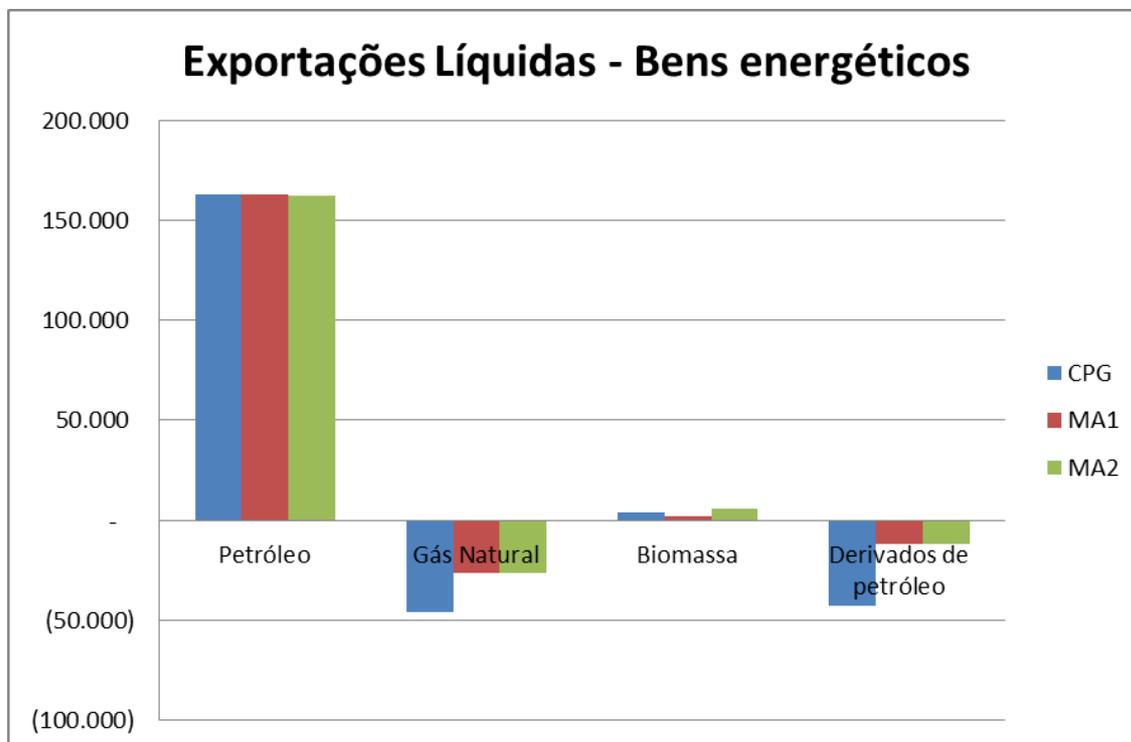
Fonte: Elaboração própria

**Figura 11.** Taxa de desemprego nos diferentes cenários

Verificam-se níveis de desemprego mais baixos nos cenários de mitigação adicional de comando e controle que no CPG, condizentes com o maior crescimento da economia nestes cenários. Nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono, embora o nível de atividade seja menor, o esquema de reciclagem que desonera a folha de pagamento consegue manter o mercado de trabalho aquecido. Nestes cenários, o nível de desemprego é menor do que no CPG.

## 4.4. Comércio exterior

### 4.4.1. Exportações Líquidas



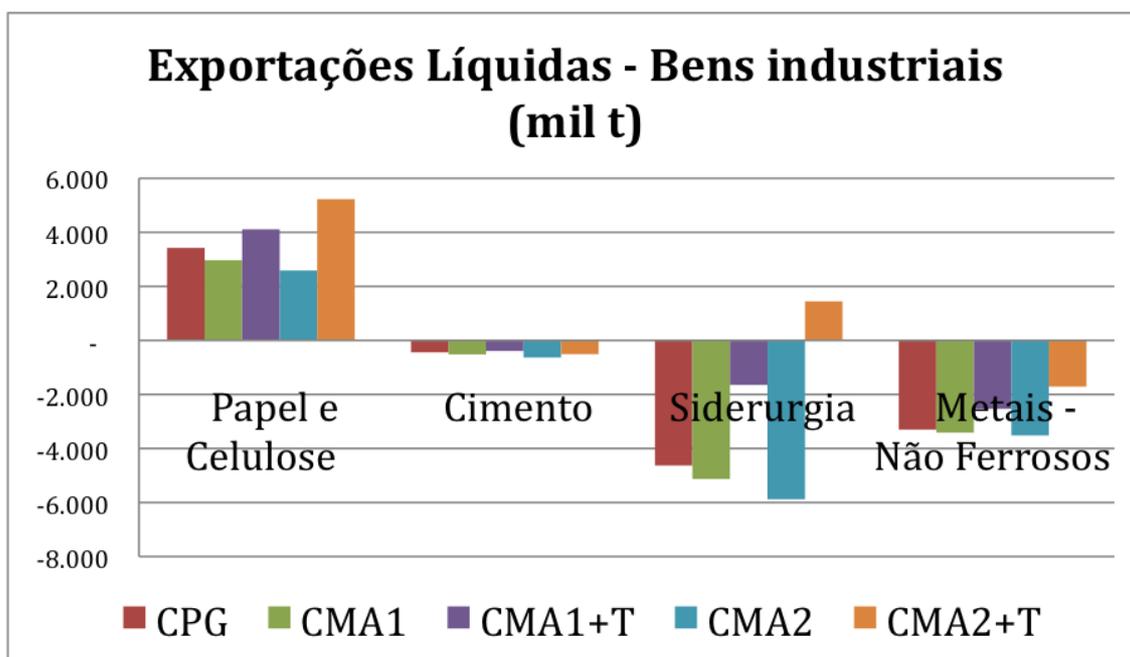
Fonte: Elaboração própria

**Figura 12.** Exportações Líquidas de bens energéticos (Ktep)

No CPG, há crescimento das exportações de petróleo e seus derivados, dada a exploração do Pré-Sal e a entrada de novas refinarias. Nos cenários de Mitigação Adicional, estes produtos são substituídos por fontes alternativas de energia, o que contribui para a contração destes setores e a consequente redução do excedente destinado à exportação. Ainda assim, todos os cenários apresentam um saldo bastante alto nas exportações líquidas de petróleo.

As importações de carvão apresentam forte queda nos cenários de mitigação, em especial os cenários de mitigação adicional 2, em função da menor participação de usinas térmicas na geração elétrica. Ademais, tem-se a substituição do carvão mineral pelo vegetal na indústria siderúrgica. Nos cenários com taxa, produção de aço é maior, e por isso a queda na importação é menor, pois uma parte do setor ainda emprega carvão mineral.

Nos cenários de mitigação adicional 2, as exportações de biomassa têm crescimento expressivo. No cenário MA2+T, o Brasil provisiona energia renovável para o resto do mundo, exportando não apenas etanol, como outros produtos provenientes da biomassa.



Fonte: Elaboração própria

**Figura 13.** Exportações Líquidas de bens industriais (mil toneladas)

Os setores de Siderurgia e Metais Não-Ferrosos são prejudicados pela concorrência dos produtos provenientes da China, que possui parque industrial e capacidade ociosa enormes, apresentando expansão mais lenta em todos os cenários.

Nos cenários de mitigação de comando-e-controle, há perda de competitividade com relação ao CPG para todos os setores. Como nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono estas indústrias auferem vantagem competitiva com relação a seus concorrentes internacionais, o crescimento das exportações é expressivo (destacam-se também os menores custos com mão de obra pela desoneração de encargos trabalhistas). O setor Químico apresenta comportamento semelhante, porém não pode ser representado na figura 12 em função de sua alta heterogeneidade, que não permite que o mesmo seja hibridizado na modelagem. A expansão do setor é lenta, em função da competição com produtos chineses,

mas é favorecida nos cenários de taxa de carbono por sua baixa intensidade de carbono comparada a padrões internacionais.

Devido ao maior volume de exportações destes setores nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono, estes cenários são os que apresentam o maior saldo da balança comercial, chegando a 1,43% do PIB no MA2+T.

**Tabela 8.** Saldo da balança comercial (bilhões R\$ 2005 e percentual com relação ao PIB)

	Saldo da Balança Comercial (Bilhões de R\$2005)	Saldo da Balança Comercial (% PIB)
CPG	40,11	0,72%
MA1	24,62	0,44%
MA1+T	38,55	0,70%
MA2	13,14	0,23%
MA2+T	77,86	1,43%

Fonte: Elaboração própria

## 4.5. Preços

**Tabela 9.** Variação real do índice geral de preços da economia no período 2005-2030

	Variação total no período 2005- 2030	Taxa média anual de variação 2005-2030
CPG	16,1%	0,60%
MA1	22,5%	0,81%
MA1+T	20,4%	0,75%
MA2	28,4%	1,00%
MA2+T	17,4%	0,64%

Fonte: Elaboração própria

Nos cenários MA1 e MA2 há um ganho de PIB, justificado pela implementação de medidas de mitigação custo-efetivas. Entretanto, é observado um efeito de aumento do nível de preços, o que, a princípio, poderia parecer incoerente. O que ocorre na verdade é explicado pela escolha metodológica de modelagem do mercado de trabalho, na qual se utiliza de uma curva de salários, calibrada segundo texto para discussão elaborado pela CEDEPLAR/UFMG (Santolin & Antigo, 2009). A abordagem da curva de salários tem como premissa que quanto menor a taxa de desemprego, maior o poder de barganha do trabalhador. Assim, como o mercado de trabalho está mais aquecido em todos os cenários de mitigação adicional, o nível de salários é mais alto, aumentando o custo de produção, e conseqüentemente o nível de preços nestes cenários.

Como nos cenários com taxas de carbono as receitas da taxa de carbono são usadas diretamente para reduzir encargos trabalhistas, conseqüentemente reduzem-se os custos de produção. Isto contribui para que haja uma redução geral nos níveis de preços da economia nestes cenários.

**Tabela 10.** Variação real de preços no período por setor – Taxa média anual de variação 2005-2030

	CPG	MA1	MA1+T	MA2	MA2+T
Biomassa	1,6%	1,7%	1,6%	1,2%	0,9%
Carvão	0,9%	1,2%	1,4%	2,1%	2,9%
Petróleo	2,3%	2,8%	2,7%	3,2%	2,9%
Gás Natural	0,5%	1,0%	1,0%	1,4%	1,0%
Derivados de Petróleo	3,2%	3,6%	3,6%	4,2%	4,0%
Eletricidade	0,8%	1,1%	1,1%	1,3%	1,4%
Serviços de Transporte	2,3%	2,3%	2,3%	2,0%	1,9%
Agropecuária	-0,1%	0,1%	0,0%	0,3%	0,0%
Papel e Celulose	0,6%	0,8%	0,8%	1,0%	0,8%
Cimento	2,0%	2,2%	2,4%	2,5%	3,3%
Siderurgia	1,0%	1,2%	1,3%	1,4%	1,4%
Não-ferrosos	0,9%	1,1%	1,1%	1,3%	1,2%
Química	0,3%	0,5%	0,4%	0,7%	0,3%
Mineração	1,1%	1,3%	1,3%	1,4%	1,3%
Resto da Indústria	0,8%	1,0%	0,9%	1,2%	0,9%
Serviços	0,3%	0,5%	0,4%	0,7%	0,2%

Fonte: Elaboração própria

O setor de biomassa apresenta intensidade de mão-de-obra relativamente alta, beneficiando-se da redução de encargos trabalhistas nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono. Os custos de produção diminuem, contribuindo para um aumento dos preços do setor menos expressivo comprado aos cenários de mitigação adicional de comando e controle.

O preço dos derivados de petróleo apresenta aumento expressivo em todos os cenários, com destaque para os cenários de mitigação adicional 2, nos quais a penalização das emissões de GEE é maior. No setor de eletricidade, também verificamos um nível de preços maior para os cenários de mitigação adicional 2, nos quais se substitui fontes baratas, como termelétricas a carvão por fontes que apresentam custos mais altos (bagaço, eólica e hidrelétrica), além de se penalizar a geração a combustíveis fósseis remanescente, por exemplo, a gás natural.

O preço dos bens fornecidos pelos setores de Cimento e Siderurgia é maior nos cenários de mitigação adicional, uma vez que são implementadas medidas de custo consideravelmente alto nestes setores.

O setor de agropecuária conta com medidas de mitigação relativamente baratas em termos de custos de abatimento e investimento requerido. Por isso, nos cenários de mitigação adicional, não se verificam pressões sobre os preços dos produtos deste setor. Assim como o setor de biomassa, este setor é intensivo em mão-de-obra e, dessa forma, obtém grandes benefícios com a redução de encargos trabalhistas. Por isso, nos cenários de mitigação adicional com taxa de carbono, não há variação nos níveis de preço deste setor, enquanto o mesmo não ocorre em setores menos intensivos em mão-de-obra.

Por ser pouco intensivo em carbono, o setor de serviços não é muito penalizado com a adoção de medidas de mitigação, embora ele dependa de energia e da estrutura fornecida pela indústria e pelo setor de transportes para seu funcionamento. Desta forma, observa-se uma correlação entre os preços do setor de Serviços e outros setores da economia. No cenário MA2, no qual o nível de preços geral da economia apresenta a maior variação, o mesmo pode ser observado em Serviços. Por outro lado, em função de sua alta participação na economia, a variação do nível de preços no setor de Serviços contribui para explicar a variação no índice geral de preços. No cenário MA2+T, os preços do setor de Serviços variam a uma taxa média de apenas 0,2% a.a., refletindo em uma menor variação dos preços gerais da economia, que é a menor entre os cenários de mitigação adicional.

## 4.6. Resultados socioeconômicos – Renda, Poder de Compra e Níveis de Consumo das Famílias

### 4.6.1. População

**Tabela 11.** População total por classe de renda (mil pessoas)

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Percentual da população total	16%	60%	24%
Ano-base – 2005	30.300	110.133	44.565
2030	36.466	132.545	53.634

Fonte: Elaboração própria

#### 4.6.2. Renda

**Tabela 12.** Renda Anual Média Familiar por Classe (R\$ 2005)

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Ano-base – 2005 (R\$ 2005)	1.169	4.421	26.360
CPG (R\$ 2005)	3.689	12.306	53.882
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,7%	4,2%	2,9%
MA1 (R\$ 2005)	3.956	13.173	57.556
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,0%	4,5%	3,2%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	7,2%	7,0%	6,8%
MA1+T (R\$ 2005)	3.850	12.825	56.105
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,9%	4,4%	3,1%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	4,4%	4,2%	4,1%
MA2 (R\$ 2005)	4.300	14.248	61.832
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	5,3%	4,8%	3,5%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	16,5%	15,8%	14,8%
MA2+T (R\$ 2005)	3.803	12.614	54.947
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	4,8%	4,3%	3,0%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	3,1%	2,5%	2,0%

Fonte: Elaboração própria

Verificam-se aumentos na renda média familiar em todos os cenários de mitigação adicional, o que condiz com o maior nível de emprego observado nestes cenários. As melhorias na remuneração da mão de obra contribuem para aumentar a renda das famílias. Como a renda do trabalho é mais relevante, em termos relativos da composição da renda total para as classes de renda mais baixas (classes de renda mais altas possuem outras fontes de renda, como a renda do capital, que inclui juros e aluguéis), observam-se avanços maiores na renda média familiar para estas parcelas da população. Isto explica também a redução nas disparidades de renda entre classes, ilustradas na Tabela 14 (Percentual correspondente à renda total por classe de renda). Nos cenários MA2 e MA2+T, a parcela da renda detida pela classe de renda mais baixa é maior comparada ao MA1, MA1+T e ao CPG, enquanto o inverso ocorre para a classe de renda mais alta, evidenciando o caráter progressivo das políticas de mitigação.

**Tabela 13.** Percentual correspondente à renda total por classe de renda

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Ano-base – 2005	2,09%	28,69%	69,22%
CPG	2,89%	35,04%	62,08%
MA1	2,90%	35,08%	62,02%
MA1+T	2,90%	35,05%	62,05%
MA2	2,92%	35,22%	61,85%
MA2+T	2,92%	35,14%	61,94%

Fonte: Elaboração própria

Como diferentes níveis de renda estão relacionados a diferentes cestas de consumo, o poder de compra de cada classe de renda varia individualmente. Em outras palavras, o aumento no nível geral de preços não impacta o consumo de todas as classes de renda igualmente, uma vez que diferentes produtos têm pesos distintos no orçamento das famílias, dependendo de seu nível de renda.

Dessa forma, foi calculado um índice de preços específico para cada classe de renda, ponderando-se a variação de preços de cada setor (ver tabela 11), por cenário, com a participação na despesa total de cada classe de renda. A variação no índice de preços e no poder de compra das diferentes classes de renda, com relação ao ano-base (2005) é mostrada na tabela 15.

**Tabela 14.** Variação no índice de preços e poder de compra por classe de renda com relação ao ano-base

	CPG	MA1	MA1+T	MA2	MA2+T
<b>Índice de preço Classe 1</b>	21,5%	26,2%	24,9%	28,3%	20,0%
<b>Índice de preço Classe 2</b>	25,5%	31,2%	29,9%	35,2%	27,1%
<b>Índice de preço Classe 3</b>	26,3%	33,5%	31,9%	41,0%	32,1%
<b>Poder de compra Classe 1</b>	159,7%	168,1%	163,6%	186,7%	171,1%
<b>Poder de compra Classe 2</b>	121,8%	127,1%	123,4%	138,4%	124,5%
<b>Poder de compra Classe 3</b>	61,9%	63,6%	61,4%	66,3%	57,8%

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que, em todos os cenários prospectados, a variação no índice de preços é maior à medida que aumenta o nível de renda da classe. Consequentemente, o poder de compra real aumenta mais para a classe de renda mais baixa, e menos para a classe mais alta.

Este resultado pode ser explicado pelas diferentes cestas de consumo de cada classe de renda (ver Anexo III – Composição da despesa familiar média por classe de renda). Para classe de

renda mais baixas, a despesa com bens alimentares, por exemplo, tem um peso maior no orçamento, setor cuja variação de preços, nos diferentes cenários, não foi expressiva (no CPG o nível de preços do setor de Agropecuária inclusive sofre redução). Porém à medida que aumenta o nível de renda a despesa com combustíveis automotivos, contemplados no item “Energia – Outros”, cresce. Este setor sofre variação alta de preços, tanto no CPG quanto nos cenários de mitigação de comando e controle.

#### 4.6.3. Consumo das famílias

A seguir são apresentados os principais resultados para o consumo das famílias, divididos por classe de renda. Os dados são apresentados a preços constantes do ano-base. O consumo de eletricidade e de outros bens energéticos (biomassa, gás natural e derivados de petróleo) é mostrado também em termos físicos (Toneladas Equivalentes de Petróleo) nas figuras 16 e 18.

**Tabela 15.** Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 1 (R\$ 2005)

	Eletricidade	Energia – Outros	Serviços de Transporte	Bens alimentares	Bens industriais	Serviços	Total
Ano-base – 2005 (R\$ 2005)	48,2	20,1	114,2	649,7	425,9	749,2	1.959
CPG (R\$ 2005)	80,9	75,9	708,9	1.217,3	768,8	858,0	3.629
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,1%	5,5%	7,6%	2,5%	2,4%	0,5%	2,5%
MA1 (R\$ 2005)	84,1	79,7	682,0	1.232,5	768,4	928,4	3.691,0
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,3%	5,7%	7,4%	2,6%	2,4%	0,9%	2,6%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	4,0%	5,0%	-3,8%	1,2%	-0,1%	8,2%	1,7%
MA1+T (R\$ 2005)	86,2	80,9	685,4	1.228,0	772,8	884,5	3.651,6
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,4%	5,7%	7,4%	2,6%	2,4%	0,7%	2,5%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	6,6%	6,5%	-3,3%	0,9%	0,5%	3,1%	0,6%
MA2 (R\$ 2005)	85,2	88,4	623,9	1.273,4	780,5	1.078,0	3.844,2
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,3%	6,1%	7,0%	2,7%	2,5%	1,5%	2,7%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	5,3%	16,5%	-12,0%	4,6%	1,5%	25,6%	5,9%
MA2+T (R\$2005)	96,6	94,4	R	R444r44444	788,4	910,6	3.687,5
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,8%	6,4%	7,1%	2,7%	2,5%	0,8%	2,6%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	19,5%	24,3%	-11,1%	3,8%	2,5%	6,1%	1,6%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 16.** Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 2 (R\$ 2005)

	Eletricidade	Energia – Outros	Serviços de Transporte	Bens alimentares	Bens industriais	Serviços	Total
Ano-base – 2005(R\$ 2005)	112,4	146,2	260,6	1.132,9	1.074,3	2.233,3	4.847,3
CPG (R\$ 2005)	225,4	555,0	1.480,5	1.992,8	1.940,4	2.680,8	8.649,5
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	2,8%	5,5%	7,2%	2,3%	2,4%	0,7%	2,3%
MA1 (R\$ 2005)	235,4	578,6	1.418,4	2.012,5	1.938,4	2.824,5	8.772,4
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,0%	5,7%	7,0%	2,3%	2,4%	0,9%	2,4%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	4,5%	4,3%	-4,2%	1,0%	-0,1%	5,4%	1,4%
MA1+T (R\$2005)	240,7	585,5	1.427,6	2.007,1	1.951,0	2.708,3	8.679,6
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,1%	5,7%	7,0%	2,3%	2,4%	0,8%	2,4%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	6,8%	5,5%	-3,6%	0,7%	0,5%	1,0%	0,3%
MA2 (R\$ 2005)	240,6	630,3	1.284,1	2.065,3	1.966,4	3.130,7	9.076,8
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,1%	6,0%	6,6%	2,4%	2,4%	1,4%	2,5%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	6,8%	13,6%	-13,3%	3,6%	1,3%	16,8%	4,9%
MA2+T (R\$ 2005)	270,1	666,0	1.301,4	2.056,0	1.989,8	2.672,5	8.685,7
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,6%	6,3%	6,6%	2,4%	2,5%	0,7%	2,4%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	19,9%	20,0%	-12,1%	3,2%	2,5%	-0,3%	0,4%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 17.** Consumo médio familiar por setor da Classe de Renda 3 (R\$ 2005)

	Eletricidade	Energia – Outros	Serviços de Transporte	Bens alimentares	Bens industriais	Serviços	Total
Ano-base – 2005(R\$ 2005)	262,7	845,7	693,2	2.269,6	3.700,6	10.822,0	18.593,8
CPG (R\$ 2005)	573,5	3.821,3	3.680,6	4.073,2	7.112,9	18.339,2	37.600,6
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,2%	6,2%	6,9%	2,4%	2,6%	2,1%	2,9%
MA1 (R\$ 2005)	598,8	4.005,2	3.503,5	4.102,9	7.105,0	18.709,8	38.025,1
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,4%	6,4%	6,7%	2,4%	2,6%	2,2%	2,9%
Comparação	4,4%	4,8%	-4,8%	0,7%	-0,1%	2,0%	1,1%

	Eletricidade	Energia – Outros	Serviços de Transporte	Bens alimentares	Bens industriais	Serviços	Total
em 2030 com relação ao CPG							
MA1+T (R\$ 2005)	612,2	4.056,8	3.540,3	4.098,3	7.160,2	18.236,1	37.703,9
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,4%	6,5%	6,7%	2,4%	2,7%	2,1%	2,9%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	6,8%	6,2%	-3,8%	0,6%	0,7%	-0,6%	0,3%
MA2 ( R\$ 2005)	610,8	4.429,3	3.118,2	4.180,8	7.200,8	19.470,0	39.009,9
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,4%	6,8%	6,2%	2,5%	2,7%	2,4%	3,0%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	6,5%	15,9%	-15,3%	2,6%	1,2%	6,2%	3,7%
MA2+T (R\$ 2005)	686,1	4.692,3	3.204,8	4.184,0	7.309,3	17.512,9	37.589,5
Taxa média anual de crescimento 2005-2030	3,9%	7,1%	6,3%	2,5%	2,8%	1,9%	2,9%
Comparação em 2030 com relação ao CPG	19,6%	22,8%	-12,9%	2,7%	2,8%	-4,5%	0,0%

Fonte: Elaboração própria

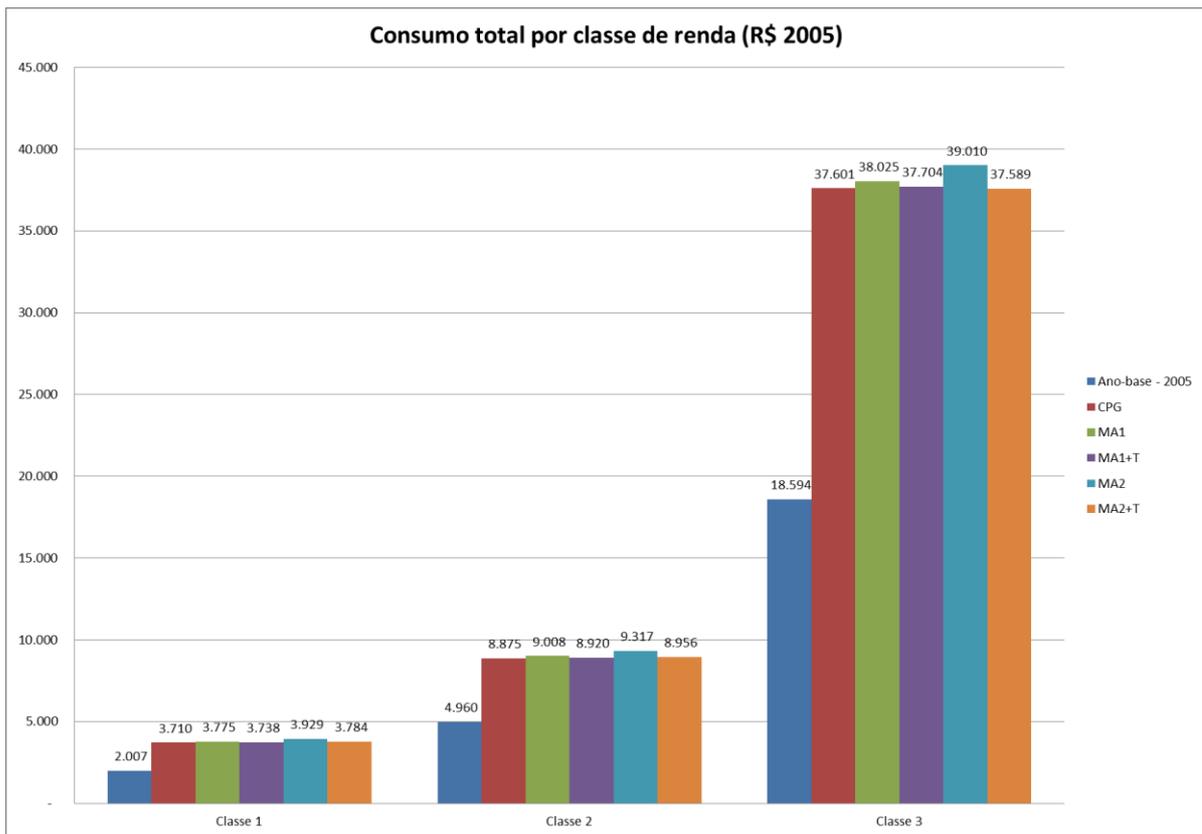
O consumo total das famílias acompanha, de forma geral, as variações na renda familiar média de cada classe. Observa-se que, nos cenários de mitigação adicional de comando e controle, nos quais o crescimento da economia é maior, assim como a renda familiar média o consumo em termos monetários é maior para todas as classes de renda, comparado aos outros cenários.

Existe uma forte correlação entre renda real e consumo de energia. No caso do setor residencial, que representa grande parte do consumo das famílias, esta ligação é válida especialmente para o consumo de eletricidade. Para a classe de renda 1, a de menor renda, verificam-se aumentos expressivos na renda familiar média, especialmente nos cenários de mitigação de comando e controle, como explorado na seção 5.6.2. Em todos os cenários de mitigação adicional, a quantidade de eletricidade consumida por esta classe em 2030 é cerca de duas vezes maior comparada ao ano-base (ver figuras 15 e 16 – Consumo de eletricidade por classe de renda, em dados monetários e físicos). Entretanto, como no cenário MA2+T o preço da eletricidade aumenta consideravelmente, o gasto médio familiar com este bem aumenta expressivamente.

Há correlação também entre o consumo dos setores Serviços de Transporte e Energia – Outros, que engloba o consumo de etanol, combustíveis líquidos de origem fóssil (gasolina e diesel, para transporte), além de gás natural. De forma geral, o consumo aumenta em termos absolutos, dadas as melhorias reais de renda. À medida que a renda aumenta, observa-se um aumento mais lento na demanda por Serviços de Transporte, (essencialmente transporte público de passageiros no caso das famílias), ao passo que a demanda pelos produtos do setor Energia – Outros cresce acentuadamente. O nível de preços dos Serviços de Transportes aumenta expressivamente em função dos altos investimentos necessários para realizar a mitigação neste setor. Isto ocorre porque todos os custos de investimento em transportes foram repassados à tarifa, o que prejudica o consumidor mais pobre e causa um efeito contrário ao desejado. Este resultado aponta para a necessidade de se desenvolver uma política alternativa de remuneração dos investimentos realizados, por exemplo, através de aportes do governo, que eventualmente poderiam vir das receitas recolhidas com a taxa de carbono.

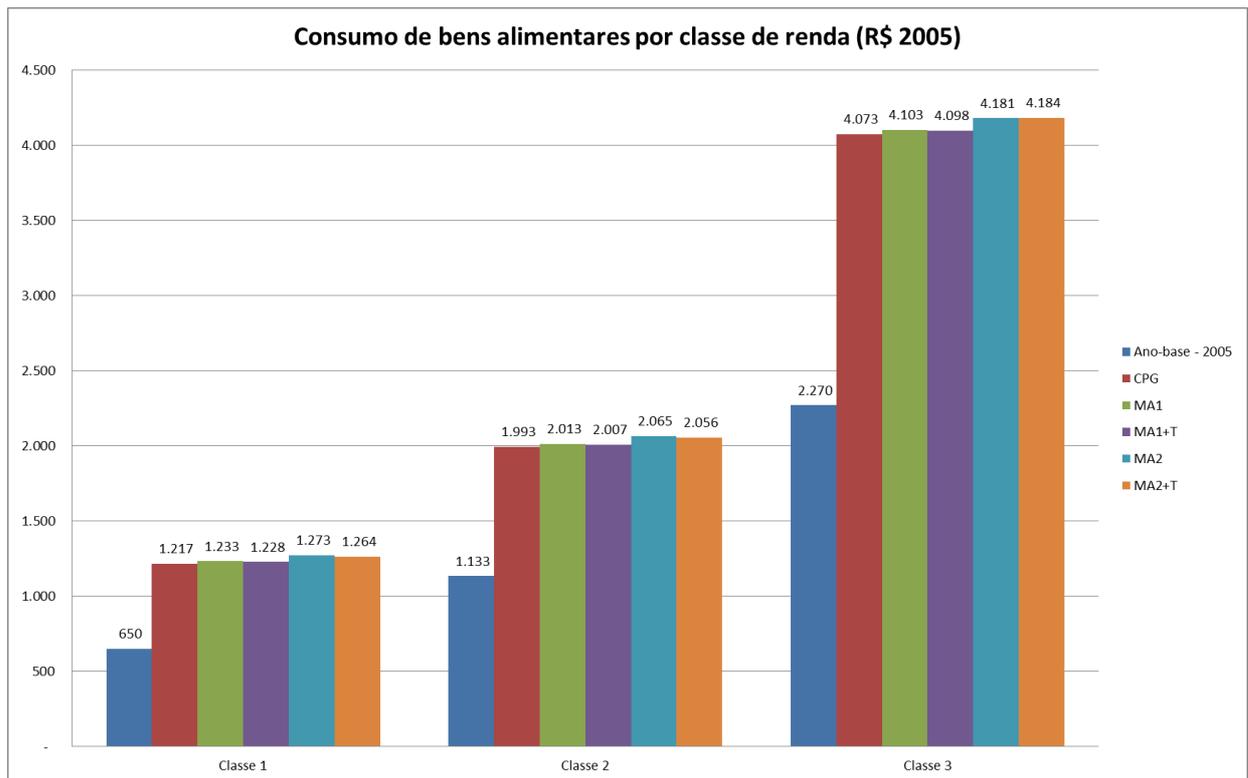
Para bens alimentares, novamente se observa uma forte correlação com a renda real, dada a alta elasticidade-renda para este bem nesta classe de renda. Como o preço dos bens alimentares teve variação muito pequena no período analisado (ver Tabela 11), o aumento no consumo se traduz efetivamente em maiores quantidades consumidas, representando um considerável aumento no bem-estar destas famílias. Destaca-se que, neste setor, o aumento do consumo foi maior para a classe de renda 1, que apresenta elasticidade-renda maior e elasticidade-preço menor para estes produtos do que as outras classes de renda (além de contar com maiores ganhos reais de renda no período).

De forma geral, o setor de Serviços também acompanha as variações de renda das classes. Os cenários de mitigação de comando e controle, nos quais a renda média das famílias cresce mais, são os que apresentam os maiores níveis de despesa com serviços. Estes níveis mais altos são parcialmente explicados também pela maior alta de preços no setor.



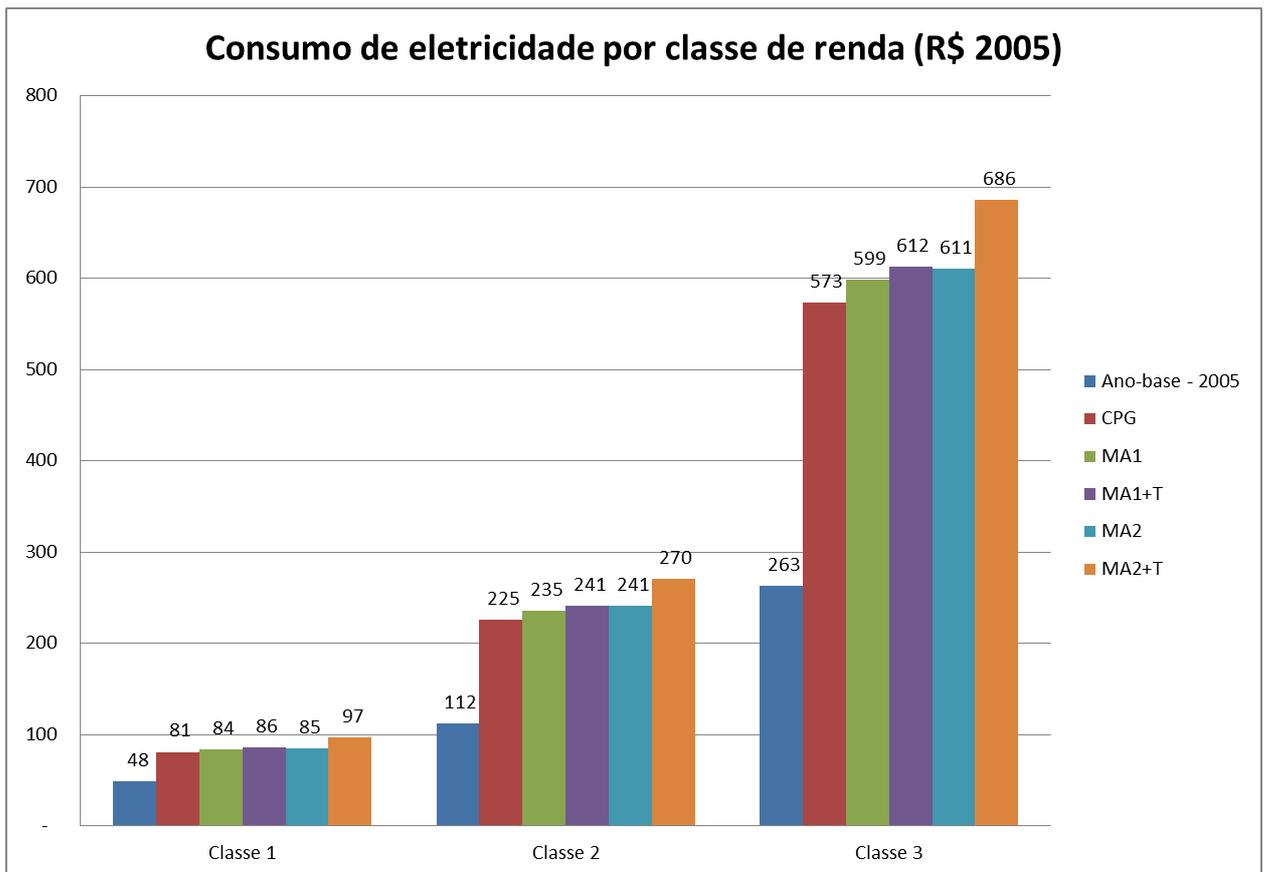
Fonte: Elaboração própria

**Figura 14.** Consumo total por classe de renda (R\$ 2005)



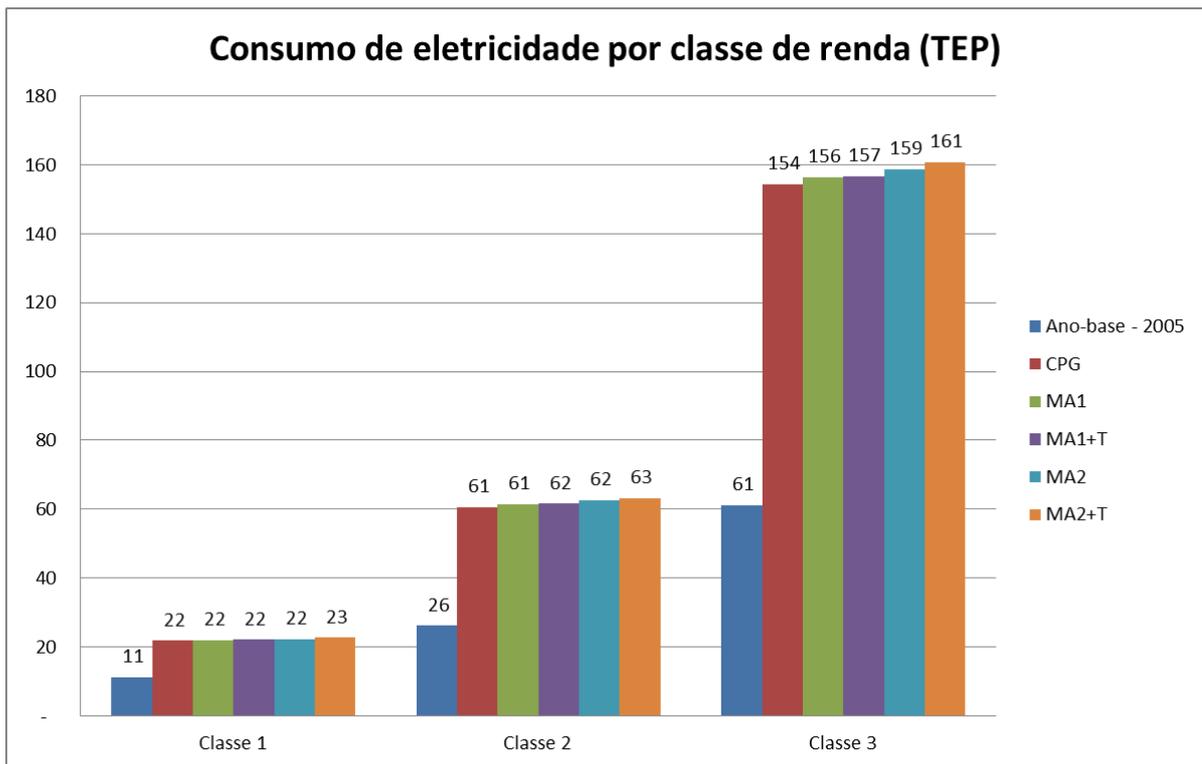
Fonte: Elaboração própria

**Figura 15.** Consumo de bens alimentares por classe de renda (R\$ 2005)



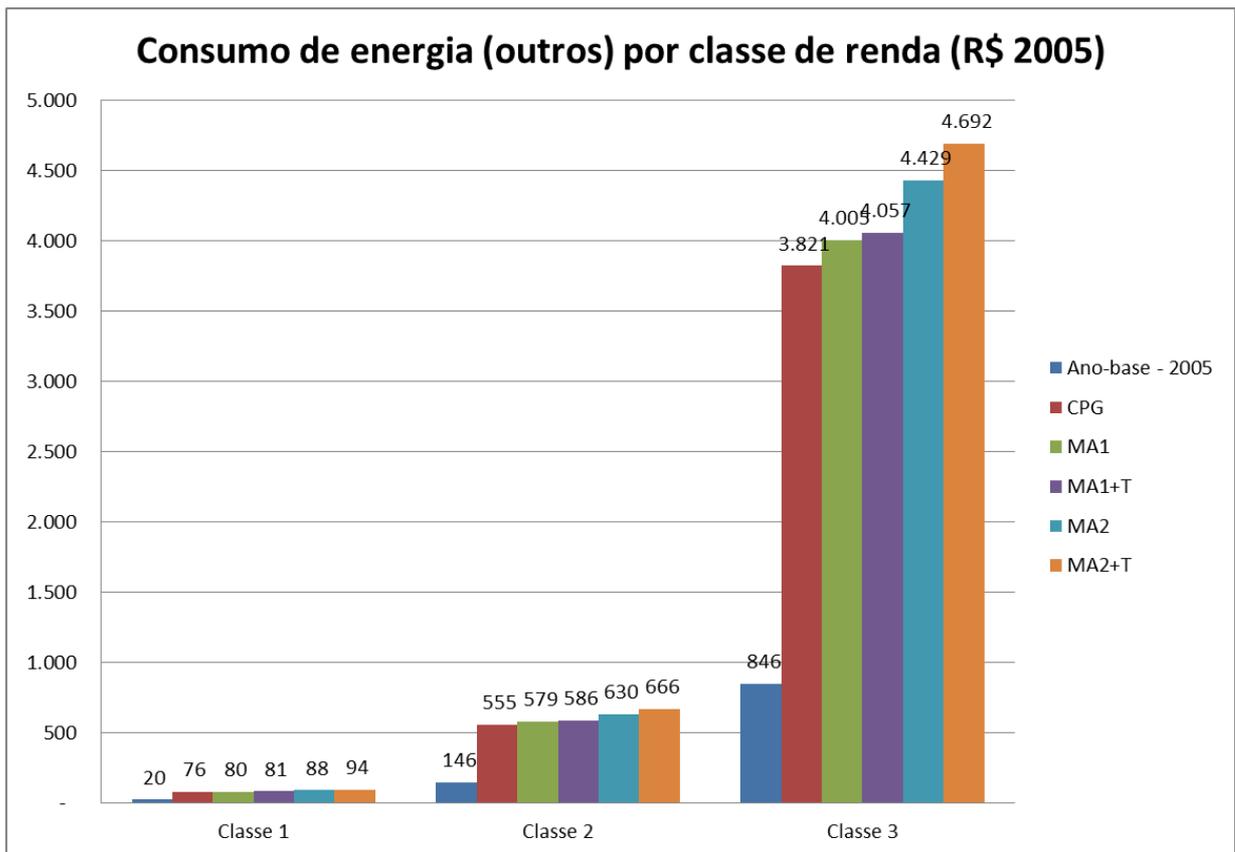
Fonte: Elaboração própria

**Figura 16.** Consumo de eletricidade por classe de renda (R\$ 2005)



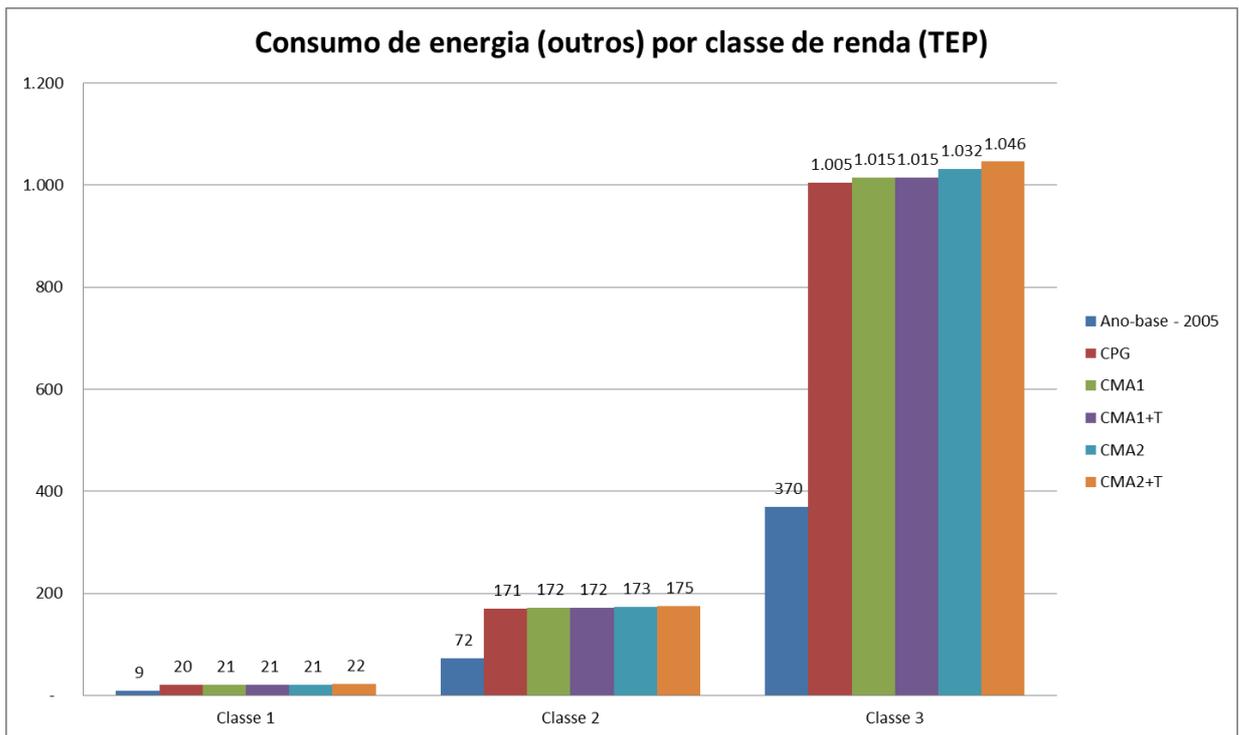
Fonte: Elaboração própria

**Figura 17.** Consumo médio de eletricidade por classe de renda (tep)



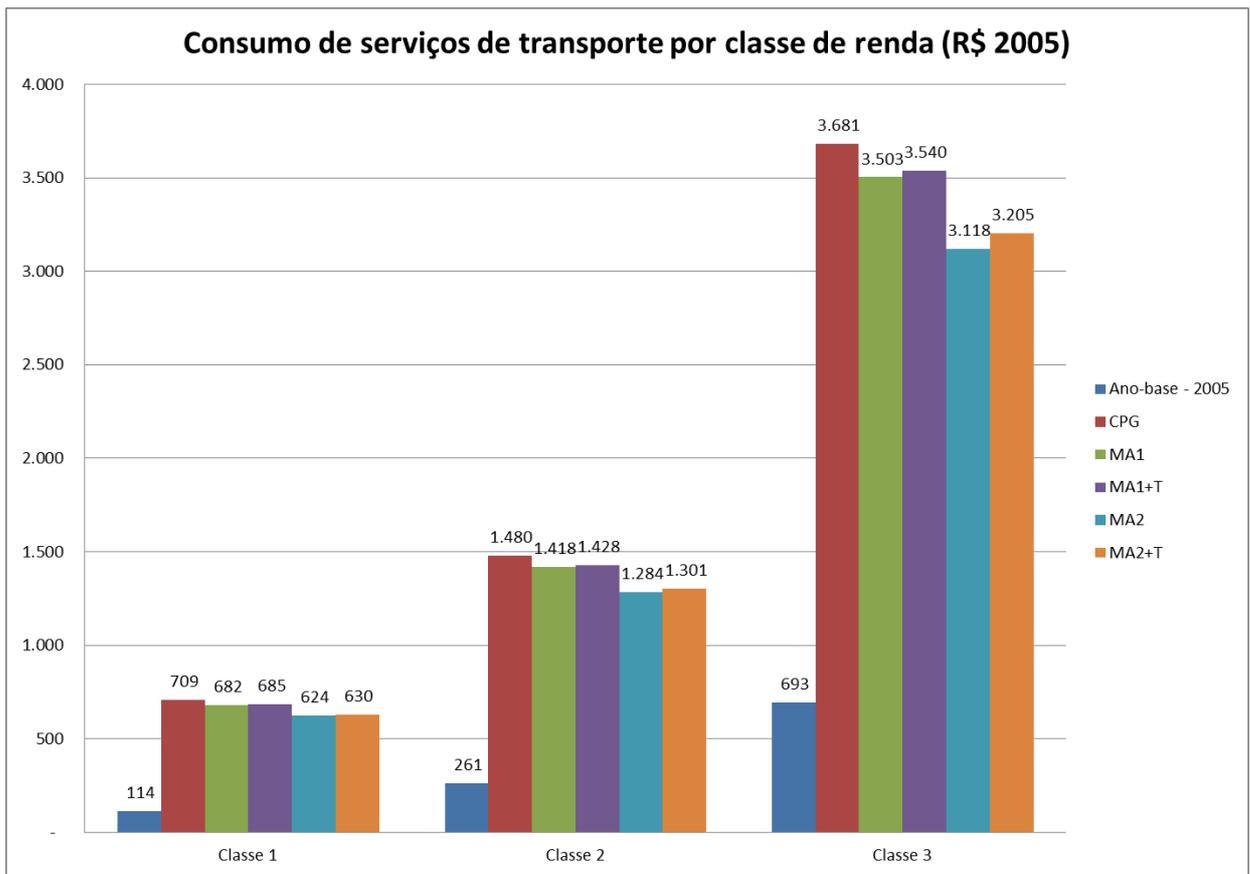
Fonte: Elaboração própria

**Figura 18.** Consumo de energia (outros) por classe de renda (R\$ 2005)



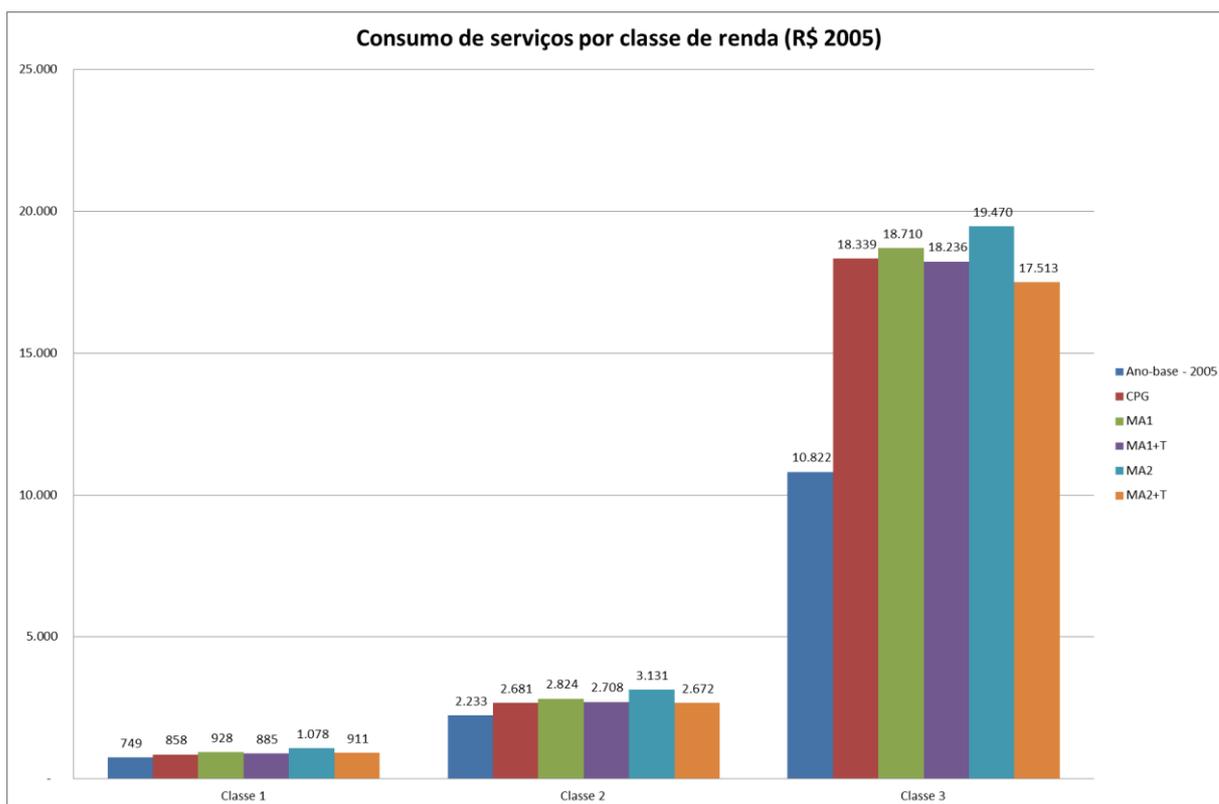
Fonte: Elaboração própria

**Figura 19.** Consumo de energia (outros) por classe de renda (tep)



Fonte: Elaboração própria

**Figura 20.** Consumo de serviços de transporte por classe de renda (R\$ 2005)



Fonte: Elaboração própria

**Figura 21.** Consumo de serviços por classe de renda (R\$ 2005)

## 4.7. Emissões de GEE e custo das medidas de mitigação

### 4.7.1. Custo unitário das medidas de mitigação, investimento associado e curvas de Custo Marginal de Abatimento

Os dados de investimento associado às medidas de mitigação foram obtidos individualmente dos modelos setoriais e posteriormente consolidados. Observa-se que o nível de investimento total em mitigação necessário nos cenários de mitigação adicional 2 é aproximadamente quatro vezes mais alto do que nos cenários de mitigação adicional 1. De fato, os cenários de mitigação adicional 2 contam com uma série de medidas de mitigação que requerem altos investimentos, como a incorporação do carvão vegetal na indústria siderúrgica, o restauro da Mata Atlântica, a modernização de refinarias, a construção de usinas hidrelétricas e de linhas de metrô.

Em termos relativos ao PIB, o investimento necessário total no período varia entre 0,14% e 0,53% para os diferentes cenários, indicando que a mitigação de emissões não requer esforços desmedidos de investimento e, conseqüentemente, de poupança. Para consultar os

investimentos associados às medidas de mitigação individuais, ver as tabelas 19 (Cenário de Mitigação Adicional 1) e 20 (Cenário de Mitigação Adicional 2).

**Tabela 18.** Custo unitário de abatimento, custo de investimento associado e potencial de abatimento de emissões por medida para o Cenário de Mitigação Adicional 1 (valores monetários e percentual com relação ao total)

Setor	Nome da medida de mitigação de emissões de GEE	Potencial de redução de emissões no período 2010-2030 (Mt CO <sub>2</sub> e)	Participação potencial no abatimento total das emissões (%)	Custo unitário de abatimento (US\$/tCO <sub>2</sub> e)	Total de custo de Investimento associado (10 <sup>6</sup> R\$)	Participação do investimento total em mitigação no período 2010-2030 (%)
Serviços	Eficiência em lâmpadas (Serviços)	3,2	0,1%	(676,2)	2.549,4	2,6%
Residencial	Eficiência em fogões a GLP	13,7	0,6%	(72,8)	-	0,0%
AFOLU	Florestas Plantadas	29,6	1,3%	(23,3)	91,5	0,1%
AFOLU	Fixação Biológica de Nitrogênio (Milho)	4,5	0,2%	(23,1)	216,1	0,2%
AFOLU	Sistemas agroflorestais	367,5	16,0%	(11,0)	866,6	0,9%
Transportes	Ciclovias	41,5	1,8%	0,2	5,8	0,0%
Transportes	Aumento do consumo de etanol (de 54 para 68 bilhões de litros)	301,3	13,2%	0,5	350,4	0,4%
Transportes	Otimização de tráfego	42,2	1,8%	1,0	90,2	0,1%
AFOLU	Manejo de Dejetos Suínos	38,5	1,7%	1,1	51,0	0,1%
AFOLU	Recuperação de Pastagens	217,3	9,5%	2,1	970,9	1,0%
Transportes	Efic. energ. – veículos Leves	115,1	5,0%	2,2	563,8	0,6%
Energia	Expansão adicional da geração eólica	84,4	3,7%	4,4	10.113,8	10,3%
Resíduos	Destruição de metano em aterros sanitários	514,1	22,5%	9,3	20.397,2	20,7%
Resíduos	Destruição de metano em lixões e aterros contr. / remediados	82,8	3,6%	13,0	4.511,1	4,6%
Indústria	Redução da int. energ. para 3,56 GJ/t clínquer e aumento de 50% no coprocessamento no setor de cimento	31,2	1,4%	15,6	574,6	0,6%
Transportes	Efic. energ. – Veículos pesados	233,2	10,2%	21,5	11.023,5	11,2%
Indústria	Aumento de 2% na eficiência energética na siderurgia	7,4	0,3%	28,7	246,9	0,3%
Transportes	BRT	43,0	1,9%	37,8	3.750,4	3,8%
Energia	Expansão da geração a bagaço de cana	16,0	0,7%	45,6	12.872,1	13,1%
Transportes	Biodiesel 10% (De 6,5 para 8,3 bilhões de litros em 2030)	103,3	4,5%	129,2	29.368,9	29,8%
	Total	2.289,9	100,0%		98.614,1	100,0%
	Custo de abatimento médio ponderado (US\$/tCO <sub>2</sub> e)			9,01		

Fonte: Elaboração própria

O Cenário de Mitigação Adicional 1 conta com uma série de medidas de custo marginal de abatimento negativo e outras de custo levemente positivo, resultando em um custo de abatimento médio ponderado é de 9,01 US\$/t CO<sub>2</sub>e. Contribuem fortemente para este valor as medidas de mitigação no setor de AFOLU “Sistemas Agroflorestais” e “Recuperação de Pastagens”, que contam com custos negativos ou baixos e investimento baixo e têm participação no total de abatimento potencial de 16% e 9,5%, respectivamente. A destruição de metano em aterros sanitários representa 22% do potencial de abatimento total e apresenta um custo relativamente baixo, de 9,3 US\$/t CO<sub>2</sub>e, além de representar 20,7% do investimento total necessário.

O aumento de biodiesel na mistura do diesel automotivo apresenta custo marginal de abatimento bastante alto, 129,2 US\$/t CO<sub>2</sub>e, mas representa apenas 4,5% do potencial de abatimento total. Esta relação entre alto custo de investimento e baixo potencial de emissões é verificada para outras medidas do setor de geração elétrica: a geração a bagaço representa 0,7% do potencial de abatimento e apresenta investimento que corresponde a 13,1% do total.



**Tabela 19.** Custo unitário de abatimento, custo de investimento associado e potencial de abatimento de emissões por medida para o Cenário de Mitigação Adicional 2 (valores monetários e percentual com relação ao total)

Setor	Nome da medida de mitigação de emissões de GEE	Potencial de redução de emissões no período 2010-2030 (Mt CO <sub>2</sub> e)	Participação potencial no abatimento total das emissões (%)	Custo unitário de abatimento (US\$/tCO <sub>2</sub> e)	Total de custo de Investimento associado (10 <sup>6</sup> R\$)	Participação do investimento total em mitigação no período 2010-2030 (%)
Serviços	Eficiência em lâmpadas (Serviços)	3,8	0,1%	(676,8)	2.605,2	0,7%
Residencial	Eficiência em fogões a GLP	13,7	0,3%	(72,8)	-	0,0%
AFOLU	Florestas Plantadas	427,3	9,2%	(23,3)	1.319,0	0,4%
AFOLU	Fixação Biológica de Nitrogênio (Milho)	3,3	0,1%	(23,1)	216,1	0,1%
AFOLU	Sistemas agroflorestais	367,5	7,9%	(11,0)	866,6	0,2%
Transportes	Ciclovias	41,5	0,9%	0,2	5,8	0,0%
Transportes	Aumento do consumo de etanol (de 54 para 76 bilhões de litros)	278,7	6,0%	0,6	177,1	0,0%
Transportes	Otimização de tráfego	42,2	0,9%	1,0	90,2	0,0%
AFOLU	Manejo de Dejetos Suínos	38,5	0,8%	1,1	51,0	0,0%
AFOLU	Recuperação de Pastagens	217,3	4,7%	2,1	970,9	0,3%
Transportes	Efic. energ. – veículos Leves	134,2	2,9%	3,0	409,3	0,1%
Energia	Expansão adicional da geração hidrelétrica	142,9	3,1%	5,8	46.171,5	12,4%
Energia	Expansão adicional da geração eólica	66,2	1,4%	5,9	18.138,8	4,9%
Resíduos	Destruição de metano em aterros sanitários	517,5	11,1%	9,8	21.247,1	5,7%
Resíduos	Destruição de metano em lixões e aterros controlados/remediados	90,9	2,0%	11,9	4.511,1	1,2%
Residencial	Aquecimento de água – Termosolar	1,9	0,0%	15,2	3.865,0	1,0%

Setor	Nome da medida de mitigação de emissões de GEE	Potencial de redução de emissões no período 2010-2030 (Mt CO <sub>2</sub> e)	Participação potencial no abatimento total das emissões (%)	Custo unitário de abatimento (US\$/tCO <sub>2</sub> e)	Total de custo de Investimento associado (10 <sup>6</sup> R\$)	Participação do investimento total em mitigação no período 2010-2030 (%)
AFOLU	Restauração – Mata Atlântica	941,6	20,2%	16,0	39.618,3	10,6%
Energia	Expansão da geração solar fotovoltaica	10,3	0,2%	18,6	8.409,8	2,3%
Transportes	Efic. energ. – Veículos pesados	233,2	5,0%	21,5	11.023,5	3,0%
Transportes	Veículos Elétricos	40,8	0,9%	27,8	6.091,8	1,6%
Indústria	Aumento de 2% na eficiência energética na siderurgia	7,4	0,2%	28,7	246,9	0,1%
Energia	Expansão da geração a bagaço de cana	22,8	0,5%	33,8	23.085,8	6,2%
Transportes	BRT	43,0	0,9%	37,8	3.750,4	1,0%
Transportes	VLT	78,5	1,7%	38,8	4.139,1	1,1%
Indústria	Redução da int. energ. para 3,35 GJ/t clínquer e aumento de 100% no coprocessamento no setor de cimento	56,3	1,2%	46,9	3.106,7	0,8%
Indústria	Incorporação carvão vegetal de eucalipto na siderurgia	275,7	5,9%	47,7	13.087,5	3,5%
Transportes	Investimento em ferrovias e hidrovias	147,2	3,2%	62,4	8.423,1	2,3%
Energia	Melhorias em refinarias – Integração Energética e Redução de Calor	43,3	0,9%	84,8	69.694,1	18,7%
Residencial	Troca de lâmpadas fluorescentes por LED	0,5	0,0%	89,0	1.051,6	0,3%
Transportes	Biodiesel 15%	206,5	4,4%	132,7	27.403,7	7,4%
Transportes	Metrô	155,9	3,4%	336,5	52.452,6	14,1%
	Total	4.650,5	100,0%		372.229,5	100,0%
	Custo de abatimento médio ponderado (US\$/tCO <sub>2</sub> e)			27,2		

Fonte: Elaboração própria

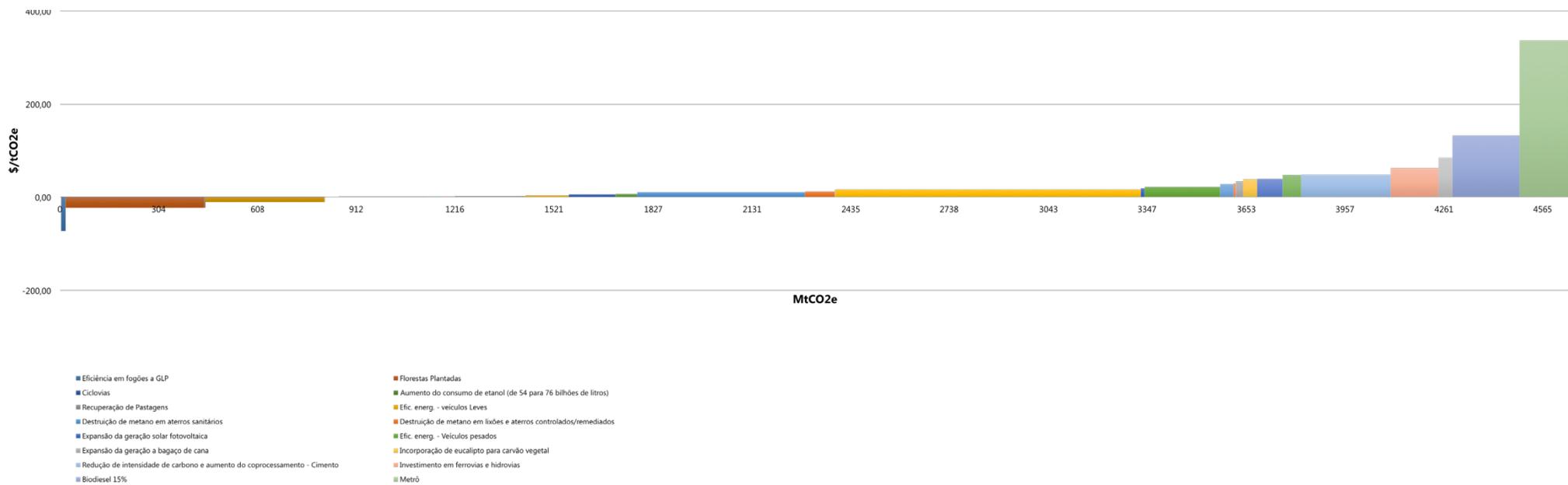
O Cenário de Mitigação Adicional 2 conta com medidas adicionais que, além de apresentarem custos marginais de abatimento mais altos, em geral também requerem investimentos expressivos. Novamente, o baixo custo unitário associado ao grande potencial de abatimento das novas medidas relacionadas ao setor de AFOLU, em especial a florestas, puxam o custo de abatimento médio para baixo. É relevante notar que a maior barreira para a implementação destas medidas no setor AFOLU não é seu custo, que é baixo, mas sim as dificuldades de implementação das medidas propostas em toda a sua extensão. O nível de investimento em mitigação no período 2015-2030 é de 372,2 bilhões de R\$ (preços de 2005).

Nestes cenários, as medidas com custos negativos naturalmente continuam sendo bastante interessantes, porém sua participação percentual no abatimento potencial total se reduz devido à entrada de novas medidas.

A destruição de metano em aterros sanitários continua apresentando uma boa relação custo-benefício, pois representa 11,1% do abatimento de emissões, requerendo apenas 5,7% do investimento total. Esta relação é igualmente interessante para o restauro da Mata Atlântica, pois esta medida abate 20,2% das emissões evitadas e o investimento representa 10,6% do total requerido.

Medidas como melhorias em refinarias e expansão da geração hidrelétrica apresentam custos de investimento associados altos, porém representam apenas 0,9% e 3,1% do potencial de abatimento total, respectivamente. No caso da expansão das linhas de metrô, o investimento requerido é de 14,1% do total e o abatimento potencial é de 3,4% das emissões. É importante ressaltar que algumas medidas de mitigação, como o de expansão das linhas de metrô, possuem diversos cobenefícios que justificam a sua implementação mesmo que com um custo por tonelada de CO<sub>2</sub>e mais elevado.

Figura 23. Curva de custo marginal de abatimento para medidas de mitigação do Cenário de Mitigação Adicional 2 (US\$/tCO<sub>2</sub>e)



Fonte: Elaboração própria

#### 4.7.2. Investimento total em mitigação de emissões

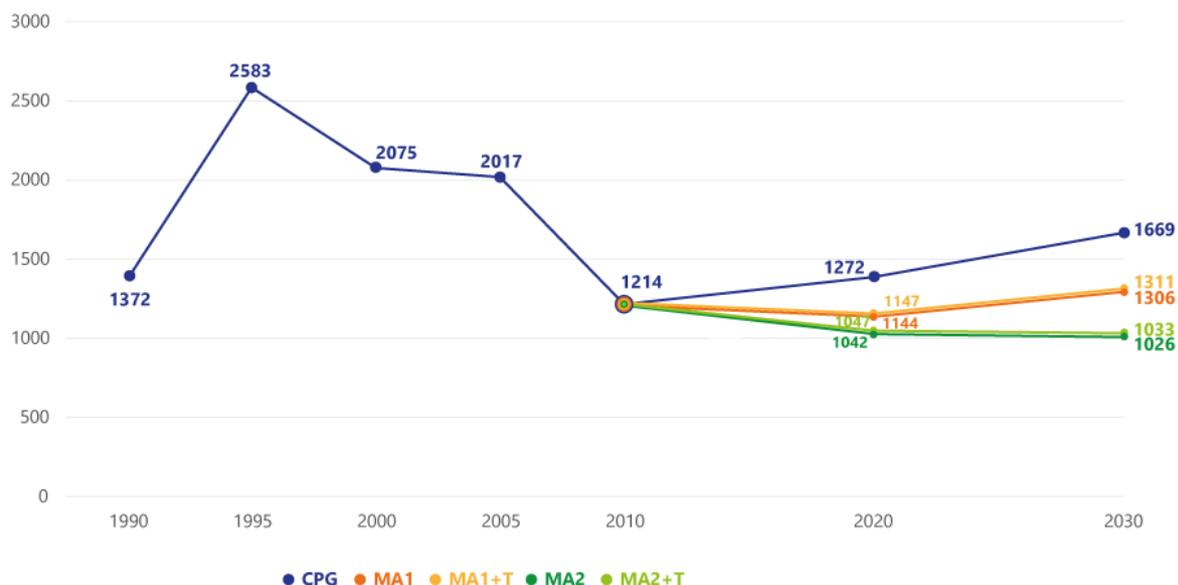
**Tabela 20.** Investimento total em mitigação no período (bilhões R\$ 2005 e percentual com relação ao PIB)

	Total Invest. em Mit. no período (Bilhões R\$ 2005)	Invest. Mitigação total/PIB total no período 2005-2030
MA1	98,6	0,11%
MA1+T	98,6	0,11%
MA2	372,2,6	0,39%
MA2+T	372,2,6	0,40%

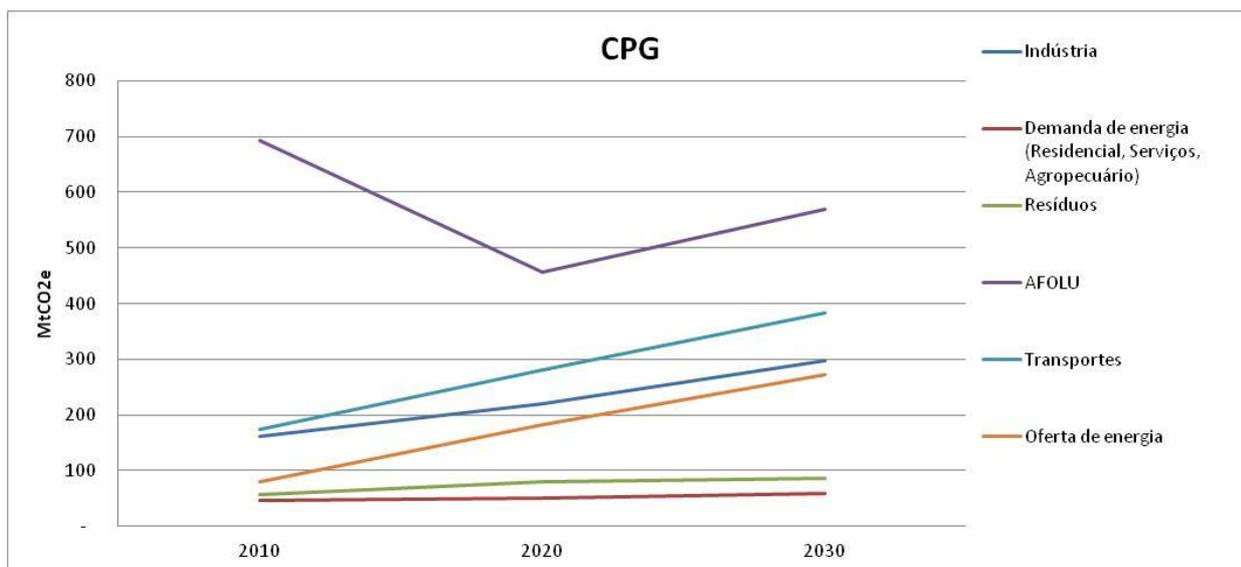
Fonte: Elaboração própria

#### 4.7.3. Emissões e intensidade de carbono por habitante e por unidade monetária

A trajetória de emissões de GEE totais de cada cenário é apresentada na figura 23 e a composição das fontes por cenário encontra-se nas figuras 24 a 28. Os valores apresentados para 1990, 2000 e 2010 são consistentes com os dados oficiais da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que se encontra em fase de consulta pública (abril de 2015).

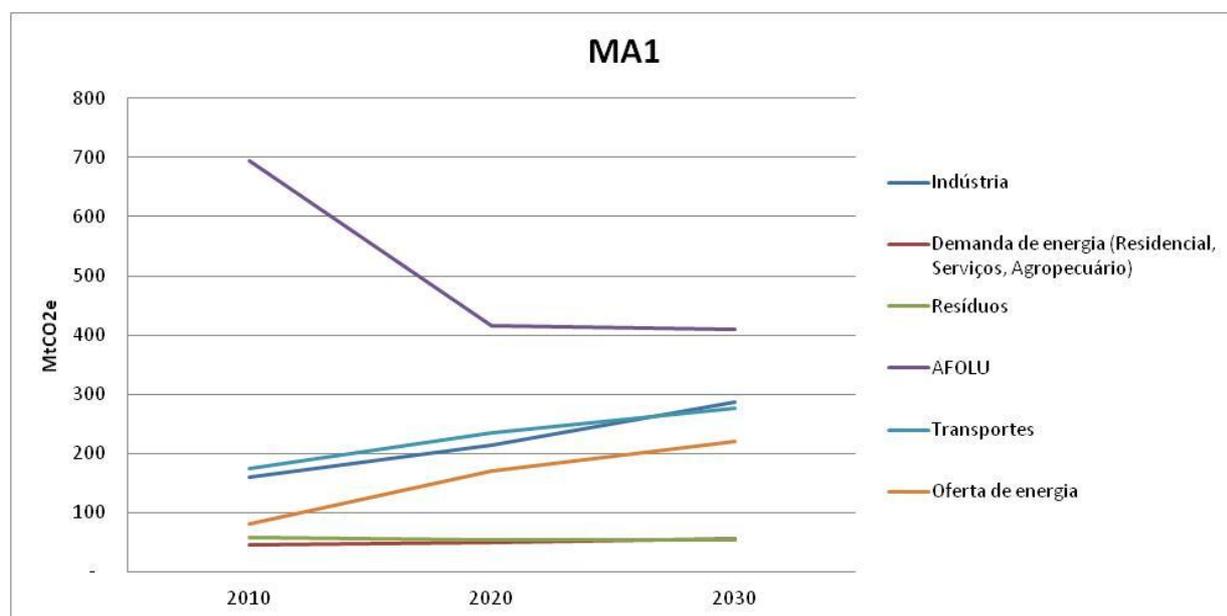


**Figura 24.** Emissões de GEE totais no período 1990-2030, por cenário



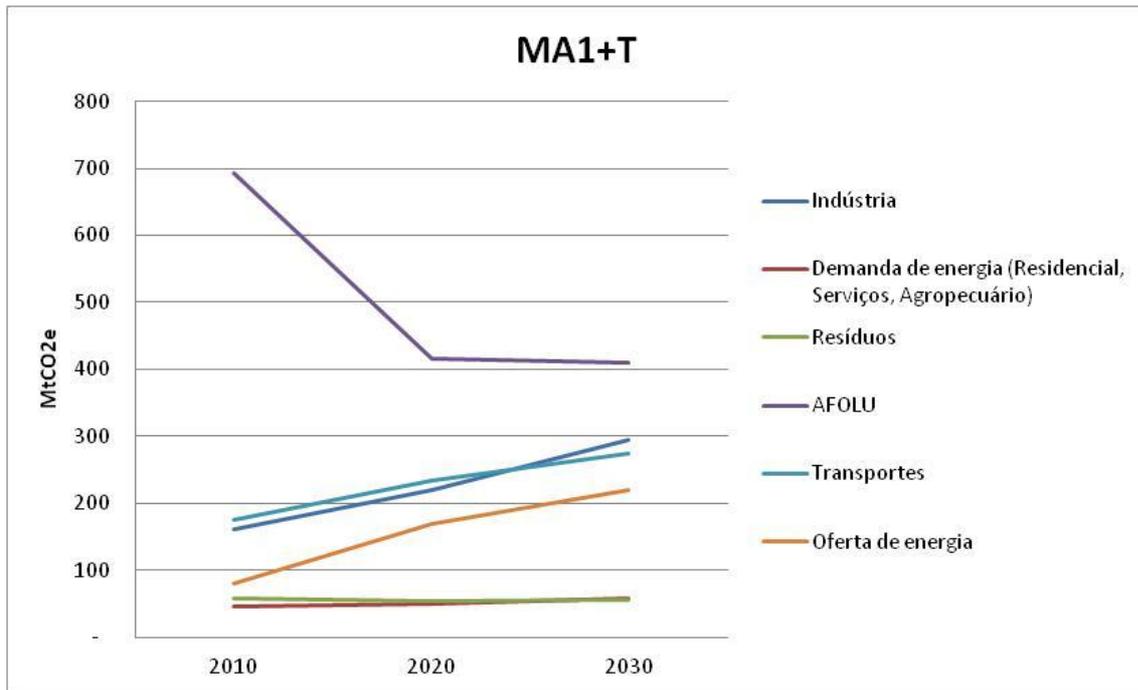
Fonte: Elaboração própria

**Figura 25.** Emissões por setor no cenário CPG



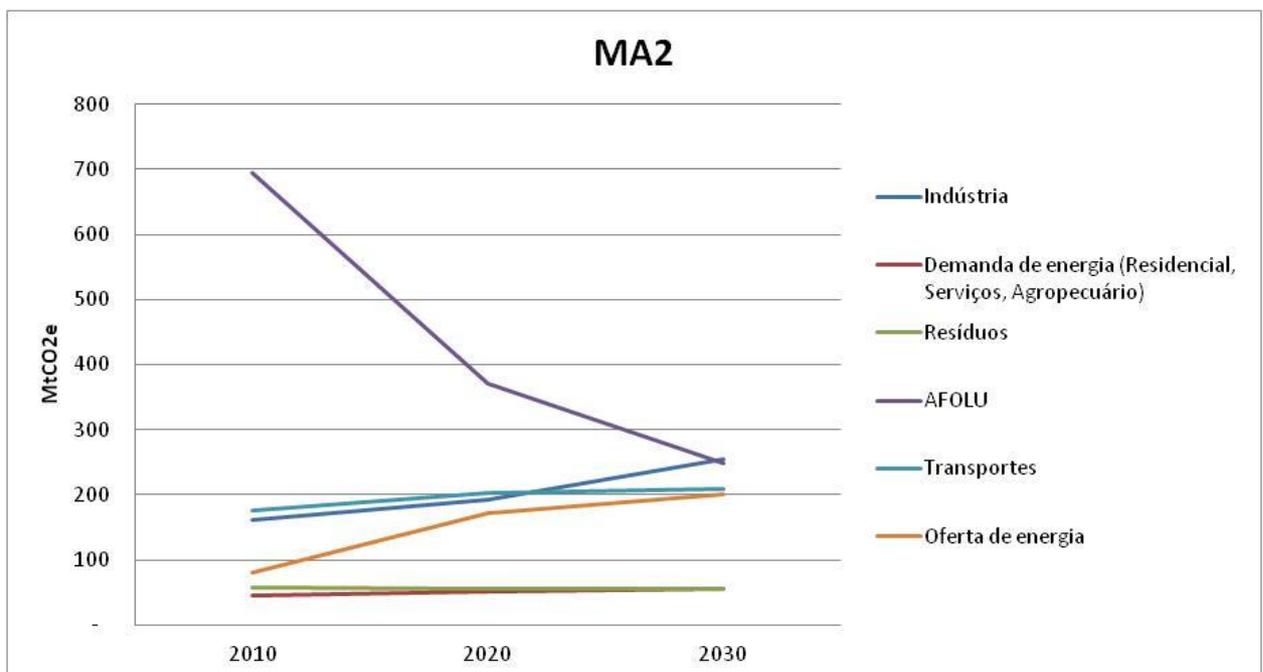
Fonte: Elaboração própria

**Figura 26.** Emissões por setor no cenário MA1



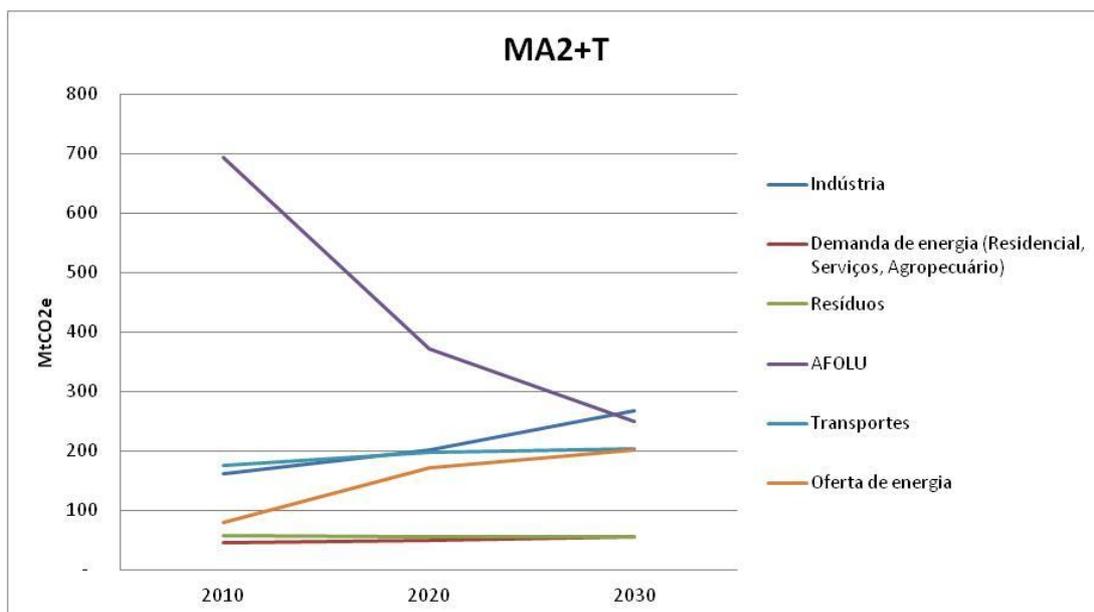
Fonte: Elaboração própria

**Figura 27.** Emissões por setor no cenário MA1+T



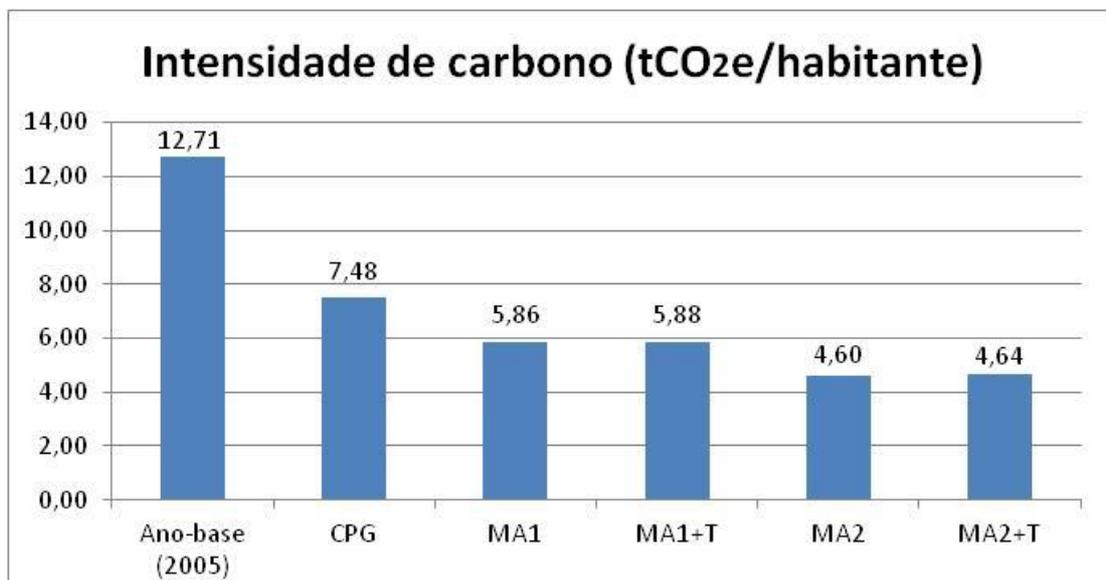
Fonte: Elaboração própria

**Figura 28.** Emissões por setor no cenário MA2



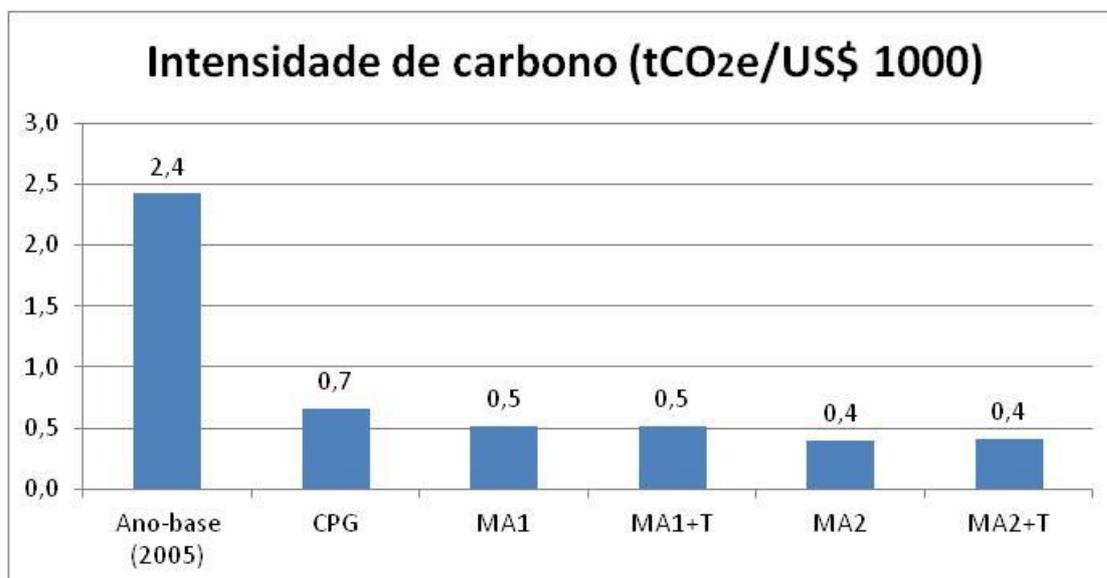
Fonte: Elaboração própria

**Figura 29.** Emissões por setor no cenário MA2+T



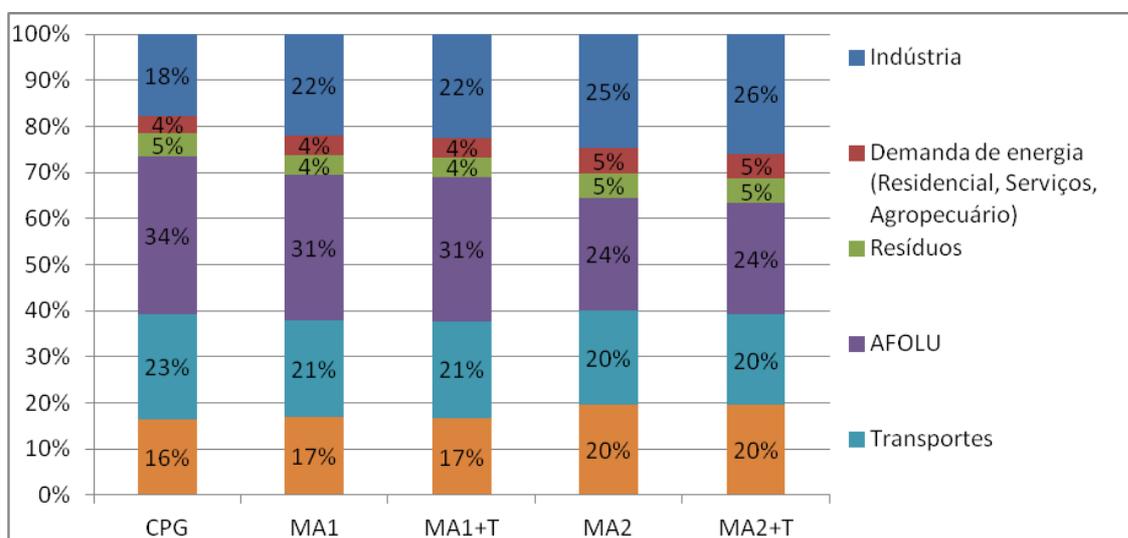
Fonte: Elaboração própria

**Figura 30.** Intensidade de carbono per capita



Fonte: Elaboração própria

**Figura 31.** Intensidade de carbono (tCO<sub>2</sub>e/US\$1000)



**Figura 32.** Composição das emissões totais por setor, por cenário

#### 4.8. **Desafios e requisitos para implantação**

Muitas das estratégias apresentadas neste estudo implicam em mudanças estruturais e custos iniciais elevados. Os grandes custos iniciais e longos tempos de construção envolvidos no aproveitamento do potencial hidrelétrico e construção de infraestruturas de transporte de baixo carbono exigirão fluxos financeiros substanciais e arranjos institucionais eficientes para fornecer financiamento em condições adequadas. Um fluxo financeiro proveniente do exterior com o objetivo de financiar tais iniciativas contribuiriam enormemente para o sucesso de implementação das medidas aqui apresentadas, dada a baixa capacidade de poupança da economia brasileira.

Para o Brasil se engajar em um processo de mitigação mais ambiciosa, diversas medidas políticas e de planejamento podem ser imediatamente recomendadas. Reforçar as iniciativas que visem a contenção do desmatamento é uma dessas medidas, de modo a garantir que não haveria grandes desvios da atual trajetória que leva a um desmatamento ilegal próximo de zero dentro de uma década. Uma prioridade semelhante deve ser concedida para expandir substancialmente as áreas de florestas plantadas em terras degradadas e incentivar o reflorestamento, desde que assegurados os esquemas financeiros adequados para atender os elevados custos iniciais. Outro esforço importante seria garantir que o efeito líquido do sistema de impostos e subsídios sobre os mercados de energia favoreçam a adoção generalizada de medidas de eficiência energética e maior penetração de energias renováveis. Para assegurar esse efeito, no curto prazo, é essencial que não haja subsídios à gasolina, ao diesel e a outros combustíveis fósseis, e restabelecer a saúde financeira do setor elétrico.

Estender os incentivos já existentes para investimentos em energias renováveis para outros tipos de equipamentos, tais como geração solar fotovoltaica e aquecedores solares, e levar os fornecedores de eletricidade a adotar tecnologias de redes inteligentes também podem produzir retornos interessantes no curto prazo. A elaboração de um plano detalhado e viável para reestruturação do transporte de longa distância no Brasil, priorizando os modais ferroviário e hidroviário, sensivelmente mais eficientes, é outra iniciativa não só reduziria as emissões de forma significativa, mas também responderia à preocupações da comunidade empresarial. Uma iniciativa semelhante também deve ser realizada em colaboração com as autoridades locais no tema mobilidade urbana, um aspecto da infraestrutura brasileira que precisa de melhorias importantes e cuja prioridade é alta na agenda política neste momento.

Dentre os principais desafios tecnológicos aqui identificados estão a concepção e construção de uma nova geração de usinas hidrelétricas na Amazônia que evitem a perturbação dos ecossistemas. Outro ponto importante é a necessidade do desenvolvimento de soluções que possibilitem uma geração

elétrica facilmente despachável a partir de diferentes fontes de biomassa, a fim de substituir parte da geração elétrica a partir de combustíveis fósseis em períodos secos e na ponta.

No âmbito internacional, um conjunto de ações técnicas e políticas, juntamente com um caso convincente para os perigos da inação, podem criar uma chance real de manter o aumento de temperatura no planeta abaixo de 2°C. Para que seja alcançada tal descarbonização da economia global é preciso uma importante transformação na sociedade, da qual certamente emergirão novos vencedores e perdedores. A fim de somar forças com este objetivo, são necessários alguns pré-requisitos. Um dos mais importantes passa por uma forte sensibilização do público para os potenciais perigos das alterações climáticas e das armadilhas da inação. Os resultados aqui apresentados apontam que o Brasil se beneficiaria em um cenário mundial em que o esforço de descarbonização fosse aumentado, dada a abundância de recursos naturais renováveis no país.

Dentre os riscos identificados no estudo, pode-se destacar barreiras para implementação das medidas de mitigação escolhidas assim como custos ocultos. Dentre estas barreiras podem-se destacar barreiras técnicas, uma possível heterogeneidade das empresas dentro de um mesmo setor, efeito rebote (*rebound effect*), barreiras de mercado, incertezas, inércia de setores mais conservadores, falhas de mercado, informações incompletas de alguns agentes, e barreiras de financiamento. É importante ressaltar que ignorar tais barreiras pode levar a uma subestimação dos custos de abatimento e eu uma superestimação dos potenciais de abatimento.

## 5. 6. Limitações e Recomendações para Estudos Futuros

A versão do IMACLIM-BR apresentada no decorrer desta tese tem algumas restrições e limitações, que serão descritas a seguir. Recomendações para estudos futuros também serão apresentadas nessa seção.

Uma das mais importantes limitações desta versão do IMACLIM-BR é o fato dele não descrever a trajetória da economia nos anos intermediários entre o ano base (2005) e o ano final estudado (2030). Este problema foi em parte remediado pelo acoplamento do modelo com o MESSAGE e os demais modelos setoriais, que passaram a fornecer, a cada 5 anos, resultados detalhados de seus respectivos setores: níveis de produção, capacidades instaladas, investimentos totais, etc. Entretanto, para se ter realmente uma descrição da economia nos anos intermediários é necessário o desenvolvimento de uma versão dinâmica do modelo. Este será um dos principais desenvolvimentos visando a realização da segunda fase do projeto IES-Brasil, com horizonte de estudo 2050.

Para inferir o impacto social das políticas climáticas no Brasil, é necessário desagregar as famílias em classes de renda, e assim poder analisar as consequências da política em questão sobre a desigualdade social, ponto extremamente importante no caso do Brasil, um dos países mais desiguais do mundo (Neri, 2011). Na versão utilizada neste estudo, as famílias foram desagregadas em 3 faixas de renda, o que é um bom começo, mas não é suficiente para calcular o índice de GINI e desenhar curvas de Lorenz para cada um dos cenários simulados. A futura extração dos microdados da POF e PNAD possibilitará desagregar as famílias em decis, além de permitir o mapeamento das qualificações da mão de obra, e a modelagem de um mercado de trabalho para cada tipo de qualificação (baixa, média, alta). O desenvolvimento deste novo módulo de distribuição de renda encontra-se em andamento, e a ideia é que ele esteja pronto para utilização na segunda fase do projeto IES-Brasil.

Outra limitação importante decorrente da natureza estática do modelo envolve a representação dos investimentos em mitigação identificados pelos modelos setoriais. Simplificações do fluxo de investimentos e dos fluxos de caixa foram feitas de modo a representar da melhor forma possível o conjunto de medidas de mitigação selecionado para cada cenário. A elaboração da versão dinâmica do modelo IMACLIM-BR ajudará a superar esta limitação.

É extremamente importante é o desenvolvimento de uma ligação forte (hard-link) totalmente automatizada entre o IMACLIM-BR e o modelo de oferta de energia (MESSAGE), de forma a facilitar e possibilitar um número maior de simulações e cenários, que também deve ser desenvolvido no futuro. Desse modo, espera-se que seja possível a realização de simulações robustas até 2050.

Também é necessário o desenvolvimento de uma ligação forte (hard-link) entre o IMACLIM-BR e um modelo de uso do solo. O motivo é bem conhecido: o Brasil é um país continental, com a maior floresta tropical do mundo, com um setor agropecuário importante, sem citar a grande importância das emissões do setor AFOLU nas suas emissões totais. Portanto, além da importância de se considerar o setor na contabilização das emissões totais do país, uma dúvida surge ao se analisar o efeito das recentes e importantes políticas de combate ao desmatamento da Amazônia, aliadas aos cenários econômicos de intenso crescimento projetados pelo governo, assim como os cenários agrícolas também bastante otimistas. Contudo, é importante verificar em quais casos a limitação da oferta de novas terras vai provocar uma pressão sobre o preço das mesmas, que se refletirá no preço dos alimentos. O estudo desses feedbacks macroeconômicos é de grande interesse, e seus efeitos sobre a distribuição de renda e segurança alimentar das classes mais pobres são de extrema importância. Uma ligação forte entre os modelos permitirá a simulação de um número maior de cenários, onde diversas hipóteses poderão ser testadas, ajudando a responder a este importante questionamento.

Outro ponto interessante que deve ser estudado mais a fundo no futuro diz respeito à competitividade do Brasil frente o resto do mundo. O modelo IMACLIM-BR tem como foco o Brasil, e assim não consegue simular políticas climáticas no restante do mundo e consecutivas variações nos preços relativos. Como o Brasil é um país em desenvolvimento sem obrigação de redução de emissões, é plausível a hipótese de que o Brasil está implementando a política climática em questão devido a um acordo internacional, onde outros países estarão da mesma forma obrigados a reduzir as emissões. Dessa forma surgem duas possibilidades de tratamento desta questão (i) Verificar a relação entre o conteúdo de carbono dos principais bens exportados pelo Brasil e o conteúdo de carbono da produção dos mesmos produtos no resto do mundo: A hipótese aqui é que esta relação seria uma boa *proxy* da variação de preços destes produtos no resto do mundo em relação à variação de preços no Brasil devido à política climática; e (ii) avaliar o impacto deste acordo sobre os preços internacionais através uma simulação com o IMACLIM-R, a versão global da plataforma, e assim ter um feedback consistente da evolução dos preços do resto do mundo.

No sentido de possibilitar e complementar os aprofundamentos acima mencionados, é necessário contar com um modelo que represente de forma mais detalhada os setores produtivos da economia. Uma matriz insumo-produto mais desagregada faz-se necessária para este propósito. Com o intuito de ser utilizada em uma fase futura do projeto IES-Brasil, foi desenvolvida uma matriz que conta com uma quantidade maior de setores individualmente representados, com destaque para: (1) os produtos agrícolas que servem de matéria-prima para biocombustíveis, cana-de-açúcar e soja; (2) novos setores industriais de relevância com relação a emissões, cerâmica, vidro, cal e fertilizantes agrícolas; (3) combustíveis líquidos, gasoálcool, etanol e dieselB; (4) o setor de transporte separado não apenas entre passageiros e carga, mas também por modais (rodoviário, ferroviário, hidroviário e aeroviário); (5) setores de saúde e educação, a fim de possibilitar a simulação de políticas públicas de cunho social.

## Referências bibliográficas

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014, Cenário Econômico 2050. Nota Técnica DEA 12/14. Rio de Janeiro.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014, Demanda de Energia 2050. Nota Técnica DEA 13/14. Rio de Janeiro.

IBGE, 2011, Sistema de Contas Nacionais Brasil 2005-2009, Contas Nacionais n. 34, Rio de Janeiro, Diretoria de Pesquisas – Coordenação de Contas Nacionais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE, 2014, Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em março de 2014.

IPEA, 2014, Série PIB (preços 2013) – Frequência: Anual de 1900 até 2013, R\$ de 2013 (milhões). Acesso em março de 2015.

Santolin, R., Antigo, M. F., 2009. Curvas de salários dinâmicas: Um estudo dos determinantes da histerese do desemprego no Brasil. Texto para Discussão No 368. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2009.

Wills, William., 2013. Modelagem dos Efeitos de Longo Prazo de Políticas de Mitigação de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Economia do Brasil. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, para obtenção do título de Doutor em Ciências do Planejamento Energético.

## Anexo I – O modelo IMACLIM-BR – Aspectos teóricos e calibração

O modelo IMACLIM-BR é um modelo de equilíbrio geral computável híbrido (CGE) projetado para analisar os efeitos macroeconômicos no médio e longo prazo de políticas climáticas, seja uma taxa de carbono ou um mercado de cotas de emissão de GEE, numa estrutura de contabilidade casada em que os fluxos em valores monetários e físicos (com um foco especial no Balanço Energético) estão em equilíbrio.

O modelo IMACLIM-BR utiliza informações *top-down*, como faz tradicionalmente um modelo CGE, e informações setoriais ou *bottom-up*. Esta abordagem combina dados de setores específicos da economia, como diferentes possibilidades tecnológicas para geração e uso de energia, ou processos produtivos (assim como seus custos, curvas de aprendizado, índices de penetração, etc.) com informações acerca da estrutura da economia. Com isso, contorna-se o fato de que dados *bottom-up* não têm capacidade de responder adequadamente a mudanças macroeconômicas referentes a preços de energia, à evolução da produtividade do capital e trabalho, e ao comércio exterior. Analogamente, dados puramente macroeconômicos altamente agregados, não são capazes de prever, por exemplo, a flexibilidade tecnológica que permite aos setores da economia se ajustar às políticas climáticas no médio e longo prazo (Wills, 2013; Hourcade et al., 2006)

No caso do presente estudo, são projetados cenários que abrangem o período entre os anos de 2005 e 2030. A atual versão do IMACLIM BR é similar àquela desenvolvida por Wills (2013), contando com algumas diferenças com relação à simulação das medidas de mitigação adotadas em políticas climáticas, ao detalhamento do módulo das famílias e pelo fato de levar em conta os efeitos sobre a competitividade internacional das principais indústrias da economia.

### AI.1 – Base de dados

O ponto de partida do modelo IMACLIM-BR é uma Matriz de Contabilidade Social (SAM, na sigla em inglês), cuja definição segue abaixo:

“A matriz de contabilidade social (SAM) é um registro de todas as transações de uma economia em um determinado ano sob a forma matricial. A SAM apresenta de forma completa e desagregada os fluxos de renda e de bens de uma economia, e mostra a interdependência existente entre as diversas entidades envolvidas no funcionamento do sistema econômico de forma bastante clara e consistente. A SAM descreve o fluxo circular da renda entre os setores institucionais (Famílias, Governo, Empresas e Resto do Mundo), ou seja, como os diferentes bens e fatores se transformam ao passar do setor produtivo aos mercados, às instituições e a outros agentes da economia (Tourinho et al, 2006; Miller & Blair, 2009).”

A Matriz de Contabilidade Social utilizada no modelo apresenta-se na forma híbrida, pois, como explicado na seção anterior, os setores produtivos que compõem a matriz insumo-produto contam com uma estrutura de contabilidade casada, apresentando dados monetários e físicos. Os setores energéticos são apresentados em Toneladas Equivalentes de Petróleo, os industriais em toneladas e os setores referentes a Transportes em passageiro.km e tonelada.km, para transporte de passageiros e carga, respectivamente.

O processo de hibridização consiste em ajustar as diferentes fontes de informações econômicas (Contas Nacionais, Contas Econômicas Integradas e outras publicações do IBGE) e físicas (Balanço Energético Nacional, outras publicações da EPE, e outras informações setoriais), que são elaboradas por diferentes instituições, cada uma com sua própria nomenclatura. A compatibilização permite uma melhor comunicação entre as informações de modelos BU com o modelo CGE nos diferentes cenários projetados.

A SAM utilizada no modelo IMACLIM-BR conta com as seguintes:

- 19 setores produtivos, agregados das Contas Nacionais do IBGE (ver Tabela A.1):
- 6 setores energéticos: Biomassa, Carvão, Petróleo, Gás Natural, Derivados de Petróleo e Eletricidade
- 7 setores industriais: Mineração, Cimento, Papel e Celulose, Metais Não-Ferrosos, Siderurgia, Química e Resto da Indústria
- Agropecuária
- Transporte de carga e transporte de passageiros
- Serviços (Resto da Economia)
- 3 fatores de produção:
  - Capital
  - Trabalho
  - Terra<sup>15</sup>
- 4 setores institucionais:
  - Famílias, desagregadas em 3 classes de renda, sendo
  - Classe 1 – 16% mais pobres

---

<sup>15</sup>Ver Nota Técnica III – Considerações sobre a distribuição da renda da terra entre agentes econômicos (Prof. Ângelo Gurgel – FGV/SP).

- Classe 2: 60% seguintes
- Classe 3: 24% mais ricos
- Governo
- Empresas
- Resto do Mundo

	Setores produtivos	Fatores	Famílias	Empresas	Governo	Resto do Mundo	Conta de acumulação de capital/poupança
Setores produtivos	Consumo Intermediário		Consumo das famílias	Consumo das empresas	Consumo do governo	Exportações	Formação Bruta de Capital Físico e Variação de Estoques
Fatores	Valor Adicionado			Remuneração dos fatores domésticos			
Famílias		Remuneração dos fatores às famílias	Transferências interfamiliares	Transferências das empresas às famílias	Transferências do governo às famílias		
Empresas		Remuneração dos fatores às empresas	Transferências das famílias às empresas	Transferências das empresas às empresas	Transferências do governo às empresas		
Governo	Tributos sobre faturamento, vendas, importações e valor adicionado	Tributos sobre fatores	Tributos sobre renda das famílias	Tributos sobre lucro das empresas		Transferências do RoW ao governo	
Resto do Mundo	Importações	Remuneração dos fatores ao RoW	Consumo externo das famílias	Transferências das empresas ao RoW	Transferências do governo ao RoW		Investimento do RoW
Conta de acumulação de capital/poupança			Poupança das famílias	Poupança das empresas	Poupança do governo	Poupança do RoW	

Fonte: Elaboração própria

**Figura A1.** Estrutura da Matriz de Contabilidade Social para o Brasil

**Tabela A1.** Compatibilização dos setores das Contas Nacionais do IBGE com os setores da SAM

Setor SAM	Setores Contas Nacionais
Biomassa	Cana-de-açúcar
	Álcool
	Produtos da exploração florestal e da silvicultura (parcela referente a lenha e carvão vegetal)
Carvão Mineral	Carvão mineral
Petróleo	Petróleo e gás natural (parcela referente a petróleo)
Gás Natural	Petróleo e gás natural (parcela referente a gás natural)
	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana (parcela referente a gás natural)
Derivados de Petróleo	Gás liquefeito de petróleo

Setor SAM	Setores Contas Nacionais
	Gasolina automotiva
	Gasoálcool
	Óleo combustível
	Óleo diesel
	Outros produtos do refino de petróleo e coque
Eletricidade	Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana (parcela referente a eletricidade)
Transportes	Transporte de carga
	Transporte de passageiro
Agropecuária	Arroz em casca
	Milho em grão
	Trigo em grão e outros cereais
	Soja em grão
	Outros produtos e serviços da lavoura
	Mandioca
	Fumo em folha
	Algodão herbáceo
	Frutas cítricas
	Café em grão
	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
	Bovinos e outros animais vivos
	Leite de vaca e de outros animais
	Suínos vivos
	Aves vivas
	Ovos de galinha e de outras aves
	Pesca e aquicultura
	Abate e preparação de produtos de carne
	Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada
	Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada
	Pescado industrializado
	Conservas de frutas, legumes e outros vegetais
	Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja
	Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho
	Óleo de soja refinado
	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado
	Produtos do laticínio e sorvetes
	Arroz beneficiado e produtos derivados
	Farinha de trigo e derivados
	Farinha de mandioca e outros
	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações
	Produtos das usinas e do refino de açúcar
	Café torrado e moído
	Café solúvel
Outros produtos alimentares	

Setor SAM	Setores Contas Nacionais
	Bebidas
	Produtos do fumo
Papel e Celulose	Celulose e outras pastas para fabricação de papel
	Papel e papelão, embalagens e artefatos
	Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados
Cimento	Cimento
Siderurgia	Gusa e ferro-ligas
	Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço
	Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos
	Fundidos de aço
	Produtos de metal – exclusive máquinas e equipamento
Não Ferrosos	Minerais metálicos não-ferrosos
Química	Produtos químicos inorgânicos
	Produtos químicos orgânicos
	Fabricação de resina e elastômeros
	Produtos farmacêuticos
	Defensivos agrícolas
	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza
	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas
	Produtos e preparados químicos diversos
	Artigos de borracha
	Artigos de plástico
Mineração	Minério de ferro
	Minerais não-metálicos
Resto da Indústria	Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação
	Tecelagem
	Fabricação outros produtos Têxteis
	Artigos do vestuário e acessórios
	Preparação do couro e fabricação de artefatos – exclusive calçados
	Fabricação de calçados
	Produtos de madeira – exclusive móveis
	Outros produtos de minerais não-metálicos
	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos
	Eletrodomésticos
	Máquinas para escritório e equipamentos de informática
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
	Material eletrônico e equipamentos de comunicações
	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico
	Automóveis, camionetas e utilitários
	Caminhões e ônibus
	Peças e acessórios para veículos automotores
	Outros equipamentos de transporte
	Móveis e produtos das indústrias diversas
	Sucatas recicladas

Setor SAM	Setores Contas Nacionais
Serviços	Construção
	Comércio
	Correio
	Serviços de informação
	Intermediação financeira e seguros
	Serviços imobiliários e aluguel
	Aluguel imputado
	Serviços de manutenção e reparação
	Serviços de alojamento e alimentação
	Serviços prestados às empresas
	Educação mercantil
	Saúde mercantil
	Serviços prestados às famílias
	Serviços associativos
	Serviços domésticos
	Educação pública
	Saúde pública
Serviço público e seguridade social	
Parcelas referentes às atividades de serviços originalmente contabilizadas em outros setores nas Contas Nacionais	

Fonte: Elaboração própria

### Estrutura do modelo

O modelo IMACLIM-BR apresenta um arcabouço neoclássico tradicional<sup>16</sup> no que diz respeito à descrição das escolhas dos produtores e consumidores, porém a estrutura de descrição técnica dos sistemas produtivos foi especialmente projetada para facilitar a calibração com informações e modelos *Bottom-Up*, com o objetivo de garantir grande realismo técnico mesmo em simulações de cenários com grande desvio em relação ao cenário de referência. O modelo dispensa a utilização de funções de produção do tipo CES ou outras do gênero nos setores considerados estratégicos, que se baseiam em dados observados em momentos passados. Tem-se uma descrição concreta da evolução tecnológica no período estudado (inclusive do progresso técnico induzido pela política climática), o que permite uma boa precisão nas estimativas de modos de produção e uso de energia em diferentes cenários, e assim, consequentemente, nas emissões de gases de efeito estufa.

<sup>16</sup>O modelo CGE neoclássico tradicional parte da simplificação de que a economia se comporta de forma ótima: ausência de falhas de mercado, situação de pleno emprego, etc, o que não é verdade especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

As funções de produção clássicas distinguem, usualmente, quatro fatores de produção: energia, matérias primas, trabalho e capital. A suposição adotada aqui é que a política climática apenas altera as intensidades de energia e de capital nos bens industriais, sendo mantidas constantes as intensidades de matéria prima e de trabalho nos cenários de referência e de mitigação, por falta de estudos detalhados a esse respeito.

O modelo se baseia no método de estática comparativa (Samuelson, 1947):

Primeiramente é projetado o equilíbrio de um determinado Cenário de Referência no médio ou longo prazo, e num segundo momento, é simulada a política climática, que induz investimentos em estruturas de produção e consumo menos intensivas em carbono, e assim deforma a projeção de referência até que um novo equilíbrio seja atingido, sendo então chamado de Cenário de Mitigação.

A projeção de referência é calculada levando-se em consideração modificações nos principais indicadores de crescimento dos sistemas econômicos e energéticos, como demografia, crescimento da produtividade do trabalho, evolução dos coeficientes técnicos, crescimento do resto do mundo e preços internacionais dos energéticos. No caso deste estudo o PNE 2050 foi utilizado para balizar tais parâmetros, sempre com o aval do CEC.

Os Cenários de Mitigação relacionados a diferentes políticas climáticas representam um equilíbrio contrafactual em relação ao equilíbrio da projeção de referência, que resulta das novas escolhas de produção e consumo frente a novos preços relativos. As análises são válidas sob a hipótese de que a transição induzida pela política climática é completada após uma série de ajustes técnicos, cujo âmbito e duração estão embutidos nas informações *Bottom-Up* que são introduzidas no modelo a partir de ligações feitas a partir ligações na forma de *soft links* (no caso dos modelos setoriais de Transportes, Residencial, Serviços, Indústria, Resíduos e AFOLU) ou *hard-links* (no caso do setor de oferta de energia, que utiliza o modelo MESSAGE).

O processo de transição em si, entretanto, não é descrito, e a hipótese por trás disso é que a transição se dá de forma suave o suficiente para evitar equilíbrios múltiplos, efeitos de histerese, etc.

Outras características importantes do IMACLIM-BR incluem: (i) um tratamento agregado do progresso técnico induzido por mudanças nos sistemas energéticos – o IMACLIM-BR opera numa estrutura de progresso técnico endógeno; (ii) representação de comportamentos sub-ótimos e mecanismos "second best", como no caso do mercado de trabalho, onde os efeitos das políticas climáticas podem ser analisados também em termos de variações nos níveis de emprego, e na representação de falhas de mercado, onde os setores produtivos não se encontram, *a priori*, numa situação de concorrência perfeita.

## AI.2 – Determinantes dos efeitos macroeconômicos

Os determinantes dos efeitos macroeconômicos no IMACLIM-BR são descritos de forma bastante sintética, aproveitando a descrição feita por Combet et al (2010) e Wills (2013). A análise estática comparativa distorce a "imagem" da economia no cenário de referência devido a um choque externo, como a criação de uma taxa de carbono ou de um mercado de cotas de emissão de CO<sub>2</sub>, ou de uma política governamental normativa visando a implementação de um conjunto de medidas de mitigação. Esta distorção pode ser considerada uma consequência da interação de cinco hipóteses principais descritas a seguir:

- i. O ajuste do setor produtivo, através da alteração do consumo dos fatores de produção (energia, matérias primas, trabalho, capital, etc) de acordo com a nova realidade de preços relativos. Há uma evolução da produtividade total dos fatores (através de um coeficiente de progresso técnico que é relacionado ao investimento acumulado), e à influência de um coeficiente de retornos decrescentes de escala . Além disso, há uma interação profunda com informações BU que descrevem as mudanças tecnológicas induzidas por esse novo conjunto de preços relativos, conforme será explicado em detalhes, mais à frente, neste anexo.
- ii. A rigidez do mercado de trabalho, formalizada por uma curva de salários, que descreve uma correlação negativa entre a taxa de desemprego da economia e o salário médio (Blanchflower & Oswald, 2005).
- iii. O impacto no comércio internacional: as importações e exportações são elásticas aos termos de troca, que evoluem de acordo com o custo da produção doméstica. Os preços internacionais são constantes nos cenários de comando e controle, e o bem produzido pelo setor Resto do Mundo é o numerário do modelo. Nos cenários com taxa de carbono é feita uma estimativa da evolução dos preços internacionais dos bens produzidos pelas indústrias energo-intensivas para que tenhamos uma simulação mais realista dos efeitos de uma taxa de carbono com abrangência mundial sobre a competitividade da indústria brasileira.
- iv. Restrições orçamentárias do Governo: a razão entre os gastos públicos e o PIB é mantida constante; as transferências sociais (seguro desemprego, aposentadorias, bolsa família, etc.) são indexadas ao salário médio da economia.
- v. Taxa de poupança constante, e há o ajuste da formação bruta de capital fixo destinada ao sistema produtivo. O modelo "fecha" ao se computar os fluxos de capital que equilibram as contas correntes. O equilíbrio é determinado pelo ajuste simultâneo dos volumes importados e exportados, dos preços domésticos, do nível de atividade e das taxas de juros.

vi. Os fluxos de renda associados aos fluxos de bens começam a ser distribuídos com a remuneração dos fatores de produção mais os pagamentos líquidos ao Resto do Mundo. As operações de distribuição continuam entre os quatro setores institucionais (Famílias, Empresas, Governo e Resto do Mundo), orquestradas pelo Governo: impostos (encargos trabalhistas, imposto de renda, etc) e transferências (aposentadorias, bolsa família, etc). Uma vez que os setores institucionais tenham feito suas escolhas de consumo e investimentos, os agentes emprestam ou pedem emprestado aos mercados financeiros, dependendo se eles possuem uma poupança positiva ou negativa. Isto afeta as suas posições financeiras e os fluxos de renda associados a ela (pagamentos de juros, etc).

Esta versão do IMACLIM-BR é calibrada no ano base 2005, e tem como horizonte final de estudo o ano 2030. A economia pode ser desagregada em até 19 setores (6 setores energéticos, transportes de cargas e de passageiros, agricultura, pecuária, construção, 6 setores relativos à indústria pesada, e demais setores da economia), de acordo com a matriz insumo-produto.

### AI.3 – Formulário

O IMACLIM-BR resume-se a um conjunto de equações simultâneas:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) &= 0 \\ f_2(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) &= 0 \\ &\dots \\ f_n(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m) &= 0 \end{aligned}$$

onde:

$x_i, i \in [1, v]$ , é o conjunto de variáveis (tantas quanto as equações),

$z_i, i \in [1, p]$ , é o conjunto de parâmetros,

$f_i, i \in [1, v]$ , é o conjunto de funções, algumas delas não lineares em  $x_i$ .

As funções  $f_i$  são de duas naturezas distintas: (i) um subconjunto de equações que descrevem as restrições contábeis que devem ser necessariamente verificadas para assegurar que o sistema de contabilidade dupla está corretamente equilibrado; e (ii) o outro subconjunto de equações se traduz em diferentes restrições de comportamento dos setores, podendo ser escritas de uma forma linear simples (ex: as famílias consomem uma proporção fixa de sua renda total), ou de uma forma mais complexa e não linear (ex: escolhas dos produtores e consumidores). A liberdade de modelagem do comportamento dos agentes é o que proporciona uma arquitetura flexível ao IMACLIM-BR, de forma que ele possa apresentar uma visão da economia diferenciada dos modelos CGE tradicionais.

A apresentação das equações do modelo IMACLIM-BR sucessivamente detalha: (i) a construção contábil do conjunto de preços ao consumidor; (ii) as equações referentes à contabilidade e aos comportamentos que regem os quatro setores institucionais representados no modelo (famílias, empresas, governo e resto do mundo); (iii) as condições de equilíbrio dos mercados.

### AI.3.1 Preço do produtor e preço ao consumidor – Geração de renda

O preço do produtor  $p_{Yi}$  do bem  $i$  é construído seguindo-se a estrutura de custos da produção deste bem  $i$ , que é a soma dos custos relativos ao consumo intermediário ( $p_{Cji} \alpha_{ji}$ ), custos de trabalho ( $p_{Li} l_i$ ), custos de capital ( $p_K k_i$ ), impostos sobre a produção ( $\overline{\tau_{Yi0}} p_{Yi}$ ), e a um *mark-up* constante de cada setor ( $\overline{\pi_{i0}} p_{Yi}$ ):

$$p_{Yi} = \sum_{j=1}^n p_{Cji} \alpha_{ji} + p_{Li} l_i + p_K k_i + \overline{\tau_{Yi0}} p_{Yi} + \overline{\pi_{i0}} p_{Yi} \quad (1)$$

Os coeficientes técnicos  $\alpha_{ji}$  são expressos em ktep consumido por ktep produzido para os insumos energéticos, de acordo com a natureza híbrida da base de dados, conforme explicado no capítulo 3.

O preço de importação  $p_{Mi}$  do bem  $i$  é específico para cada bem importado. Em primeiro lugar, o bem internacional "Resto da Economia" é o numerário do modelo; seu preço é portanto considerado constante e igual à unidade.

$$p_{MCOMP} = p_{MCOMP0} = 1 \quad (2)$$

$p_i$ , o preço médio do bem  $i$  disponível no mercado doméstico, é a média ponderada entre os dois preços definidos anteriormente:

$$p_i = \frac{p_{Yi} Y_i + p_M M_i}{Y_i + M_i} \quad (3)$$

Os bens energéticos domésticos e internacionais são considerados homogêneos: a hipótese alternativa de diferenciação dos produtos, adotada por diversos modelos GCE através da especificação de Armington (Armington, 1969), tem a desvantagem de criar variedades de bens híbridos, cujas unidades de volume são diferenciadas para as variedades domésticas e internacionais, o que impede uma contabilidade explícita dos fluxos energéticos em unidades físicas, e conseqüentemente do balanço energético. Os bens não energéticos foram tratados de forma similar.

$p_{Cij}$  o preço do bem  $i$  consumido na produção do bem  $j$  é igual ao preço da matéria prima do bem  $i$  ( $p_i$ ) mais as margens de comércio ( $\tau_{MCi}$ ), mais as margens de transporte ( $\tau_{MTi}$ ), mais as margens específicas ( $\overline{\tau_{MSCIij0}}$ ) e as taxas incidentes sobre o consumo ( $\overline{\tau_{CONS,0}}$ ).

$$p_{Cij} = p_i \left( 1 + \tau_{MCi} + \tau_{MTi} + \overline{\tau_{MSCIij0}} + \overline{\tau_{CONS,0}} \right) \quad (4)$$

O preço ao consumidor de um bem  $i$  para as famílias ( $p_{Ci}$ ), para o governo ( $p_{Gi}$ ), e para investimento ( $p_{Ii}$ ), e o preço de exportação do bem  $i$  ( $p_{Xi}$ ) são construídos de forma similar:

$$p_{Zi} = p_i \left( 1 + \tau_{MCi} + \tau_{MTi} + \overline{\tau_{MSZi0}} + \overline{\tau_{CONS,0}} \right) \text{ onde } Z \in \{C, G, I, X\} \quad (5)$$

As margens específicas são calibradas no ano base e mantidas constantes para refletir as diferenças nas tarifas (fora os impostos) dos bens energéticos de acordo com os diferentes agentes/setores da economia<sup>17</sup>

As margens de comércio  $\tau_{MCi}$  e de transportes  $\tau_{MTi}$ , idênticas para todos os bens intermediários e para o consumo final do bem  $i$ , são calibradas no equilíbrio do ano base, e mantidas constantes, exceto aquelas referentes ao setor de transportes (TRANS) e de atividades comerciais que estão agregadas dentro do setor Resto da Economia (COMP), que são simplesmente ajustadas no equilíbrio do ano base, de modo que a soma de cada uma das margens seja igual a zero:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n \tau_{MCCOMP} p_{COMP} \alpha_{COMPj} Y_j + \tau_{MCCOMP} p_{COMP} (C_{COMP} + G_{COMP} + I_{COMP} + X_{COMP}) \\ & + \sum_{i \neq COMP} \sum_j \overline{\tau_{MCi0}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \sum_{i \neq COMP} \overline{\tau_{MCi0}} p_i (C_i + G_i + I_i + X_i) = 0 \quad (6) \end{aligned}$$

e de forma similar :

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n \tau_{MTTRANS} p_{TRANS} \alpha_{TRANSj} Y_j + \tau_{MTTRANS} p_{TRANS} (C_{TRANS} + G_{TRANS} + I_{TRANS} + X_{TRANS}) \\ & + \sum_{i \neq TRANS} \sum_j \overline{\tau_{MTi0}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \sum_{i \neq TRANS} \overline{\tau_{MTi0}} p_i (C_i + G_i + I_i + X_i) = 0 \quad (7) \end{aligned}$$

<sup>17</sup> Por exemplo, o setor de alumínio no Brasil se beneficia de preços muito baixos de energia, e em geral o preço da eletricidade para a indústria é mais baixo do que para as famílias.

Os custos do trabalho são iguais ao salário médio do setor  $w_i$  mais os encargos trabalhistas, que correspondem às contribuições dos trabalhadores à previdência privada ( $\tau_{LS_i}$ ), e à previdência pública e ao sistema S<sup>18</sup> ( $\tau_{LG_i}$ ). Eles são cobrados com base nas relações calibradas no ano base  $\overline{\tau_{LG_i}}$  e  $\overline{\tau_{LS_i}}$ , específicas por setor produtivo:

$$P_{Li} = (1 + \overline{\tau_{LG_i}} + \overline{\tau_{LS_i}}) w_i \quad (8)$$

Os salários  $w_i$  nos diferentes setores evoluem de forma homogênea:

$$w_i = b \cdot w_{i0}, \quad (9)$$

O salário médio total da economia  $w$  é definido por:

$$w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i}{\sum_{i=1}^n l_i Y_i}, \quad (10)$$

$w$  está sujeito a variações que podem ser exógenas ou ditadas por hipóteses relativas à taxa total de desemprego, conforme será explicado mais a frente na seção de descrição do equilíbrio do mercado de trabalho.

O custo de capital é entendido como o custo do capital produtivo (conforme descrição das escolhas do setor produtivo), que é obtido como o preço médio dos bens de investimento:

$$p_K = \frac{\sum_{i=1}^n p_{Ii} I_i}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (11)$$

### Excedente Operacional Bruto

As escolhas do produtor na produção do bem  $i$ , a taxa interna de retorno constante  $\pi_i$ , e as margens específicas  $\tau_{MS}$  determinam o excedente operacional bruto (EBE):

$$EBE = \sum_{i=1}^n (p_K k_i Y_i + \overline{\pi}_i p_Y Y_i) + M_S \quad (12)$$

<sup>18</sup> Sistema S é o nome pelo qual são chamados o conjunto de onze instituições de interesse de categorias profissionais, estabelecidas pela constituição brasileira (Sesc, Senai, Senac, etc).

O excedente operacional bruto, que corresponde às receitas de capital, é dividido entre os agentes segundo frações constantes (calibradas no equilíbrio presente). Por construção, as margens específicas nas diferentes vendas  $M_s$  somam zero no equilíbrio do ano base (esta é uma restrição do processo de hibridização), entretanto isto não ocorre no equilíbrio futuro, quando as suas taxas constantes são aplicadas aos preços que estão variando. Sua expressão pode ser então definida por:

$$M_s = \sum_i \left( \sum_j \overline{\tau_{MSCI_{ij}}} p_i \alpha_{ij} Y_j + \sum_h \overline{\tau_{MSC_{hi}}} p_i C_{hi} + \overline{\tau_{MSG_i}} p_i G_i + \overline{\tau_{MSX_i}} p_i X_i \right)$$

CPI é o índice de preços ao consumidor calculado segundo Fisher<sup>19</sup>, isto é, como uma média geométrica entre o índice de Laspeyres<sup>20</sup> e o índice de Paasche<sup>21</sup>:

$$CPI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_G C_{i0} \sum_{i=1}^n p_G C_i}{\sum_{i=1}^n p_{G0} C_{i0} \sum_{i=1}^n p_{G0} C_i}} \quad (13)$$

### AI.3.2 Contas dos Setores Institucionais

#### AI.3.2.1 Famílias

As famílias são representadas por agentes representativos de diferentes estratos sociais que impulsionam a demanda final privada (C). A desagregação das famílias em  $m$  classes de renda (índice  $h$ ,  $h \in [1, m]$ ) permite levar em consideração as estruturas de renda e eventualmente diferentes comportamentos e capacidades de ajuste às novas condições de mercado.

Sua renda agregada aumenta juntamente com a soma dos salários, com parte dos lucros obtidos nos setores produtivos e mercados de capital, e com transferências sociais (aposentadorias, bolsa família, etc), e decresce com o aumento dos impostos (imposto de renda, etc). Sua taxa de poupança e taxa de

<sup>19</sup> O índice de preços de Fisher é usado para medir a variação de preços de bens e serviços, com base na cesta de bens tanto no ano base quanto no ano projetado. O índice de preços de Fisher é definido como uma média geométrica entre o índice de preços de Laspeyres e o índice de preços de Paasche, e, por esta razão, o índice de preços de Fisher é também conhecido como o índice de preços "ideal" (Eurostat, 2008).

<sup>20</sup> Variação do custo de uma cesta de bens do presente, comparando preços relativos no presente com preços relativos no futuro.

<sup>21</sup> Variação do custo de uma cesta de bens do futuro, comparando preços relativos no presente com preços relativos no futuro.

investimento (parcela da formação bruta de capital fixo, GFCF na renda disponível) são mantidas constantes em relação ao ano base.

No que diz respeito às escolhas das famílias, uma premissa importante foi a de definição de necessidades básicas de energia e alimentação, que foram hipoteticamente definidas como 70% do consumo observado no ano base. Desta forma, o consumo de energia e de alimentos foi definido como a soma das necessidades básicas mais um consumo acima delas relacionado a uma elasticidade-preço e uma elasticidade-renda.

### Demografia:

A população da classe  $h$ ,  $N_h$ , cresce a partir de seu valor inicial no ano base devido a uma porcentagem exógena  $\delta N$  que é comum a todas as classes.  $NL$  é a população total empregada, e  $NL_h$  é a população total empregada na classe  $h$ .

Formação de renda, poupança e decisões de investimento:

$R_{DBAI_h}$ , o rendimento primário bruto da classe  $h$  é definido como a soma dos seguintes termos:

Uma parcela  $\omega_{Lh}$  do rendimento total do trabalho  $w_i l_i Y_i$ , que varia com a população ativa empregada em cada classe.

Uma parcela  $\omega_{Kh}$  da fração "renda do capital" que vai para as famílias,  $EBE_H$ . O valor de  $\omega_{Kh}$  é exógeno e sua calibração foi feita a partir do valor encontrado na SAM no ano base.

A dívida  $-i_H D_h$ , que corresponde ao rendimento de propriedade (juros, dividendos, aluguéis, etc). Este serviço é o produto da dívida líquida  $D_h$ , cuja evolução será explicada mais a frente neste capítulo, e uma taxa de juros endógena efetiva para as famílias  $i_H$ .

As transferências sociais, em dois diferentes agregados: (i) transferências sociais do governo  $\rho_{Gh} N_h$ , que incluem salário desemprego, aposentadorias e também outras transferências como o bolsa família, e (ii) transferências sociais privadas  $\rho_{Sh} N_h$  (previdência privada, por ex.). Estes agregados são calculados de forma similar, na multiplicação de uma "transferência per capita"  $\rho$  e a população de cada classe,  $N_h$ .

Uma parcela exógena  $\omega_{ATH}$  das transferências residuais  $A_{TH}$ , que correspondem à soma de outras transferências não contabilizadas anteriormente.

$$RDBAI_h = \omega_{Lh} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i + \overline{\omega_{Kh}} EBE_H - i_h D_h + \rho_{Gh} N_h + \rho_{Sh} N_h + \overline{\omega_{ATH}} A_{TH}, \quad (14)$$

Em particular,  $EBE_H$  e  $A_{TH}$  são definidos como frações constantes  $\omega_{KH}$  e  $\omega_{ATH}$  de EBE e  $A_T$ .

$$EBE_h = \overline{\omega_{KH}} EBE$$

$$A_{TH} = \overline{\omega_{ATH}} A \quad (15)$$

A renda disponível bruta  $RDB_h$  da classe  $h$  é obtida subtraindo de  $RDBAI_h$  o imposto de renda  $T_{IRh}$ , cobrado como uma proporção constante, e duas outras taxas indiretas  $T_{Gh}$  e  $T_{Sh}$  (que são transferidas respectivamente para o governo e para as empresas) que são indexadas ao índice de preços IPC.  $R_h$ , o orçamento da classe  $h$  para o consumo, é encontrado pela subtração entre a renda disponível e a poupança daquela classe. A taxa de poupança  $\tau_{sh}$  é exógena (calibrada para acomodar os valores de  $RDB_h$  e  $R_h$  no equilíbrio presente).

$$RDB_h = RDBAI_h - T_{IRh} - T_{Gh} - T_{Sh} \quad (16)$$

$$R_h = (1 - \overline{\tau_{sh}}) RDB_h \quad (17)$$

A partir dos dados da SAM, é possível observar o investimento das famílias  $GFCF_h$  (formação bruta de capital fixo), distinto da poupança das famílias. Assume-se que  $GFCF_h$  segue a hipótese de ser uma fração fixa da renda disponível bruta  $RDB_h$ . A diferença entre a poupança e os investimentos das famílias fornece a capacidade de autofinanciamento da classe  $h$ ,  $CAF_h$ .

$$\frac{GFCF_h}{RDB_h} = \frac{GFCF_{h0}}{RDB_{h0}} \quad (18)$$

$$CAF_h = \overline{\tau_{sh}} RDB_h - GFCF_h \quad (19)$$

A evolução da  $CAF_h$  entre os equilíbrios no presente e no futuro pode ser utilizada para estimar a evolução da dívida líquida das famílias,  $D_h$ . Este cálculo é baseado na hipótese que a capacidade de autofinanciamento durante o tempo de simulação  $t_{PROJ}$  é uma média entre a capacidade de autofinanciamento no presente e no futuro.

$$D_h = D_{h0} - t_{PROJ} \frac{CAF_{h0} + CAF_h}{2} \quad (20)$$

As taxas de juros impactam a renda dos agentes através da cobrança da dívida. Dessa forma elas são ajustadas de modo que a soma da formação bruta de capital fixo (GFCF) das famílias, empresas e governo se equiparem à demanda total por investimento.

Os níveis de bens imobilizados ( $I$ ) são proporcionais à soma do consumo de capital agregado. Este é um modo de relacionar o aumento de capital imobilizado em 2030 e uma *proxy* do estoque de capital representado pelo consumo agregado de capital. Isto permite representar a contrapartida concreta do aumento de consumo de capital (relativo à uma substituição energia-capital, por exemplo na implementação de medidas de eficiência energética) no aumento necessário do capital produtivo numa trajetória econômica estável.

### Al.3.2.2 Empresas – Setor Institucional

Renda bruta disponível e decisões de investimento:

De forma similar ao tratamento dado às famílias, a renda bruta disponível para as empresas  $RDB_S$  é definida como a soma de:

Uma parcela exógena  $\omega_{KS}$  do rendimento de capital  $EBE$ .

A dívida (juros, dividendos)  $-i_S D_S$ , que é fortemente negativa no ano base (2005), servida por uma taxa de juros  $i_S$  endógena, calculada da mesma forma que  $i_H$ .

Duas transferências ligadas à previdência social privada: Contribuições à previdência privada

$$T_{LS} = \sum_{i=1}^n \overline{\tau_{LSi}} w_i l_i Y_i \quad \text{e a soma de outras transferências das famílias} \quad T_{Sh} = \overline{\tau_{Sh}} \cdot (\omega_{Lh} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i)$$

Uma parcela exógena  $\omega_{ATS}$  de outras transferências  $A_T$ , que são assumidas como uma parcela fixa do PIB.

E à subtração de:

$$R_S = \sum_{h=1}^m \rho_{Sh} N_{Sh}$$

Transferências sociais de fontes privadas  $R_S$  transferidas para as famílias , conforme definido na equação 14, que define o rendimento primário bruto das famílias.

Taxas pagas pelas empresas  $T_{IS}$  ao governo.

Desta forma:

$$RDB_S = \overline{\omega_{KS}} EBE + T_{LS} + \sum_{h=1}^m T_{Sh} - i_S D_S + \overline{\omega_{ATS}} A_T - (R_S + T_{IS}) \quad (21)$$

A razão entre a formação bruta de capital das firmas  $GFCF_S$  e a sua renda disponível bruta  $RDB_S$  é assumida como constante; de forma similar às famílias e de acordo com as contas nacionais sua capacidade de autofinanciamento  $CAF_S$  surge da diferença entre  $RDB_S$  e  $GFCF_S$ . A dívida líquida das

empresas  $D_s$  é então calculada a partir de sua capacidade de autofinanciamento  $CAF_s$ , seguindo a mesma especificação aplicada às famílias.

$$\frac{GFCF_s}{RDB_s} = \frac{GFCF_{s0}}{RDB_{s0}} \quad (22)$$

$$CAF_s = RDB_s - GFCF_s \quad (23)$$

$$D_s = D_{s0} - t_{pR} \frac{CAF_{s0} + CAF_s}{2} \quad (24)$$

### AI.3.2.3 Governo ou Administração Pública

Impostos, contribuições sociais e política fiscal:

Os impostos e contribuições sociais formam a maior parte dos recursos do governo, conforme as fórmulas 25 a 30, a seguir:

$$T_{LG} = \sum_{i=1}^n \overline{\tau_{LTGi}} w_i l_i Y_i \quad (25)$$

$$T_Y = \sum_{i=1}^n \overline{\tau_{Yi}} p_{Yi} Y_i \quad (26)$$

$$T_{CONS} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \overline{p_i \tau_{CONS_i}} \alpha_{ij} Y_j + \sum_{i=1}^n \overline{\tau_{CONS_i}} (C_i + G_i + I_i) \quad (27)$$

$$T_{IS} = \overline{\tau_{IS}} EBE_s \quad (28)$$

$$T_{IRh} = \overline{\tau_{IRh}} RDBA \quad (29)$$

$$T_{Gh} = \overline{\tau_{Gh}} \cdot (\omega_{Lh} \sum_{i=1}^n w_i l_i Y_i) \quad (30)$$

$T$  é a soma de todos os impostos e contribuições sociais:

$$T = T_{LG} + T_Y + T_{CONS} + T_{IS} + \sum_{h=1}^m T_{IRh} + \sum_{h=1}^m T_{Gh} \quad (31)$$

Renda bruta, gastos públicos, investimentos e transferências:

De modo análogo ao tratamento dado às famílias e às empresas (segundo a lógica prevalecente na SAM), a renda bruta disponível do governo  $RDB_G$  é a soma dos impostos e contribuições sociais, de parcelas exógenas  $\omega_{KG}$  do EBE, do  $\omega_{ATG}$  de "outras transferências"  $A_T$ , e da dívida  $i_G D_G$ , de onde são subtraídos os gastos públicos  $p_G G$  e as transferências sociais  $R_h$ :

$$RDB_G = T + \overline{\omega_{KG}} EBE + \overline{\omega_{ATG}} A_T - i_G D_G - \left( \sum_{i=1}^n p_{Gi} G_i + R_G \right) \quad (32)$$

Assume-se que os gastos públicos  $p_G G$  crescem no mesmo ritmo que a renda nacional, sendo definido como uma fração constante do PIB:

$$\frac{\sum_{i=1}^n p_{Gi} G_i}{PIB} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{Gi0} G_{i0}}{PIB_0}, \quad (33)$$

As transferências sociais para as famílias  $R_h$  são definidas como:

$$R_G = \sum_{h=1}^m \rho_{Gh} N_{Gh} \quad (34)$$

Para as transferências sociais  $R_G$  e  $R_S$ , transferências *per capita*  $\rho_{Gh}$  e  $\rho_{Sh}$  são indexadas ao salário médio:

$$\forall K \in [G, S], \forall h \in [1, m] \quad \rho_{Kh} = \frac{w}{w_0} \rho_{Kh0} \quad (35)$$

Por último, a taxa de juros da dívida pública  $i_G$  evolui de forma diferente que  $i_H$  e  $i_S$ , e é calibrada em dados históricos entre 1994 e 2005, variando de acordo com uma elasticidade calculada segundo a razão entre a dívida pública e o PIB.

O investimento público  $GFCF_G$ , da mesma forma que os gastos públicos  $p_G G$ , são considerados como uma fração constante do PIB. Para encontrar a capacidade de autofinanciamento do governo  $CAF_G$ , subtraímos  $GFCF_G$  e  $p_G G$ , do  $RDB_G$ , o que determina a variação da dívida pública, cuja acumulação é tratada da mesma forma que para as famílias e para as empresas:

$$\frac{GFCF_G}{PIB} = \frac{GFCF_{G0}}{PIB_0} \quad (36)$$

$$CAF_G = RDB_G - GFCF_G \quad (37)$$

$$D_G = D_{G0} - t_{PR} \frac{CAF_{G0} + CAF_G}{2} \quad (38)$$

#### AI.3.2.4 Resto do Mundo

Fluxos de capital e capacidade de autofinanciamento:

Os fluxos de capital entre o Brasil e o resto do mundo (RDM) não têm um comportamento específico definido, e são simplesmente determinados como o equilíbrio entre os fluxos de capital dos três setores institucionais domésticos (famílias, empresas e governo) para assegurar o equilíbrio contábil referente ao comércio exterior. Essa hipótese determina a capacidade de autofinanciamento do resto do mundo, que por sua vez determina a evolução da sua dívida líquida  $D_{RDM}$  :

$$CAF_{RDM} = \sum_{i=1}^n p_{Mi} M_i - \sum_{i=1}^n p_{Xi} X_i + \sum_{K=H,S,G}^n i_K D_K - \sum_{K=H,S,G}^n A_{TK} \quad (39)$$

$$D_{RDM} = D_{RDM0} - t_{PROJ} \frac{CAF_{RDM0} + CAF_{RDM}}{2} \quad (40)$$

Por definição, a soma das capacidades de autofinanciamento dos quatro setores institucionais tem soma zero, e conforme suas posições líquidas compensam-se uma às outras tanto no ano base quanto no equilíbrio projetado.

Por último, as outras transferências  $A_T$  são definidas como uma parcela fixa do PIB:

$$\frac{A_T}{PIB} = \frac{A_{T0}}{PIB_0} \quad (41)$$

#### AI.3.2.5 As escolhas dos setores produtivos

A estrutura de contabilidade casada do IMACLIM-BR facilita a incorporação de informações *Bottom-Up* na estrutura de equilíbrio geral, em particular no que diz respeito aos fluxos energéticos, de forma a aprofundar a representação das escolhas de produção dos setores produtivos. Esta estrutura de contabilidade casada se distancia do modelo clássico, que consiste em pressupor uma função de produção (como por exemplo, uma função do tipo CES) calibrada no ano base, usando a hipótese de que aquele comportamento observado era ótimo. Como citado anteriormente, o IMACLIM-BR inova neste sentido, e pode incorporar informações BU de duas formas:

Através de uma integração com um modelo BU: neste caso a função de produção macroeconômica que descreve as escolhas dos coeficientes técnicos de acordo com os preços relativos é definida pelo modelo BU. Por exemplo, a função de produção do setor elétrico é substituída pelos coeficientes calculados a partir dos resultados do programa de otimização do MESSAGE no horizonte de tempo projetado.

Através da calibração de formas reduzidas de um modelo BU ou de curvas de custo marginal de abatimento, conforme descrito em Gherzi & Hourcade (2006) e mais à frente neste capítulo.

Na ausência de informações BU específicas para determinado setor (como para o setor Resto da Economia), as escolhas de produção são limitadas por assíntotas técnicas que definem consumos mínimos dos fatores de produção. De forma semelhante ao tratamento proposto por Gherzi&Hourcade (2006), essa hipótese restritiva é feita de modo que as parcelas variáveis dos consumos unitários dos fatores de produção são substituíveis de acordo com uma função CES, onde a existência de uma parcela fixa desses consumos implica que as elasticidades de substituição totais entre os fatores (soma das parcelas fixas e variáveis) não são constantes, mas decrescem ao se aproximar das assíntotas.

Sob estas hipóteses e restrições, no cenário de mitigação, a minimização dos custos unitários de produção levam à formulação dos consumos unitários dos fatores secundários  $\alpha_{ji}$ , trabalho  $l_i$  e capital  $k_i$ , que podem ser escritos como a soma dos consumos mínimos (definidos pela assíntota) e um consumo acima deste mínimo. A última parte corresponde à expressão de demandas pelos fatores de produção numa função CES com uma elasticidade  $\sigma_i$  (coeficientes de  $\lambda_{Clij}$ ,  $\lambda_{Li0}$  e  $\lambda_{Ki0}$ , que são calibrados no ano base).

$$\alpha_{ji} = \frac{\Theta_i}{\phi_i} \left[ \beta_{ji} \alpha_{ji0} + \left( \frac{\lambda_{ji}}{P_{Clij}} \right)^{\sigma_i} \left( \sum_{j=1}^n \lambda_{ji}^{\sigma_i} P_{Clij}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Li}^{\sigma_i} P_{Li}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Ki}^{\sigma_i} P_K^{1-\sigma_i} \right)^{-\frac{1}{\rho_i}} \right] \quad (42)$$

$$l_i = \frac{\Theta_i}{\phi_i} \left[ \beta_{Li} l_{i0} + \left( \frac{\lambda_{Li}}{P_{Li}} \right)^{\sigma_i} \left( \sum_{j=1}^n \lambda_{ji}^{\sigma_i} P_{Clij}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Li}^{\sigma_i} P_{Li}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Ki}^{\sigma_i} P_K^{1-\sigma_i} \right)^{-\frac{1}{\rho_i}} \right] \quad (43)$$

$$k_i = \frac{\Theta_i}{\phi_i} \left[ \beta_{Ki} k_{i0} + \left( \frac{\lambda_{Ki}}{P_{Ki}} \right)^{\sigma_i} \left( \sum_{j=1}^n \lambda_{ji}^{\sigma_i} P_{Clij}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Li}^{\sigma_i} P_{Li}^{1-\sigma_i} + \lambda_{Ki}^{\sigma_i} P_K^{1-\sigma_i} \right)^{-\frac{1}{\rho_i}} \right], \quad (44)$$

onde

$$\rho_i = \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} \quad (45)$$

Entretanto esta soma é modificada para levar em conta uma combinação de progresso técnico endógeno ( $\phi$ ), e de rendimentos decrescentes ( $\Theta_i$ ). Este último fator impacta sobre o consumo de todos

os fatores de produção, ao assumi-los elásticos ao volume produzido segundo uma elasticidade fixa  $\sigma_{\Theta Y_i}$ , que é calibrada sob a hipótese de custos marginais.

$$\Theta_i = \left( \frac{Y_i}{Y_{i0}} \right)^{\sigma_{\Theta Y_i}} \quad (46)$$

$$\sigma_{\Theta Y_i} = \frac{\bar{\pi}_i}{1 - \pi_i} \quad (47)$$

$$\phi_i = \left( \frac{k_i Y_i}{k_{i0} Y_{i0}} \right)^{\sigma_{\Phi_i}} \quad (48)$$

É importante ressaltar que o custo de capital  $p_K$  considerado nas equações 41, 42 e 43 está relacionado apenas ao capital produtivo. Por um lado, as escolhas de produção são baseadas nos custos dos fatores de produção, incluindo o do capital produtivo  $k_i$  (calibrado no consumo de capital fixo da SAM). Por outro lado, as atividades das empresas e a regra de investimento (GFCF, equação 22), levam a uma alteração em sua posição financeira  $D_s$ , cujo serviço não é considerado como fator de produção.

#### AI.3.2.5.1 Consumo

O consumo das famílias  $C_{ih}$  foi definido sem a utilização de nenhuma função de utilidade explícita, como a soma de uma necessidade básica, exógena, comum a todas as classes, e um consumo acima desta necessidade básica, que varia segundo uma elasticidade-preço  $\sigma_{C_{pi}}$  e uma elasticidade-renda  $\sigma_{C_{ri}}$  estimadas na Nota Técnica II (Edson Domingues).

$$\forall i \neq \text{COMP} \quad C_{ih} = \beta_{ih} C_{ih0} + (1 - \beta_{ih}) \left( \frac{P_{Ci}}{IPC} \frac{1}{p_{Ci0}} \right)^{\sigma_{C_{pi}}} \left( \frac{R_h}{IPC} \frac{1}{R_{h0}} \right)^{\sigma_{C_{ri}}} C_{ih0} \quad (49)$$

Onde *COMP* representa os bens produzidos pelo setor Resto da Economia, e  $\beta_{ih}$  representa a fração do consumo de referência da classe  $h$  que corresponde às necessidades básicas (que arbitrariamente foi considerado 70% do consumo no ano base).

$C_{COMP_h}$  corresponde à demanda por bens do setor Resto da Economia, que é simplesmente definido subtraindo-se os gastos com os outros bens da economia do orçamento familiar total para consumo, como a seguir:

$$P_{COMP} C_{COMP_h} = R_h - p_{ih} C_{ih} \quad (50)$$

### AI.3.2.5.2 Comércio internacional

A competição nos mercados internacionais é definida pelos preços relativos. A razão entre as importações e a produção doméstica por um lado, e as quantidades exportadas por outro, são elásticas aos termos de troca, de acordo com elasticidades constantes, que podem ser específicas para cada produto, e também calibradas conforme a Nota Técnica II (Edson Domingues):

$$\frac{M_i}{Y_i} = \frac{M_{i0}}{Y_{i0}} \left( \frac{P_{M0i} P_{Yi}}{P_{Y0} P_M} \right)^{\sigma_M} \quad (51)$$

$$\frac{X_i}{X_{i0}} = \left( \frac{P_{M0i} P_{Xi}}{P_{X0} P_M} \right)^{\sigma_{Xp i}} (1 + \delta_{Xi}) \quad (52)$$

O tratamento diferenciado dado às importações e exportações reflete a hipótese que, apesar da evolução dos termos de troca, os volumes importados aumentam em proporção à atividade econômica doméstica (produção doméstica), enquanto as exportações não. As exportações são impactadas, entretanto, pelo crescimento do resto do mundo, de forma independente às variações dos termos de troca. Este fato é capturado ao assumir-se um volume extra de exportações  $\delta_{Xi}$ , exógeno.

Nos cenários com taxa de carbono global é necessário fazer uma correção da variação dos preços internacionais devido à taxa. Conforme discussão com o CEC, esta correção seria necessária para podermos ter resultados mais realistas em termos da competitividade das indústrias brasileiras. Devido ao modelo IMACLIM-BR não simular o impacto de taxas de carbono nos preços dos produtos produzidos nos demais países do mundo, foi combinado com o CEC que seria feita uma estimativa da variação destes preços internacionais com base na relação entre o conteúdo de carbono do produto brasileiro e do produto internacional, especificamente para os setores “Papel e Celulose”, “Cimento”, “Siderurgia”, e “Metais não Ferrosos”.

### AI.3.2.5.3 Mercado de Trabalho

O mercado de trabalho resulta da interação entre a demanda por trabalho dos sistemas produtivos, que é igual à soma de suas demandas por este fator  $l_i Y_i$ , e a oferta de trabalho suprida pelas famílias. A quantidade de trabalho ofertada pelas famílias  $L_0$  cresce segundo hipóteses exógenas (demografia e evolução da produtividade do trabalho), em um ritmo constante para todas as classes, considerando um trabalho de tempo integral para a população ativa no equilíbrio, no ano base e no futuro. Entretanto, o

modelo permite uma taxa de desemprego positiva  $u$ , e dessa forma, a equação de equilíbrio do mercado de trabalho pode ser escrita como:

$$(1-u)(1+\delta_L)L_0 = \sum_{i=1}^n l_i Y_i \quad (53)$$

Ao invés de explicitar o comportamento da oferta de trabalho no cenário de referência, o modelo alternativamente trata como exógeno a taxa de desemprego total  $u$ , ou o crescimento real  $\delta w$  do salário médio  $w$ .

$$u = \bar{u} \quad (54a)$$

$$w = w_0 (1 + \delta_w) \quad (54b)$$

Mudanças no nível de emprego correspondentes à evolução de  $u$  são divididas segundo as classes de renda das famílias de acordo com suas taxas de desemprego específicas  $u_h$ :

$$u_h = u_{h0} \frac{u}{u_0} \quad (55)$$

Desta forma,  $N_{uh}$  é o número de pessoas desempregadas na classe  $h$ .

$$N_{uh} = u_h (1 + \delta_L) L_{h0} \quad (56)$$

$N_{Lh}$ , o número de pessoas empregadas na classe  $h$  (definido como  $(1 + \delta_L) L_{h0} - N_{uh}$ ) permite determinar a parcela  $\omega_{Lh}$  da renda total do trabalho que pertence à classe  $h$ :

$$\omega_{Lh} = \frac{\frac{N_{Lh}}{N_{Lh0}} \omega_{Lh0}}{\sum_{h=1}^m \frac{N_{Lh}}{N_{Lh0}} \omega_{Lh0}} \quad (57)$$

### Curva de salários

O modelo IMACLIM-BR usa uma curva de salários no cenário de mitigação para descrever a negociação de salários no mercado de trabalho. Quando a taxa de desemprego é alta, os trabalhadores aceitariam receber salários menores, mas quando a taxa de desemprego é baixa, as firmas aceitariam pagar salários mais altos. Com esta abordagem em mente, foi utilizada uma elasticidade  $\sigma_{wU}$  para definir esta relação, calibrada conforme uma publicação da CEDEPLAR/UFMG em 2009, denominada "Curvas de

salários dinâmicas: Um estudo dos determinantes da histerese do desemprego no Brasil.” (Santolin & Antigo, 2009).

$$\frac{w}{IPC} = w_0 \left(1 + \delta_w\right) \left(\frac{u}{u_0}\right)^{\sigma_{wu}} \quad (58)$$

### AI.3.2.6 Equilíbrio dos Mercados

#### Mercados de bens:

O equilíbrio do Mercado de bens se dá por um simples balanço entre recursos (produção doméstica e importações) e usos (consumo doméstico, investimentos e exportações). Graças ao processo de hibridização, esta equação é escrita em ktep para bens energéticos, sendo consistente com o Balanço Energético Nacional para o ano 2005.

$$Y_i + M_i = C_i + G_i + I_i + X_i \quad (59)$$

#### Investimentos e fluxos de capital:

As taxas de juros efetivas para as famílias  $i_H$  e para as empresas  $i_S$ , estabelecem o equilíbrio do mercado de capitais: elas variam  $\delta_i$  entre o valor do ano base e o valor final projetado, e impactam diretamente na renda disponível das famílias  $RDB_H$  e das empresas  $RDB_S$ , conseqüentemente em suas decisões de investimento  $GFCF_H$  e  $GFCF_S$ , de forma a igualar a oferta de capital correspondente ao comportamento do governo  $GFCF$  e  $GFCF_G$ , para demandar bens de investimento  $p_{li} I_i$ . Esta demanda, por sua vez, é restrita pela hipótese de que a razão de cada um de seus componentes  $I_i$  ao consumo total de capital fixo (soma de  $k_i Y_i$ ) é constante. Em outras palavras, o capital imobilizado em todos os setores produtivos é suposto homogêneo, e todos os seus componentes variam como o consumo total de capital fixo.

$$\forall K \in [H, S] \quad i_K = i_{K0} + \delta_i \quad (60)$$

$$\sum_{K=H,S} GFCF_K = \sum_{i=1}^n p_{li} I_i \quad (61)$$

$$\frac{I_i}{\sum_{j=1}^n k_j Y_j} = \frac{I_{i0}}{\sum_{j=1}^n k_{j0} Y_{j0}} \quad (62)$$

O fechamento do modelo é fundamentalmente feito sobre a oferta de investimentos dos agentes, que se ajustam às demandas por investimento dos setores produtivos. Através de uma alteração das taxas de juros são observadas flutuações nos fluxos financeiros entre credores e devedores, e eventualmente na evolução da sua posição financeira líquida.

É importante ressaltar que o IMACLIM-BR possui uma estrutura bastante flexível, sendo possível tratar os diversos comportamentos descritos acima de formas alternativas. Portanto, o IMACLIM-BR proporciona uma plataforma robusta, que permite organizar o diálogo em torno das políticas climáticas e energéticas entre engenheiros e economistas, e até mesmo entre economistas de diferentes escolas.

A seguir serão apresentadas as diferentes formas de inserção de informações *Bottom-Up* na estrutura de equilíbrio geral do modelo IMACLIM-BR.

#### **AI.4 Integração entre o modelo IMACLIM-BR (top-down) e os modelos setoriais (bottom-up)**

Nesta seção serão descritas as diferentes formas com que o modelo Top-Down IMACLIM BR recebe as informações dos modelos setoriais, também chamados de modelos Bottom-Up (BU).

Como foi explicado anteriormente neste relatório, o modelo IMACLIM-BR é um modelo de equilíbrio geral computável (CGE) híbrido, projetado especificamente para analisar os efeitos macroeconômicos no médio e longo prazo de políticas climáticas, numa estrutura de contabilidade casada em que os fluxos em valores monetários e físicos (com um foco especial no Balanço Energético) estão em equilíbrio. Esta natureza híbrida do modelo é que nos permite avançar no diálogo e na representação do comportamento de diferentes setores (modelos setoriais) dentro da estrutura de equilíbrio geral do IMACLIM-BR, o que é crucial para uma boa avaliação dos impactos das políticas climáticas.

Para avaliar os efeitos de altas taxas de carbono (ou de metas de redução de emissões bastante restritivas) é necessário ter uma descrição da economia em termos monetários e físicos, de forma a não ser preciso confiar na representação de funções com coeficientes constantes, seja qual for o desvio do cenário de referência, como é de praxe nos modelos de equilíbrio geral tradicionalmente criados para a análise de políticas macroeconômicas de curto prazo (Wills, 2013; Hourcade&Gherzi, 2006). É bastante improvável que a elasticidade de substituição entre capital, trabalho e energia a um preço de carbono de 10 US\$/tCO<sub>2</sub> continue válida para um preço de carbono de 1000 US\$/tCO<sub>2</sub>. Isto vale não só para os setores produtivos, mas também para as funções de demanda, devido às transformações estruturais da economia induzidas pela política climática. Também é de se esperar que em algum horizonte de tempo essas possibilidades de ajuste e substituição possam se esgotar, tanto do lado da demanda quanto da oferta, mais uma vez contrariando a lógica por trás das funções do tipo CES.

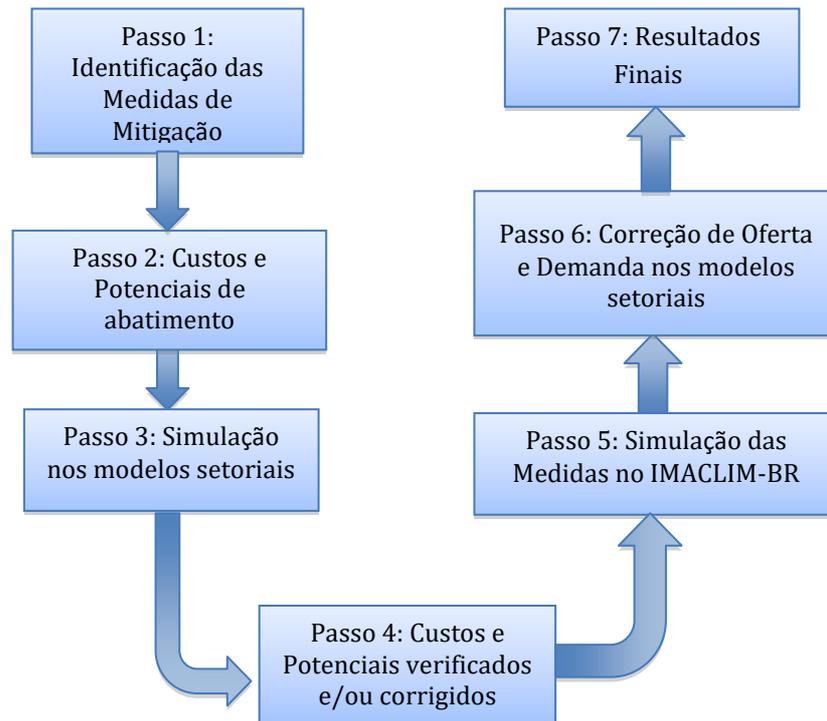
Na abordagem do IMACLIM-BR, a modelagem de diversas fronteiras de produção é possível – estas diferentes fronteiras de produção são consequências de diferentes vetores de preços relativos no longo prazo, apresentando assim um grande avanço em relação às fronteiras de produção estáticas, que são calibradas em dados de diversas décadas no passado e por isso não conseguem representar uma fronteira de produção no futuro de forma adequada.

Com esta lógica em mente, o IMACLIM-BR se utiliza de informações de especialistas e de modelos setoriais (Bottom-Up) para descrever as curvas de possibilidade de inovação relevantes para o presente estudo. A incorporação dessas informações setoriais no modelo IMACLIM-BR se deu através de curvas de custo marginal de abatimento (MACC), e das informações que são necessárias para gerar tais curvas como os fluxos de caixa, investimentos totais no período, substituição de combustíveis, eficiência energética, e outros. Tais informações foram discutidas com os especialistas dos GTs setoriais (Grupos de Trabalho), modeladas nos diferentes modelos BU e então novamente revisadas pelos especialistas dos GTs.

Para cada setor tem-se uma lista das medidas de mitigação que podem ser implementadas até o ano 2030, associando os custos de investimento e operação à troca de combustíveis, redução no consumo de combustíveis ou de outros insumos, e à redução de emissões de GEE, fornecendo então o que pode ser chamado de custo do carbono evitado.

Com estas informações foi possível se alterar no modelo de equilíbrio geral IMACLIM-BR os coeficientes técnicos (Consumo de combustíveis (trocas e redução de consumo), fertilizantes, capital, etc) dos diferentes setores produtivos nos quais medidas de mitigação foram identificadas pelos especialistas. Com isto foi possível chegar a uma descrição detalhada da economia em 2030 após a implementação de todas as medidas de mitigação selecionadas, tanto no cenário MA1 quanto no cenário MA2.

A figura a seguir apresenta o fluxograma de informações entre os modelos e as iterações que foram necessárias para se atingir um alinhamento adequado dos modelos.



**Figura A2.** Fluxograma de informações na integração entre os modelos Setoriais (BU) e o modelo de equilíbrio geral IMACLIM-BR

O primeiro passo foi de identificação das medidas de mitigação disponíveis para cada setor. A partir do conjunto de medidas de mitigação descritas no Low Carbon Study (LCS) (De Gouvello et al, 2009), os diversos especialistas presentes no CEC avaliaram a sua relevância atual, potencial e custos. Os especialistas também puderam sugerir a adição de outras medidas não contempladas no Low Carbon Study, e a retirada de medidas que não são mais adequadas à nossa realidade.

O segundo passo consistiu no trabalho da equipe técnica no sentido de avançar no detalhamento dos custos e potenciais de abatimento de cada medida, segundo a orientação dos especialistas do CEC.

No terceiro passo as medidas de mitigação identificadas (já com custos e potenciais de abatimento definidos) foram inseridas nos modelos setoriais para que seus custos e/ou potenciais de abatimento fossem verificados e eventualmente corrigidos no passo 4.

O quinto passo consistiu na modelagem das medidas de mitigação identificadas no modelo IMACLIM-BR e na simulação dos diferentes cenários de mitigação. Para cada cenário de mitigação o modelo IMACLIM-BR chegou a um equilíbrio macroeconômico diferente, onde os setores produtivos tinham seu nível de atividade alterados. Por exemplo, em cenários onde foram implementadas uma taxa de

carbono, o consumo de combustíveis fósseis diminuiu, fazendo com que a produção dos mesmos também fosse reduzida.

No passo 6, os novos níveis de atividade de cada setor produtivo foram informados aos modelos setoriais, que então foram ajustados para aquela nova realidade macroeconômica, alinhando os níveis de oferta ao nível de demanda, e garantindo alinhamento em volumes físicos entre os diversos modelos setoriais e o modelo de equilíbrio geral IMACLIM-BR.

No passo 7 foi feita a consolidação dos níveis de produção, consumo de combustíveis e emissões de gases de efeito estufa para se chegar aos resultados finais do projeto.

Como as medidas de mitigação identificadas não foram inseridas no IMACLIM-BR em valores absolutos, mas em termos de coeficientes técnicos, o modelo IMACLIM-BR ajusta automaticamente o nível de investimento necessário e também as reduções/trocas nos consumos de combustíveis e outros insumos relevantes segundo a visão dos especialistas, mantendo a consistência entre o nível de atividade de cada setor e o potencial de abatimento de cada medida de mitigação identificada pelos especialistas.

## Referências Bibliográficas

- ARMINGTON, P. S., 1969. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. Staff Papers – International Monetary Fund, Vol. 16, No. 1 (Mar., 1969), pp. 159-178. Palgrave Macmillan Journals on behalf of the International Monetary Fund.
- BLANCHFLOWER, D; OSWALD, A. “*The Wage Curve.*” Cambridge, MA: MIT Press, 1994.
- COMBET, E., GHERSI, F., HOURCADE, J. C., THUBIN, C.. 2010. A Carbon tax and the Risk of Inequity. Working Paper. CIRED, 2010.
- EUROSTAT, 2008. Eurostat Price Statistics. An Overview. Eurostat Statistical Books. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-07356-4.
- GHERSI, Frédéric e Jean-Charles HOURCADE. (2006). “Macroeconomic Consistency Issues in E3 Modeling: The Continued Fable of the Elephant and the Rabbit.” *Hybrid modeling of energy-environment policies: Reconciling Bottom-Up and Top-Down – Special Issue of the Energy Journal.*
- HOURCADE, Jean-Charles; CRASSOUS, Renaud; SASSI, Olivier; GITZ, Vincent; WAISMAN, Henri; GUIVARCH, Céline. “IMACLIM-R: A modeling framework for sustainable development issues”. Working Paper. CIRED, 2006.
- MILLER, R., BLAIR, P., 2009, Input-output analysis: foundations and extensions. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press. Reino Unido.
- PAIVA, C., Trade Elasticities and market expectations in Brazil. International Monetary Fund. Working Paper 03/140.
- SANTOLIN, R., ANTIGO, M. F., 2009. Curvas de salários dinâmicas: Um estudo dos determinantes da histerese do desemprego no Brasil. Texto para Discussão No 368. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2009.
- TOURINHO, O. A. F., SILVA, N. L. C., ALVES, Y. B., 2006. Uma matriz de contabilidade social para o Brasil em 2003. Texto para discussão N° 1242. IPEA. Rio de Janeiro.
- Wills, William., 2013. Modelagem dos Efeitos de Longo Prazo de Políticas de Mitigação de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Economia do Brasil. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, para obtenção do título de Doutor em Ciências do Planejamento Energético.

## Anexo II – Notas técnicas

### **Nota Técnica I: Impacto do Pré-Sal e elasticidades de comércio em modelos de equilíbrio geral computável – Implicações de modelagem para o IMACLIM-BR**

Professor Edson Paulo Domingues – CEDEPLAR/UFMG

#### **Visão geral de questões relativas ao Pré-Sal e seus impactos na economia brasileira**

As descobertas de petróleo e gás natural, em 2007, na chamada “camada de pré-sal” brasileira (que se estendem do litoral do Espírito Santo ao de Santa Catarina) trouxeram novos desafios para o país, uma vez que dado o enorme potencial de reservas, o Brasil se colocaria como exportador líquido de petróleo e derivados. Segundo algumas estimativas, o pré-sal deve dobrar as reservas de petróleo do país para 31 bilhões de barris, apenas considerando a parte já descoberta (EXAME, 2012). De cada três barris de petróleo descobertos no mundo nos últimos cinco anos, um foi descoberto no Brasil, que ainda responde por 63% das descobertas mundiais de petróleo em águas profundas (EXAME, 2012, ANP, 2012). Estima-se que as exportações passariam a aproximadamente 3 milhões de barris por dia em 2030.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP), a demanda de investimentos para o pré-sal deverá superar US\$ 400 bilhões em materiais, sistemas, equipamentos e serviços até 2020 (ANP, 2012). Entre os investimentos já divulgados estão o da Petrobras – que anunciou em seu Plano Negócios (PETROBRAS, 2012), US\$ 142 bilhões de investimentos para o quinquênio 2012-2016 – o Grupo inglês BG, com investimentos previstos de US\$ 30 bilhões e a Repsol YPF com US\$ 14 bilhões (Ernst & Young, 2011).

O Pré-Sal pode ter impactos econômicos significativos, como o aumento da produção, da exportação e de receitas públicas. Surge também a possibilidade de um efeito conhecido na literatura como “maldição dos recursos naturais”. A ideia da maldição dos recursos naturais data dos trabalhos pioneiros da CEPAL (Prebisch, 1949, Singer, 1950, Furtado, 1957), que prediz, em termos gerais, que a abundância dos recursos naturais pode ter um efeito adverso sobre o desenvolvimento do país, pelo seu impacto na desvalorização da taxa de câmbio (via elevação de rendas das exportações) e daí a substituição de produtos domésticos por importados.

Nas últimas décadas, a literatura tem se debruçado sobre este problema (Auty&Gelb, 2001, Sachs & Warner, 1995, Auty, 1990; Gelb, 1986; Stevens, 1986, Corden&Neary, 1982)<sup>22</sup>, sugerindo que existem evidências empíricas de que muitos países abundantes em recursos naturais tendem a crescer mais lentamente do que países similares que não apresentam a mesma dotação de recursos. O principal canal apontado como responsável por este efeito estaria ligado à perda de competitividade dos setores industriais domésticos em razão da apreciação da moeda local, resultado do baixo custo de produtos exportados que trazem receitas expressivas em moeda externa para a economia local.

Esta discussão remonta ao fenômeno ocorrido na Holanda, nos anos 60, quando a descoberta de grandes depósitos de gás natural teve impactos distintos sobre a alocação de recursos da economia do país. Se, por um lado, as exportações proporcionaram um aumento da renda, por outro, a apreciação da moeda, em função da entrada de divisas externas provenientes das vendas do gás, reduziram a competitividade das exportações dos produtos industrializados, redirecionando a especialização para produtos primários intensivos em recursos naturais. Assim, a descoberta provocou um encolhimento do setor manufatureiro como consequência do deslocamento de fatores para a extração de recursos naturais. Este fenômeno ficou conhecido na literatura como “doença holandesa” (Xavier, 2011; Nakahodo&Jank, 2006, Corden, 1984; Corden&Neary, 1982)<sup>23</sup>. Em última instância este fenômeno desencadearia um processo de “desindustrialização”, podendo ser definido como a perda de participação relativa do valor da produção e emprego do setor industrial no total do país (Rowthorn&Ramaswamy,1999, Tregenna, 2009)<sup>24</sup>.

No Brasil, a exploração do Pré-Sal ainda não se iniciou para que um processo similar pudesse ser, eventualmente, identificado. A dinâmica cambial em parte dos anos 2000, fruto na maior parte das vezes do ingresso de capitais estrangeiros, tem levado alguns especialistas a sugerir um fenômeno semelhante. Entretanto, a literatura não é consensual em relação à existência da “doença holandesa” e de um consequente processo de “desindustrialização” no país em decorrência da valorização cambial dos anos 2000. Parte da literatura, a princípio, aborda o processo de desindustrialização como decorrente da abertura comercial, do baixo investimento industrial e das políticas macroeconômicas

---

<sup>22</sup> Uma extensa revisão de literatura sobre o tema pode ser encontrado em Stevens (2003).

<sup>23</sup> A literatura aponta alguns países que supostamente conseguiram evitar a “maldição”, recebendo as “bênçãos” da abundância de recursos naturais. São os casos do Chile (Hojman, 2002), Indonésia (Booth, 1995), Malásia (Rasiah&Shari, 2001) e Noruega (Wright &Czelusta, 2002). Dentre as medidas adotadas por estes países estão políticas cambiais para evitar a apreciação demasiada da taxa de câmbio, políticas de direcionamento das receitas para investimento em atividades produtivas através de fundos de estabilização ou vinculação do fluxo de receitas e incentivo à participação do setor privado nos investimentos (Stevens, 2003).

<sup>24</sup> Conforme explicitado, apesar de serem conexos, os conceitos de “maldição de recursos naturais”, “doença holandesa” e “desindustrialização” na literatura não são idênticos.

adotadas nas décadas de 1980 e 1990 (Marquetti, 2002, Feijó et al, 2005). Novos fatores, contudo, tem intensificado este debate desde 2004, em razão da conjugação da apreciação da moeda brasileira em termos reais, aliada ao aumento expressivo dos preços relativos das principais *commodities* exportadas pelo país, o que tem colocado a possibilidade da ocorrência de efeitos semelhantes aos da “doença holandesa”.

Oreiro & Feijó (2010), Bresser-Pereira & Marconi (2008), Bresser-Pereira (2008) Loures, Oreiro & Passos (2006) e Palma (2005) compartilham da ideia de que há evidências de que a economia brasileira tem apresentado sintomas da doença holandesa, e num sentido mais amplo, de um processo de desindustrialização. Para Palma (2005), a “nova doença holandesa” que teria acometido o Brasil seria provocada por políticas econômicas que acarretaram em perda relativa da indústria no PIB e um retorno a um padrão de especialização baseado em produtos primários extrativos. Bresser-Pereira & Marconi (2008) também corroboram o argumento de que a desindustrialização seria uma implicação da doença holandesa, visto que entre 1992 e 2007, verifica-se um aumento da participação das *commodities* e uma redução da participação dos produtos industriais na pauta de exportações, que passaram inclusive a ter uma contribuição negativa no saldo da balança comercial. Para Oreiro & Feijó (2010, p. 231) “existem sinais não desprezíveis de mudança no padrão de especialização da estrutura produtiva da economia brasileira na direção de atividades intensivas em recursos naturais e de baixo conteúdo tecnológico”.

Argumentos que contestam a tese de doença holandesa ou desindustrialização podem ser encontrados em Nakahodo & Jank (2006), Barros & Pereira (2008), Nassif (2008) e Souza (2009). Conforme Nassif (2008, p.89), não se pode falar que o país tenha a “doença holandesa” ou passado por um processo de desindustrialização porque “não se verificou uma mudança na realocação generalizada de fatores produtivos e no padrão de especialização dos setores com tecnologias intensivas em escala para as indústrias baseadas em recursos naturais e em trabalho”. Em estudo mais recente, que abrange o período de 1999 a 2008, Souza (2009) também não encontra evidências de que o Brasil tenha apresentado os sintomas da doença holandesa.

Com efeito, a hipótese de “doença holandesa” tem sido uma das principais preocupações decorrentes da expansão das exportações de *commodities* no Brasil, e certamente, a descoberta da camada de pré-sal representa um novo elemento a ser considerado na relação entre apreciação cambial, exportações de *commodities* e desindustrialização, especialmente se consideradas as perspectivas quanto à exportação de grande parte da produção de petróleo do pré-sal.

Em pesquisas que envolvem cenários de longo prazo para a economia brasileira, como as políticas de mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa, deve-se levar em conta os potenciais efeitos do Pré-Sal na economia, especialmente aqueles que afetam a composição setorial da economia e o setor externo.

Nesta nota técnica discutimos questões relativas aos impactos de investimentos orientados a exportação, que tanto podem ser o Pré-sal como de outros similares (por exemplo, minério de ferro ou soja). O foco é na questão da modelagem desse fenômeno para a economia brasileira em modelos de equilíbrio geral computável (EGC). Especificadamente, pretende-se discutir questões gerais referentes a especificações e simulações com modelos CGE nesse tema, bem como sugestões de como tratar essas questões no modelo IMACLIM-BR.

### **Revisão da literatura em modelos CGE para situações similares ao Pré-Sal**

A forma de se encontrar na literatura de modelos CGE exemplos para a modelagem dos impactos do Pré-Sal é se buscar os trabalhos que analisaram fenômenos de expansão de exploração de recursos naturais para exportação. A utilização de modelos CGE para questões relacionadas a recursos naturais podem ser divididas em três grupos, segundo a classificação de Devarajan (1988): i) modelos de gestão energética, que enfatizam o papel dos recursos naturais enquanto insumos nos processos produtivos; ii) modelos que analisam a ocorrência da doença holandesa ou os ganhos inesperados de exportações quando o preço dos recursos naturais aumenta; e iii) modelos de exaustão ótima de recursos, ligados tanto a extração, quanto a decisões de investimentos.

Entre os trabalhos que se enquadram no primeiro grupo estão Layet *al.* (2006, 2008) e Zavaleta (2003), ambos analisando a expansão da produção de gás natural na Bolívia (a relação de trabalhos pesquisados e suas principais características podem ser consultadas no Quadro 1).

Zavaleta (2003) utiliza um modelo CGE estático que separa a demanda por recursos naturais (petróleo e gás) dos demais insumos intermediários, mantendo a estrutura de produção do tipo Leontief. Como os recursos naturais estão na base de uma estrutura hierarquizada de Leontief, o aumento na oferta destes recursos afeta diretamente a produção dos setores relacionados na mesma proporção. A construção de cenários alternativos é bastante simples: são feitas diversas simulações com aumento na oferta de recursos naturais em 5, 10, 40, 70 e 100%.

Layet *al.* (2006, 2008) tratam os recursos naturais como fatores primários específicos para os setores de produção de óleo e gás natural, sendo sua oferta de recursos naturais estruturada como uma função positiva dos preços internacionais em relação ao nível de preços geral da economia. Existem seis tipos

de fatores primários: trabalho qualificado; trabalho não qualificado; capital formal; capital informal; terra e recursos naturais. A simulação de aumento dos recursos naturais é realizada em dois períodos: i) no primeiro (1998-2001) aplica-se uma mudança exógena na demanda por investimentos para a exploração de gás natural e construção de gasodutos; ii) a partir de 2001 dois novos choques são simulados, o aumento positivo na oferta de gás natural (com os investimentos retomam os níveis tendenciais anteriores a 1998) e elevação do gasto público (com receitas da exploração de gás natural) aplicado em transferências progressivas, conforme os dados observados nas pesquisas domiciliares.

**Tabela A2.** Modelos CGE com tratamento/choque específicos para recursos naturais

Referência	Tipo de modelo	Recurso Natural Analisado	País	Classificação segundo Devarajan (1988)**
Andersen e Faris (2002, 2004)	Dinâmica recursiva	Gás Natural	Bolívia	(2)
Andersen (2006)	Dinâmica recursiva	Gás Natural	Bolívia	(2)
Andersen <i>et al.</i> (2006)	Dinâmica recursiva	Gás Natural	Bolívia	(2)
Bategeka e Matovu (2011)	Dinâmica recursiva	Petróleo	Uganda	(2)
Böhme <i>et al.</i> (2010)	Dinâmica recursiva	Petróleo	Gana	(2)
Breisinger <i>et al.</i> (2010)	Dinâmica recursiva	Petróleo	Gana	(2)
Ghadimi (2006)	Otimização dinâmica	Petróleo	Irã	(3)
Ghadimi (2007,2008)	Otimização dinâmica	Petróleo e Gás	Oriente Médio*	(3)
Goet <i>et al.</i> (2013)	Dinâmica recursiva	Urânio e Petróleo	Nigéria	(2)
Layet <i>et al.</i> (2006, 2008)	Dinâmica recursiva	Gás Natural	Bolívia	(1)
Rooset <i>et al.</i> (2013)	Dinâmica recursiva	Petróleo	Uganda	(2)
Wiebelt <i>et al.</i> (2011)	Dinâmica recursiva	Petróleo	Uganda	(2)
World Bank (2009)	Não informado	Petróleo	Gana	(2)
Zavaleta (2003)	Estático	Gás Natural	Bolívia	(1)

\* Os artigos tratam de um modelo genérico que poderia ser aplicado para países ricos em petróleo e gás natural do Oriente Médio, porém não foram encontradas aplicações empíricas.

\*\* Legenda:(1) Recursos naturais enquanto insumos primários; (2) Ganhos com as exportações de petróleo; (3) Exaustão ótima dos recursos naturais

Fonte: Elaboração própria

Embora desenvolvidos e aplicados para questões distintas, outros modelos CGE para os quais o tratamento dos recursos naturais recebe atenção especial são o EMPAX – CGE, utilizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Ross *et al.*, 2005) e o modelo desenvolvido pelo MIT (Paltsev *et al.*, 2005), “The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis” (EPPA).

Mesmo sem um tratamento específico para os recursos naturais, são diversas as aplicações de modelos que analisam a ocorrência da “doença holandesa” ou os ganhos inesperados de exportações quando o preço dos recursos naturais exportados aumentam. Entre eles estão: Andersen e Faris (2004); Andersen et al. (2006); Böhme *et al.* (2010); World Bank (2009); Breisinger *et al.* (2010); Bategeka e Matovu (2011); Wiebelt *et al.* (2011); Go *et al.* (2013); Rooset *et al.* (2013).

Os modelos utilizados são de dinâmica recursiva, permitindo o tratamento explícito do tempo e tem por objetivo analisar o impacto econômico de novas descobertas de recursos naturais (gás natural, petróleo e/ou urânio) em países como Bolívia, Gana, Uganda, Nigéria. Em linhas gerais, a simulação considera um cenário sem a descoberta de recursos naturais, e a partir deste são simuladas trajetórias com novos investimentos ou choques de produção em setores relacionados a extração e/ou refino (no caso de derivados do petróleo).

Os modelos seguem a hipótese usual de comércio internacional, conhecida como “hipótese de Armington”, em que bens semelhantes em países distintos são tratados como substitutos imperfeitos (Bergman, 2005). Assim como nos trabalhos do grupo anterior, as importações seguem uma agregação do tipo *Constant Elasticity of Substitution* (CES) de produtos domésticos e importados e as exportações seguem funções *Constant Elasticity of Transformation* (CET) entre domésticos e importados. Logo, a substituição ocorre quando o preço relativo entre o produto nacional e importado varia, considerando a oferta de importados e demanda por exportados infinitamente elástica. Por conseguinte, variações na taxa de câmbio real são obtidas por meio da razão entre preços domésticos e preços dos importados<sup>25</sup>.

Interessados nos efeitos distributivos das exportações de gás natural na Bolívia, Andersen e Faris (2004, 2006), Andersen *et al.* (2006) e Andersen (2006) consideram cinco categorias de trabalhadores (pequenos proprietários rurais; trabalhadores agrícolas não qualificados; trabalhadores não agrícolas não qualificados; trabalhadores urbanos informais; e trabalhadores qualificados) e seis categorias de famílias, definidas de acordo a fonte principal de renda.

Andersen *et al.* (2006) e Andersen (2006) projetam três cenários: o primeiro é o cenário base, em que os níveis de exportação de gás natural são fixados de acordo com os níveis observados em 1998; para o segundo e o terceiro cenário, os níveis de produção do setor de combustíveis fósseis são exógenos para o setor de gás natural, seguindo os contratos negociados de exportações e investimentos planejados no setor. O que diferencia os cenários dois e três são os preços externos do gás natural. No cenário de

---

<sup>25</sup>Vale ressaltar que os modelos CGE normalmente focam o lado real da economia, desta forma, os preços relativos são determinados endogenamente, assim como os preços de fatores e a taxa de câmbio real (Bergman, 2005). Variações nominais podem ser impostas exogenamente, mas não afetam diretamente os resultados.

"baixo preço" o preço externo do gás natural segue a média histórica de \$20 o barril, enquanto no cenário "alto preço" o valor do barril continua subindo e atinge \$70. Por fim, nos dois últimos cenários os gastos públicos com os rendimentos do gás natural são investidos em bens públicos (infraestrutura) e aumentam a produtividade de todos os setores. Andersen *et al.* (2006) acrescentam simulações alternativas para os usos dos rendimentos recebidos pelo governo. Esta é uma característica similar ao destino da receita do governo com o Pré-Sal para educação. O trabalho não supõe nenhum choque na taxa de câmbio nominal, utilizando os mecanismos usuais de preços relativos em modelos CGE.

Enquanto para a Bolívia os impactos de investimentos e produção são considerados relevantes, os autores que avaliam o impacto de descobertas de petróleo em Gana (Böhme *et al.*, 2010 e Breisinger *et al.*, 2010), Uganda (Bategeka e Matovu, 2011) e Nigéria (Goet *et al.*, 2013) assumem que encadeamentos produtivos do setor produtor de petróleo são mínimos, implicando que o boom do petróleo seja modelado simplesmente como um aumento das receitas em divisas para o governo.

Além de um baseline (sem novas descobertas de petróleo), Böhme *et al.* (2010) simula outros seis cenários, considerando que, mantendo todas as demais taxas de impostos fixas, todo o rendimento com o petróleo é alocado para novos investimentos do governo. Cada cenário compõe diferentes alternativas para os spillovers de produtividade, gastos complementares, e dos gastos públicos em infraestrutura. Assume-se ainda um choque na taxa de câmbio real (via alteração na razão entre preço doméstico e importado), decorrentes do aumento das exportações e entrada de divisas.

Também para o caso do Petróleo em Gana, Breisinger *et al.* (2010) considera que investimentos públicos financiados com a receita do Petróleo geram efeitos Hicks-neutros de melhoria na produtividade dos fatores da economia. Além do cenário base, são construídos outros quatro cenários alternativos: i) toda a receita do petróleo é utilizada para investimento público; ii) a receita do petróleo é canalizada para um fundo de poupança do petróleo, com diversas aplicações possíveis, inclusive precaver-se contra choques externos adversos de preços e demanda externa; iii) outros dois cenários com combinações dos dois casos extremos anteriores.

No seu estudo para o petróleo em Uganda, além do baseline sem novas descobertas de petróleo, Bategeka e Matovu (2011) simulam outros cinco cenários que apresentam alternativas para a utilização das receitas do petróleo: i) receita do petróleo não utilizado em atividades; ii) receita de petróleo aplicado a infraestrutura; iii) receita do petróleo aplicada ao setor agrícola; iv) receita do petróleo aplicada em investimentos de capital humano; e v) o aumento da receita do petróleo é convertido em redução de impostos diretos.

Ainda assumindo que a produção de petróleo é basicamente financiada por capital e trabalho estrangeiros, Goet *al.* (2013) avalia os impactos da descoberta e extração de petróleo na Nigéria basicamente na geração de divisas internacionais ao governo, gerando repercussões pela economia como um todo na forma de investimentos públicos. O choque no aumento das divisas afeta diretamente o volume e composição do gasto público, por meio de investimentos em infraestrutura, saúde, educação e pagamentos à administração pública. Parte da renda é destinada às famílias de subsistência agrícola na forma de transferências. Cenários alternativos simulados mostram diferentes padrões de gastos para as receitas do governo.

Para a descoberta de novas jazidas de petróleo na Uganda, Rooset *al.* (2013) utilizam as projeções de investimento do Fundo Monetário Internacional (IMF, 2012) no setor de petróleo do país. As simulações podem ser diferenciadas em dois períodos: i) no curto prazo, tem-se a fase de construção para exploração de novas jazidas de petróleo, com o estoque de capital e salário são fixos; ii) na segunda parte das simulações, assemelhando-se ao longo prazo, permitindo a flexibilidade do estoque de capital e variáveis do mercado de trabalho, considerando ainda o aumento das exportações de petróleo (fase de operação).

Consciente dos impactos limitados dos investimentos em petróleo na Uganda, Wiebeltet *al.* (2011) tratam a mudança na produção por meio do aumento exógeno do estoque de capital do setor de refino de petróleo, financiado por capital externo. São simulados oito cenários alternativos mostrando diferentes composições dos gastos do governo, acompanhados ou não de efeitos sobre a produtividade.

### **3. Simulações do impacto do Pré-Sal no Brasil com modelos CGE**

#### **Modelo dinâmico nacional:**

Valladares (2013) apresentou um modelo CGE nacional para o Brasil, com o qual estimou o impacto da expansão das exportações de petróleo e gás do Pré-Sal. O modelo utilizado possui uma estrutura recursiva bastante comum na literatura, além de hipótese de Armington para as importações e uma curva de demanda por exportações negativamente inclinada.

O experimento consistiu em um choque direto de exportações de petróleo e gás entre 2010 e 2020. Os choques foram calculados como os percentuais de crescimento anual das exportações de petróleo e gás natural necessários à obtenção de volumes de produção do Pré-Sal alinhados com as projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (EPE, 2011). Foram determinados choques uniformes de 25% a.a. nas exportações de produtos oriundos do setor de Petróleo e Gás Natural, ao longo do período 2010-2020. Estes choques de demanda por exportações para a década seguinte (período 2021-2030)

assumiram valores nulos, hipótese que pressupõe a estabilização das exportações nos níveis do último ano da década anterior.

Os resultados do choque do Pré-Sal são um incremento acumulado no PIB brasileiro de cerca de 8% de 2010 a 2030, com a elevação das exportações de 16% e das importações de 18%. Nota-se portanto que não existe um efeito significativo sobre o saldo comercial. A elevação das importações é explicada tanto pelo crescimento da atividade econômica como pelo efeito sobre os preços domésticos (o deflator do PIB acumula cerca de 17% de elevação no mesmo período). O efeito da elevação das exportações de petróleo e gás é contrabalanceado pela redução de exportações de outros produtos, com a elevação média de cerca de 8% no preço das exportações.

### **Modelo global dinâmico (GTAP):**

O modelo do *Global Trade Analysis Project* – GTAP na sua versão de dinâmica recursiva incorpora mobilidade internacional do capital, acumulação de capital e teoria de expectativas adaptativas dos investimentos. Essa versão do GTAP é denominada *GDyn (GTAP-Dynamic)*. O *GDyn* pode ser usado para determinar como mudanças de políticas, dotações, população e tecnologia podem afetar a trajetória das economias ao longo do tempo, com seus efeitos acumulativos explicitamente determinados. Além dos resultados tradicionais produzidos pelo GTAP, de realocação de produção, comércio e preços a nível global, a versão dinâmica permite estimar as alterações na riqueza externa e interna, balanço de pagamentos e nas taxas de crescimento na capital e do investimento. O *GDyn* está documentado em *Ianchovichina&Walmsley (2011)*.<sup>26</sup>

Para esta nota técnica utilizamos os resultados de uma simulação dos impactos da exploração do Pré-sal no Brasil.<sup>27</sup> O modelo *GDyn* é particularmente adequado ao estudo de questões relacionadas a recursos naturais, como petróleo, dado que esse produto é um mercado relevante em termos de comércio bilateral no mundo, e o modelo usa um fator primário no setor denominado de “recurso natural”. Assim, pode-se utilizar uma estratégia de simulação semelhante à dos trabalhos descritos na sessão anterior, com a vantagem de um modelo com dinâmica recursiva e modelagem de pagamentos externos (rendas remetidas ao exterior).

---

<sup>26</sup> Algumas aplicações do GTAP dinâmico foram realizadas, como no estudo da crise financeira no Leste Asiático, sobre o crescimento da China, e a adesão da China à OMC. Sobre o GTAP ver <https://www.gtap.agecon.purdue.edu>. O modelo dinâmico está descrito em <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/models/Dynamic/model.asp>.

<sup>27</sup> O trabalho completo recebeu prêmio de menção honrosa da CNI em 2010, mas ainda não foi publicado.

A ampliação significativa da produção de petróleo e gás no Brasil decorrente do Pré-Sal pode ter impacto no mercado internacional desse produto, tanto em termos de preços como de participação de mercado, com o Brasil se tornando um importante fornecedor internacional nesse mercado. Um modelo global pode tratar explicitamente destes aspectos, uma vantagem em relação a modelos CGE nacionais, nos quais o mercado externo é tomado como exógeno, não respondendo, portanto a choques na economia doméstica.

A estrutura teórica do modelo GTAP é bastante conhecida, seguindo a forma de implementação de inúmeros modelos CGE. Resumidamente, cada setor em cada região do modelo produz um único produto. Os setores produtivos estão sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala, que combina insumos intermediários (domésticos e importados) e um composto de fatores primários, com separabilidade entre estes dois componentes. No modelo existem 5 fatores primários: trabalho qualificado, trabalho não-qualificado, capital, terra e recursos naturais. Trabalho, terra e recursos naturais são fatores primários fixos regionalmente, não podendo se deslocar entre países. A oferta de fator trabalho é determinada exogenamente, a partir de um cenário de crescimento da população em idade ativa. Terra e recursos naturais são fatores produtivos de oferta fixa, cuja disponibilidade é usualmente determinada por taxas históricas de crescimento (no caso da terra, pelo crescimento da área disponível para cultivo, por exemplo).

O modelo especifica mercados mundiais de produtos, de forma que seu equilíbrio é determinado pelas condições de oferta e demanda de todos os países. A demanda por importações de um país é determinada pela sua demanda de insumos importados e de bens consumidos pela demanda final. A demanda final em cada região é representada por um agregado denominado “Regional Household”, que é uma combinação Cobb-Douglas do consumo privado das famílias, da poupança e do gasto do governo. O consumo privado é representado por um agente otimizador governado por uma função de gasto CDE (*constant difference of elasticity*). O consumo do governo segue uma função Cobb-Douglas, o que implica em participações constantes do gasto público em bens e serviços. A poupança é um elemento residual da renda do país e determina o investimento líquido da economia.

Nas simulações do Pré-Sal que realizamos, partimos da utilização de recursos naturais pelo setor de extração de petróleo. A exploração do Pré-Sal foi modelada como uma ampliação de recursos naturais no setor, que assim expande sua produção com a atração de fatores primários (capital e trabalho, uma vez que o insumo terra não é utilizado no setor) e insumos intermediários. Esta demanda induzida traz impactos positivos (elevação da produção, redução de preços e aumento das exportações de petróleo) e repercussões em outros mercados, como a elevação de preços de insumos e de fatores na economia

brasileira. Essa elevação de custos de produção tende a diminuir as exportações de outros produtos e também a substituição da produção doméstica por importações (efeito de preços relativos domésticos mais elevados). Estes efeitos tendem a diminuir o efeito das receitas de exportações no saldo comercial, pois o efeito de elevação de importações tende a ser negativo. Além deste efeito, o *GDyn* captura a necessidade de pagamento de rendas externas decorrentes do investimento do Pré-Sal, como será discutido a diante.

#### **Fluxos de financiamento internacional no *GDyn*:**

Uma das inovações do *GDyn* é sua especificação do investimento e dos fluxos de renda associados aos ativos financeiros. O modelo distingue entre ativos físicos e financeiros, e neste último entre domésticos e estrangeiros. A modelagem permite determinar a acumulação de capital e de ativos de cada economia nacional, e dos ativos e passivos das firmas e famílias em cada região. A teoria de investimento em cada região se caracteriza por expectativas adaptativas, na qual os desvios entre taxas esperadas e efetivas de retorno são corrigidos ao longo do tempo pelo deslocamento do investimento e mobilidade internacional do capital.

A mobilidade internacional do capital é uma nova característica do *GDyn*, o que implica na necessidade do tratamento dos fluxos internacionais de rendimentos. Um fenômeno ou política que atrai investimento/capital para um país, como por exemplo o Pré-Sal, pode ter um forte impacto sobre o Produto Interno Bruto, mas se este investimento é financiado no exterior (dado observado na base de dados do modelo para o caso do Brasil), seu impacto sobre o Produto Nacional Bruto e a Renda Nacional será muito mais fraco.

A distinção no modelo entre propriedade e localização dos ativos permite que a renda gerada pelos ativos em uma região seja dissociada dos agentes (firmas ou famílias) localizados na região. No caso do Pré-Sal, modelamos o investimento ao longo de 10 anos, financiado pelo menos parcialmente no exterior e, portanto, um fluxo futuro de pagamentos de rendimentos externos que irá produzir impactos sobre a balança de pagamentos e os preços relativos da economia, com impacto também sobre o saldo comercial.

Os mecanismos de ajustamento descritos acima requerem um amplo conjunto de parâmetros que governam a mobilidade internacional do capital e os mecanismos de ajustamento defasado das taxas de retorno e do investimento. Gollub e McDougall (2011) apresentam os dados e o procedimento econométrico utilizado na calibragem destes parâmetros.

Na montagem da estrutura de choques do Pré-Sal, adotamos um aumento de recursos naturais no setor de extração de petróleo e de gás natural do modelo GDyn. Este choque é definido com base nas projeções da produção física doméstica de petróleo e gás natural para o período de 2010 a 2020, disponibilizadas pelo “Plano Decenal de Expansão de Energia 2020” (EPE, 2011). Este período corresponde às projeções acerca da diferença na produção física de petróleo e gás natural com e sem o Pré-Sal, como mostra a Figura 6.

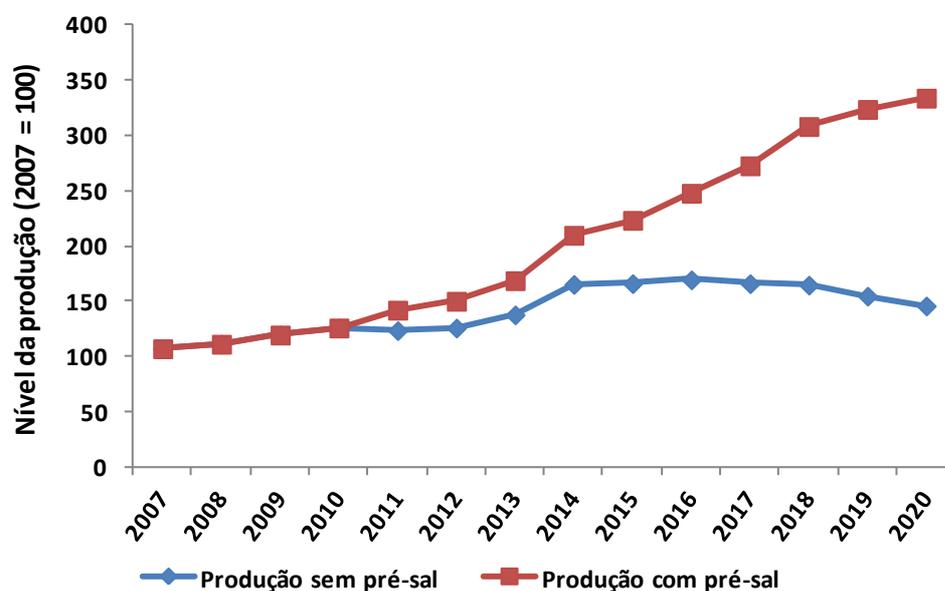
### **Resultados das simulações:**

A partir desses prognósticos de crescimento anual da produção, o choque de recurso natural foi definido como o necessário para o crescimento da oferta nos dois setores para se atingir o crescimento adicional de produção do Pré-Sal. Assim, para se ter um crescimento adicional de 128% na produção de petróleo em 2020<sup>28</sup>, em decorrência da exploração da camada de pré-sal, seria necessário, de acordo com o modelo, choque uniforme de 8% a.a. na oferta de recursos naturais do setor de 2010 a 2020. Este mesmo cálculo foi realizado para o setor de gás natural, no qual a projeção de 159% de produção adicional equivale, de acordo com o modelo GDyn, a uma elevação de recursos naturais no setor de 9.5% a.a. Esta configuração da estrutura de choques permite que as principais variáveis macroeconômicas e setoriais (como o investimento e o capital) sejam determinadas endogenamente pelo modelo.<sup>29</sup> Adotamos a hipótese de que a exploração do Pré-Sal se inicia em 2010 e a taxa de crescimento da produção cresce progressivamente até atingir a taxa de crescimento definida pelo PDEE em 2020.

---

<sup>28</sup> Projeção calculada com base nos dados do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.

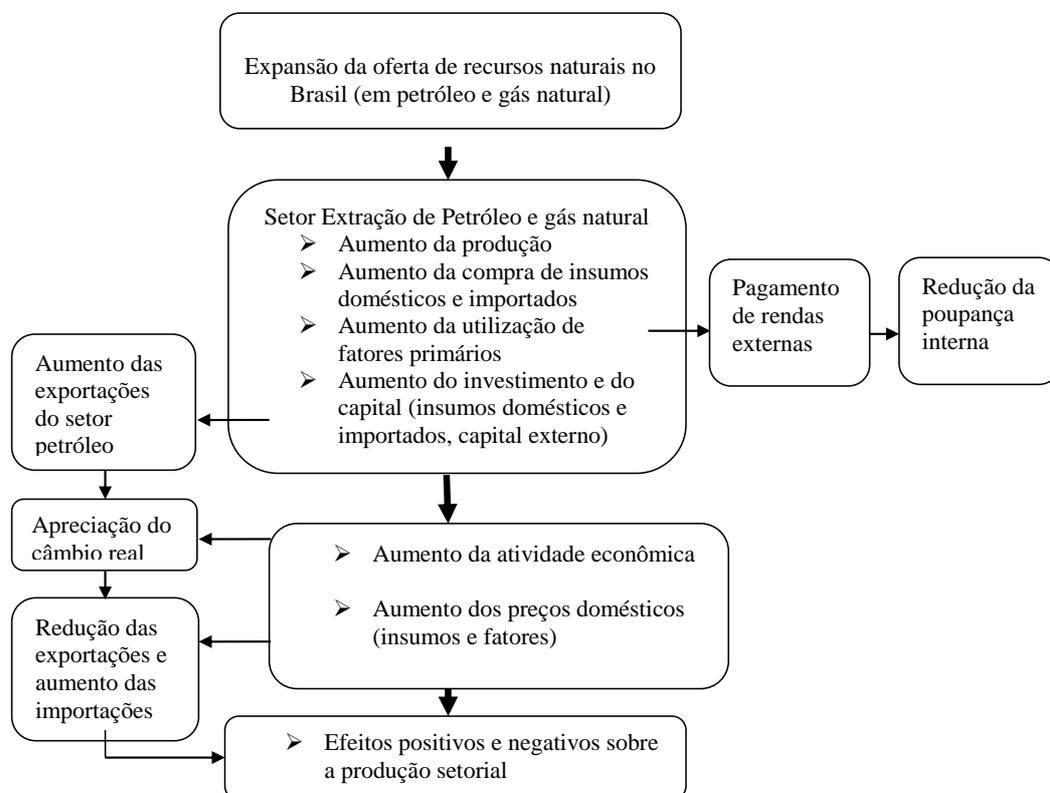
<sup>29</sup> Em termos de simulação, o procedimento é tornar a variável de produção de petróleo exógena e o recurso natural do setor endógeno. Então o choque de produção é aplicado na taxa estabelecida pelo PDEE, e a variação de recurso natural no setor se expande de forma a atender a essa taxa.



Fonte: Plano Decenal de Energia 2020 (EPE, 2011).

**Figura A3.** Evolução do nível de produção de petróleo e gás natural no Brasil (2007 = 100)

Com base no arcabouço teórico e na estrutura da base de dados do modelo, o aumento da oferta de recursos naturais em um setor específico, e o aumento da produção e exportação, tem repercussões sobre a economia nacional e global. Uma interpretação gráfica dos mecanismos de causalidade e impactos nas simulações com o GDyn pode ser visualizada na Figura 7. Os efeitos sobre as importações são determinados em boa parte pelo valor das elasticidades de Armington empregadas. Como as exportações do país são as importações de outros países, estas elasticidades também determinam o efeito negativo da elevação do custo doméstico sobre as exportações. Num modelo global como o GTAP não se utilizam elasticidades de exportações.



Fonte: Elaboração própria.

**Figura A4.** Principais mecanismos de causalidade para interpretação dos efeitos da expansão da exploração do Pré-Sal no Brasil

**Tabela A3.** Impactos econômicos decorrentes do Pré-Sal no Brasil: variação percentual real acumulada em relação ao cenário base

Ano	PIB	Investimento	Exportações	Importações	Renda Enviada ao Exterior
2010	0,1	0,3	0,6	0,4	0,4
2011	0,3	0,6	1,5	1,0	1,0
2012	0,4	1,0	2,6	2,0	1,7
2013	0,7	1,5	3,8	3,0	2,7
2014	1,0	2,0	5,1	4,5	3,8
2015	1,4	2,6	6,7	6,2	5,2
2016	1,9	3,3	8,6	8,2	6,8
2017	2,5	4,0	10,9	10,6	8,6
2018	3,1	4,7	13,5	13,3	10,7
2019	3,9	5,5	16,4	16,3	13,0
2020	4,8	6,2	19,7	19,5	15,5

Fonte: Elaboração própria a partir de simulações com o modelo GDyn.

Os resultados devem ser lidos como o desvio acumulado em relação ao cenário base ao longo do período de análise (2010 a 2020), ou seja, representa o efeito adicional do Pré-Sal sobre a economia em relação ao cenário base. Uma das vantagens de um modelo dinâmico é a visualização da trajetória de crescimento de cada variável ao longo do período. Os resultados mostram um impacto acumulado adicional de 4.8% sobre o PIB real em 2020 em decorrência do Pré-Sal, um resultado expressivo dado o lento crescimento da economia brasileira no período recente.

O resultado de crescimento do PIB se associa ao aumento acumulado do investimento e das exportações (6,2% e 19,7% em 2020, respectivamente), obviamente favorecidos pela expansão da produção dos setores de extração de petróleo e de gás natural, que estimula o investimento e as exportações desses setores. Tanto as exportações como importações são impactadas ao longo do período a taxas semelhantes. Tanto a mudança de preços relativos como o ajustamento das rendas enviadas ao exterior explicam o equilíbrio relativo de exportações e importações no cenário de impacto do Pré-Sal.

Na verdade, a teoria do GDyn impõe que os desvios no balanço de pagamentos decorrentes de investimentos financiados no exterior se equalizem no longo prazo, impedindo que qualquer região do modelo acumule reservas ou rendas externas acima do nível verificado no cenário base. Assim, o saldo comercial fica determinado pelo comportamento do balanço de pagamentos, de forma que o efeito das exportações do Pré-sal no saldo comercial desapareça no longo prazo, pela elevação de importações. Os resultados da Tabela 1 mostram que o impacto nas exportações é 1,5 vezes maior que sobre as importações no primeiro período (2010). Essa diferença vai diminuindo ao longo do tempo, em 2020 (último período de simulação) o efeito acumulado sobre exportações e importações é praticamente idêntico.

Os mecanismos de acumulação de renda e pagamentos externos do modelo permitem também avaliar a ampliação dos fluxos de riqueza remetidos ao exterior pelo Brasil, como mostra o resultado da Renda Enviada ao Exterior. Assim, a ampliação da produção e exportação de Petróleo pelo Brasil tem impactos positivos sobre o PIB, Investimento e Estoque de Capital, mas também amplia o montante de rendas enviadas ao exterior.

### **Sugestões de modelagem para IMACLIM-BR:**

#### **Desenho de simulação para inclusão do Pré-Sal:**

A revisão da literatura em modelos CGE aplicados ao tema mostrou algumas similaridades:

- Choques em fatores primários para desencadear o aumento da produção e das exportações; renda com exportações destinada a gastos públicos ou transferências;
- Choques diretamente na produção e desencadeamento endógeno de exportações;
- Cenários com vários patamares de preços para o produto com choque de exportações, de forma a se estimar diversos níveis de receita com exportações. Essa receita é direcionada para gasto público ou investimento em infraestrutura. No caso deste último, alguns autores associam ganhos de produtividade.
- Diversas alternativas de destino da receita com exportações do produto que sofre o choque de produção-exportação: redução de impostos diretos, investimento em capital humano, infraestrutura, investimento setorial (e.g agrícola).

Em nenhum dos trabalhos revisados há tentativa de modelar diretamente o efeito das exportações sobre a taxa nominal de câmbio. O que se justifica, pois modelos CGE são usualmente modelos para “economias reais” onde inexistente mercado cambial ou monetário. Nesses modelos, que utilizam algum preço como numerário e tomam os preços das importações como exógenos (em modelos nacionais), a própria variação dos preços domésticos significa uma variação na taxa real de câmbio. Nas referências consultadas, os autores consideram que os mecanismos usuais de preços relativos e substituição de Armington sejam suficientes para simular o efeito desse tipo de fenômeno (expansão de exportações associadas à exploração de recurso natural).

O que se discute e se modela na literatura de EGC é a utilização da receita com as exportações; no caso de seu controle direto pelo governo esta pode ser direcionada para diversos fins. Nesses casos, seja para investimento público ou gasto do governo, o efeito de elevação da demanda doméstica torna-se suficiente para elevar as importações e tornar o efeito sobre o saldo comercial muito pequeno. Este efeito, entretanto, dependerá dos valores de elasticidades empregados.

Na simulação apresentada com o modelo GDyn, mostramos como a especificação financeira do modelo gera um mecanismo que elimina o efeito positivo sobre o saldo comercial ao longo do tempo. Essa especificação encontra-se bem detalhada na literatura, e pode ser replicada no IMACLIM-BR. A simulação do Pré-Sal reportada em Valladares (2013) utiliza um modelo CGE padrão, e também não encontra efeitos significativos sobre o saldo comercial no longo prazo. Assim, uma indicação para a

modelagem do Pré-Sal no IMACLIM-BR seria a utilização de choques de produção ou exportações, e se observar os efeitos sobre as importações. Esse efeito deriva das elasticidades de Armington utilizadas. Sugerimos que essa parametrização imponha valores altos para o efeito sobre o saldo comercial ser relativamente pequeno, como o encontrado na maioria dos trabalhos. Segue uma avaliação sobre elasticidades de comércio utilizadas em modelos CGE.

### **Calibragem das elasticidades de comércio internacional:**

O IMACLIM-BR utiliza uma especificação padrão de Armington para o comércio externo, no que tange a substituição de bens domésticos e importados, considerando-os substitutos imperfeitos na demanda (Armington, 1969)<sup>30</sup>. Como é um modelo nacional, o IMACLIM-BR utiliza também uma parametrização de elasticidade-preço da demanda por exportações. Como mostrado acima, estes parâmetros são importantes para a simulação dos impactos de fenômenos como o Pré-Sal, pois determinam tanto a resposta das exportações como a das importações.

As tentativas de estimação dos parâmetros de comércio internacional são muitas, utilizando técnicas utilizando desde técnicas de séries temporais, a métodos mais simplificados de análise *cross-section*. No primeiro grupo destacam-se estimativas que utilizam análise de co-integração, utilizada por Gallaway *et al.* (2003) para dados mensais de comércio dos Estados Unidos em 309 indústrias; por Welsch (2006) em dados anuais da França e novamente Welsch (2006) para países da Europa. Combinando co-interação e outras técnicas de séries temporais Tourinho *et al.* (2007) estima parâmetros para o Brasil com dados trimestrais entre 1986 e 2002). De porte de dados em painel, Némethet *al.* (2011) utilizam técnicas de painel dinâmico para dados anuais de países da Europa entre 1995 e 2005.

Devido à falta de longas séries compatíveis, outros autores optam por estimar o parâmetro de Armington utilizando variações *cross-section* e aplicando Mínimos Quadrados Ordinários, como em Hertelet *al.* (2007) para diversos países com a desagregação setorial do GTAP; e Kume e Piani (2013) para 42 setores da matriz insumo-produto brasileira de 2005.

O Anexo 1 reporta as elasticidades de Armington para diversos modelos, tanto globais como nacionais (para o Brasil). Sugere-se que estas sejam mapeadas para os produtos do IMACLIM-BR, com base na descrição mais próxima dos produtos. Eventualmente, a matriz de insumo-produto pode ser agregada para a composição setorial do IMACLIM-BR, e o método de Kume e Piani (2013) ser replicado.

---

<sup>30</sup> Para uma comparação entre o modelo de Armington e teorias modernas de comércio internacional, Dixon *et al.* (2013) apresentam novas evidências a favor da simplicidade do modelo de Armington.

## Referências bibliográficas

- ADAMS, P.; PARMENTER, B. *Economic forecasting*. Sydney: Allen and Unwin Academic., 2000.
- ANDERSEN, L. E. *How Best to Use the Extraordinary Hydrocarbon Revenues in Bolivia: Results from a Computable General Equilibrium Model*. Institute for Advanced Development Studies, 2006. (Working Paper No. 14/2006)
- ANDERSEN, L. E.; CARO, J.; FARIS, R.; MEDINACELI, M. *Natural Gas and Inequality in Bolivia after Nationalization*. Institute for Advanced Development Studies, 2006. (Working Paper No. 05/2006)
- ANDERSEN, L. E.; FARIS, R. *Natural Gas and Income Distribution in Bolivia*. Andean Competitiveness Center for International Development. Harvard University. February, 2002 (Working Paper)
- ANDERSEN, L. E.; FARIS, R. Natural Gas and Inequality in Bolivia. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico* 2 (2004): 57-90.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. *Pré-sal demanda US\$ 400 bilhões até 2020* (09/05/2012). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=60260&m=pr%E9-sal&t1=&t2=pr%E9-sal&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1344963737539>. Acesso em 14/08/12.
- ARMINGTON, P. S. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, v. 16, n. 1, p. 159-178, 1969.
- AUTY, R. M. *Resource-based industrialisation: sowing the oil in eight exporting countries*. Oxford: Clarendon Press, 1990.
- AUTY, R.M.; GELB, A.H. Political Economy of Resource-Abundant States. In: AUTY, R.M. (Org.). *Resource Abundance and Economic Development*. New York: Oxford University Press, 2001.
- BARROS, O.; PEREIRA, R. R. Desmistificando a tese de desindustrialização: reestruturação da indústria brasileira em uma época de transformações globais. In: BARROS, O.; GIAMBIAGI, F. (Org.). *Brasil Globalizado: o Brasil em um mundo surpreendente*. Editora Elsevier, 2008, p. 299-330.
- BATEGEKA, L. N.; MATOVU, J. *Oil wealth and potential Dutch Disease effects in Uganda*. Economic Policy Research Centre, 2011.
- BERGMAN, L. CGE modeling of environmental policy and resource management. In: Mäler, K., Vincent, J. R. (eds). *Handbook of environmental economics*. Elsevier, v. 3. pp. 1273-1306, 2005.
- BÖHME, M; BREISINGER, C.; SCHWEICKERT, R.; WIEBELT, M. *Oil revenues for public investment in Africa: targeting urban or rural areas?* The Kiel Institute for the World Economy: Duesternbrooker, 2010. (Kiel working paper No. 1623)
- BONE, R. B. Mudanças nas regras do conteúdo local nas licitações do setor petrolífero e os reflexos na contratação de fornecedores domésticos da Petrobras. In: DE NEGRI, J. A. et al. (Org.). *Poder de compra da Petrobras: impactos econômicos nos seus fornecedores*. Brasília: Ipea, 2011.
- BONNELLI, R; PESSOA, S. A. *Desindustrialização no Brasil: Um Resumo da Evidência*. FGV: Texto para Discussão n. 7, 2010.
- BOOTH, A. The state and the economy in Indonesia in the nineteenth and twentieth century. In: Harris J, Hunter, J and Lewis C M (Eds). *The new institutional economics and third world development*. Routledge, London, 1995.

- BP – *British Petroleum Statistical Review of World Energy June 2012*. Disponível em: <<http://www.bp.com>>. (Acesso em Junho de 2012).
- BREISINGER, C., DIAO, X. SCHWEICKERT, R.; WIEBELT, M. Managing Future Oil Revenues in Ghana: An Assessment of Alternative Allocation Options. *African Development Review*, v. 22, n. 2, pp. 303-315, 2010.
- BRESSER-PEREIRA, L.C. The Dutch Disease and Its Neutralization: a Ricardian Approach. *Revista de Economia Política*, v. 28, n.1, 2008.
- BRESSER-PEREIRA, L.C; MARCONI, N. *Existe doença holandesa no Brasil?* Anais do IV Fórum de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas: São Paulo, 2008.
- CORDEN, W. M. Booming sector and Dutch disease economics: survey and consolidation. *Oxford Economic Papers*, 36 (3): 359-380, 1984.
- CORDEN, W. M.; NEARY, J. P. Booming sector and de-industrialization in a small open economy. *Economic Journal*, 92 (368): 825-848, 1982.
- DEVARAJAN, S. Natural Resources and Taxation in Computable General Equilibrium Models of Developing Countries. *Journal of Policy Modeling*, v. 10, n.4, pp. 505-528, 1988.
- DIXON, P. B.; JERIE, M.; RIMMER, M. T. *Modern trade theory for CGE modelling: the Armington, Krugman and Melitz models*. Institute for Applied International Trade, 2013.
- EPE -Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*, Brasília: MME/EPE, 2011.
- ERNST & YOUNG TERGO. *Brasil sustentável: perspectivas dos mercados de petróleo, etanol e gás*. Ernst & Young/FGV. Rio de Janeiro, 2011.
- EXAME – Revista Exame. *Pré-Sal e a nova economia brasileira*. Edição 1019, ano 46, n. 12, 2012.
- FEIJÓ, C.A; CARVALHO, P.G; ALMEIDA, J.S.G. *Ocorreu uma desindustrialização no Brasil?* São Paulo: IEDI, Nov., 2005.
- FIGUEIREDO, A. M. R.; FERREIRA, A. V.; TEIXEIRA, E. C. Impactos da integração econômica nas commodities da economia brasileira e da União Européia. *Revista Brasileira de Economia*, v.55, n.1, p.77-106. 2001.
- FURTADO, C. (1957 [2008]) O desenvolvimento recente da Venezuela. In: Celso Furtado *Ensaios sobre a Venezuela*, Rio de Janeiro: Contraponto e Centro Celso Furtado: 35-118, 2008.
- GALLAWAY, M.P.; MCDANIEL, C.A.; RIVERA, S.A. Short-run and long-run industry-level estimates of US Armington elasticities. *North American Journal of Economics and Finance*, v.14, pp. 49–68, 2003.
- GELB, A.H. *Oil Windfalls: Blessing or Curse?* Oxford: Oxford University Press, 1988.
- GHADIMI, H. A. *Dynamic CGE Analysis of Exhaustible Resources: The Case of an Oil Exporting Developing Country*. Regional Research Institute, West Virginia University Morgantown, 2006. (Research paper 2006-7)
- GHADIMI, H. *Energy in a resource-based regional economy: A dynamic general equilibrium analysis*. In: 47th Annual Western Regional Science Association Meeting Waikoloa: Hawaii. 2008.
- GHADIMI, H. *Global Impact of Energy Use in Middle East Oil Economies: A Modeling Framework for Analyzing Technology-Energy-Environment-Economy Chain*. Southern Regional Science Association: Charleston, 2007. (Research Paper No. 200705)

- GO, D. S.; ROBINSON, S.; THIERFELDER, K.; UTZ, R. J. *Dutch Disease and Spending Strategies in a Resource-Rich Low-Income Country--the Case of Niger*. World Bank, 2013. (Policy Research Working Paper 6691)
- GOLUB, A.; McDOUGALL, R. A. An overview of the dynamic GTAP data base: the data base construction and aggregation programs. In: IANCHOVICHINA, E.; T. WALMSLEY. *Dynamic Modeling and Applications in Global Economic Analysis*, Cambridge University Press, 2011.
- GURGEL, A. C. Impactos da liberalização comercial de produtos do agronegócio na Rodada de Doha. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, Jun. 2006.
- HERTEL, T. W. *Global Trade Analysis: modeling and applications*. New York: Cambridge University Press. 1997.
- HERTEL, T.; HUMMELS, D.; IVANIC, M.; KEENEY, R. How confident can we be of CGE-based assessments of free trade agreements? *Economic Modelling*, v.24, n. 4, pp. 611-635, 2007.
- HOJMAN, D. E. The political economy of Chile's fast growth: an Olsonian interpretation. *Public Choice*, 111, 2002.
- HUGHES, G. A. A new method for estimating the effects of fuel taxes: an application to Thailand. *The World Bank Economic Review*, v.1, n. 1, pp. 65-101, 1986.
- IANCHOVICHINA, E.; T. WALMSLEY. *Dynamic Modeling and Applications in Global Economic Analysis*. Cambridge University Press, 2011.
- INTERNATIONAL MONETARY FUND. Uganda: *Fourth review under the policy support instrument and request for modification of assessment criteria*. Staff report, International Monetary Fund, 2012.
- KUME, H, PIANI, G. Elasticidades de substituição das importações no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 17, n. 3, pp; 423-451, 2013.
- LAY, J.; THIELE, R; WIEBELT, M. *Resource booms, inequality, and poverty: The case of gas in Bolivia*. The Kiel Institute for the World Economy: Duesternbrooker, 2006. (Kiel Working Paper No. 1287)
- LAY, J.; THIELE, R; WIEBELT, M. Resource booms, inequality, and poverty: The case of gas in Bolivia. *Review of Income and Wealth*, v. 54, no. 3, pp. 407-437, 2008.
- LOURES, R.R; OREIRO, J.L; PASSOS, C.A.K. Desindustrialização: a crônica da servidão consentida. *Economia e Tecnologia*, ano 2, v. 4., 2006.
- MAGALHÃES, A.S. *Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa*. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- MARQUETTI, A. Progresso Técnico, Distribuição e Crescimento na Economia Brasileira: 1955-1998. *Estudos Econômicos*, Vol. 32, N.1, 2002.
- NAKAHODO, S. N. & JANK, M. S. *A falácia da doença holandesa*. Documento de Pesquisa. São Paulo: Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais. Mimeo, 2006.
- NASSIF, A. Há Evidências de Desindustrialização no Brasil? *Revista de Economia Política*, v. 28, n.1, 2008.

- NÉMETH, G., SZABÓ, L.; CISCAR, J. Estimation of Armington elasticities in a CGE economy–energy–environment model for Europe. *Economic Modelling*, v. 28, n. 4, pp. 1993-1999, 2011.
- OLIVEIRA, S. J. M.; FERREIRA FILHO, J. B. S. A expansão da União Européia em 2004 e seus impactos no agronegócio brasileiro. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 46, n. 4, Dez. 2008 .
- OREIRO, J.L.; FEIJÓ, C. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. *Revista de Economia Política*, Vol.30, n.2, 2010.
- PALMA, G. *Quatro fontes de desindustrialização e um novo conceito de doença holandesa*. Conferência de Industrialização, Desindustrialização e Desenvolvimento, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Ago, 2005.
- PALTSEV, S.; REILLY, J. M.; JACOBY, H. D.; ECKAUS, R. S.; MCFARLAND, J. R.; SAROFIM, M. C.; ASADOORIAN, M. O.; BABIKER, M. H. The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) model: version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, 2005.
- PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. *Plano de Negócios 2012-2012*. Rio de Janeiro, 2012.
- PREBISCH, R. El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. In: *Estudio económico de América Latina*. Santiago do Chile: CEPAL, 1949.
- RASIAH, R.; SHARI, I. Market, government and Malaysia's new economic policy. Cambridge, *Journal of Economics*, n. 25, 2001.
- ROOS, E.L.; ADAMS, P.D.; HEERDEN, J.H. VAN. The economic impacts of a newly discovered oil in Uganda, using a recursive dynamic CGE model. In: 6th Annual Conference on Global Economic Analysis, Shanghai, China, 2013.
- ROSS, M. T; BEACH, R. H.; DEPRO, B. M.; MURRAY, B. C. EMPAX-CGE Model Documentation, 2005.
- ROWTHORN, R.; RAMASWANY, R. Growth, *Trade and Deindustrialization*. IMF Staff Papers, v. 46, n.1, 1999.
- SACHS, J.; WARNER, A.M. Natural Resource Abundance and Economic Growth. *NBER Working Paper* nº 5398, 1995.
- SINGER, H. W. The distribution of gains between investing and borrowing countries. *The American Economic Review*, v. 40, n. 2, p. 473-485, 1950
- SOUZA, C. R. S. *O Brasil pegou a doença holandesa?* Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-18122009-092539/publico/Cristiano\\_Ricardo\\_Siqueira\\_Souza.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-18122009-092539/publico/Cristiano_Ricardo_Siqueira_Souza.pdf). (Acesso em Abril de 2012).
- STEVENS P. *Resource impact – A curse or a blessing?: A literature survey*. CEPMLP Electronic Journal, 2003.
- STEVENS, P The impact of oil on the role of the state in economic development: a case study of the Arab world. *Arab Affairs* v.1 n.1, 1986.
- TOURINHO, F., KUME, H; PEDROSO, A. C. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. *Revista Brasileira de Economia*, v. 61, n. 2, pp. 245-267, 2007.
- TREGENNA, F. Characterizing deindustrialization: an analysis of changes in manufacturing employment and output internationally. *Cambridge Journal of Economics*, v. 33, 2009.

VALLADARES, L. M. Efeitos econômicos da expansão da oferta de petróleo e gás natural provenientes do Pré-Sal brasileiro. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

WELSCH, H. Armingtonelasticities and induced intra-industry specialization: the case of France 1970–1997. *Economic Modelling*, v.23, pp. 556–567, 2006.

WELSCH, H. Armingtonelasticities for energy policy modeling: Evidence from four European countries. *Energy Economics*, v.30, n. 5, pp. 2252-2264, 2008.

WIEBELT, M.; PAUW, K.; MATOVU, J. M.; TWIMUKYE, E.; BENSON, T. Managing Future Oil Revenue in Uganda for Agricultural Development and Poverty Reduction. International Food Policy Research Institute, 2011. (IFPRI Discussion Paper 01122)

WORLD BANK. Economy-wide impact of oil discovery in Ghana. World Bank, 2009. (Report No. 47321-GH)

WRIGHT, G.; CZELUTSA, J. “Resource-based economic growth, past and present”, Stanford University, 2002.

XAVIER, C. Políticas de conteúdo local para o setor petrolífero brasileiro: aumentando o impacto econômico dos recursos minerais. In: DE NEGRI, J. A. et al. (Org.). *Poder de compra da Petrobras: impactos econômicos nos seus fornecedores*. Brasília: Ipea, 2011.

ZAVALETA, D. Modeling the economic effects of a natural resource boom in general equilibrium: The Bolivian case. Univ. de Genève Département d'économétrie, 2003.

## Anexo 1 – Elasticidades de substituição e de exportações utilizadas em alguns modelos CGE

**Tabela A4.** Comparação das elasticidades de substituição entre bens domésticos e importados

Setor	Tourinho et al. (2007)	USITC*	GTAP*
Outros produtos alimentares e bebidas	3,59	4,20	2,20
Têxtil	3,36	2,30	2,20
Indústrias diversas	2,42	1,70	2,80
Artigos do vestuário e acessórios	2,23	2,00	4,40
Borracha	2,16	2,00	1,90
Abate e preparação de carnes	2,03	2,70	2,20
Madeira e Mobiliário	1,86	2,80	2,80
Máquinas e tratores	1,78	2,20	2,80
Material plástico	1,75	2,00	1,90
Outros produtos metalúrgicos	1,50	4,10	2,80
Leite e laticínios	1,47	5,00	2,20
Automóveis, caminhões e ônibus	1,43	2,70	5,20
Benef. de produtos de origem vegetal, fumo	1,18	3,50	3,10
Refino do petróleo e petroquímica	1,18	2,50	1,90
Papel e gráfica	1,01	3,90	1,80
Metalurgia dos não ferrosos	0,98	4,40	2,80
Minerais não metálicos	0,75	2,50	2,80
Óleos vegetais e gordura	0,61	5,00	2,20
Siderurgia	0,57	4,10	2,80
Outros veículos, peças e acessórios	0,41	2,70	5,20
Farmacêuticos e perfumaria	0,40	2,00	1,90
Material elétrico	0,36	2,20	2,80
Petróleo, gás natural, carvão	0,27	2,80	2,80
Equipamentos eletrônicos	0,16	2,60	2,80
Químicos não petroquímicos	0,00	2,00	1,90
Químicos diversos	0,00	2,00	1,90
Calçados, couro e peles	0,00	1,70	4,40
Extrativa Mineral	-1,34	2,00	2,80

\* Donnelly (2004) *apud* Tourinho et al. (2007)

Fonte: Tourinho et al. (2007)

**Figura A5.** Estimativa da elasticidade de substituição entre bens domésticos e importados para o Brasil, por setor da matriz de insumo-produto, ano base 2005

Código	Setor	Todas as observações (a)	Exclui observações atípicas (b)	Exclui observações atípicas, por setor (c)
101	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	5,7***	5,8***	6,0
102	Pecuária e pesca	3,0***	5,5***	5,0
201	Petróleo e gás natural	0,2 (ns)	ne	0,2 (ns)
202	Minério de ferro	2,9 (ns)	ne	ne
203	Outros produtos extrativos	4,1***	4,5***	4,8***
301	Alimentos e bebidas	4,1***	6,2***	6,0***
302	Produtos do fumo	5,4***	6,8***	6,6***
303	Têxteis	4,6***	7,1***	7,0***
304	Artigos do vestuário e acessórios	4,8***	5,7***	5,6***
305	Artefatos de couro e calçados	5,0***	6,0***	6,0***
306	Produtos de madeira	4,0***	5,0***	5,0***
307	Celulose e produtos de papel	4,2***	6,4***	6,3***
308	Jornais, revistas, discos	3,6***	5,1***	5,0***
309	Refino de petróleo e coque	6,5***	6,3***	7,4***
310	Álcool	3,3 (ns)	3,3 (ns)	6,9 (ns)
311	Produtos químicos	4,9***	7,2***	7,1***
312	Fabricação de resina e elastômeros	5,3***	7,2***	7,1***
313	Produtos farmacêuticos	7,8***	8,6***	8,6***
314	Defensivos agrícolas	10,0***	12,2***	13,7***
315	Perfumaria, higiene e limpeza	4,5***	5,5***	5,4***
316	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	4,4***	6,3***	6,3***
317	Produtos e preparados químicos diversos	5,2***	6,9***	6,7***
318	Artigos de borracha e plástico	4,8***	5,9***	5,9***
319	Cimento	3,8***	6,0***	6,1***
320	Outros produtos de minerais não metálicos	4,5***	5,5***	5,4***
321	Fabricação de aço e derivados	5,0***	6,7***	6,5***
322	Metalurgia de metais não ferrosos	5,9***	7,9***	8,0***
323	Produtos de metal	4,9***	6,4***	6,4***
324	Máquinas e equipamentos	6,1***	8,1***	8,0***
325	Eletrodomésticos	5,2***	5,7***	5,6***
326	Máquinas de escritório e eqs. de informática	6,0***	6,3***	6,2***
327	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	6,3***	7,2***	7,2***
328	Material eletrônico e eqs. de comunicação	5,3***	6,4***	6,7***
329	Aparelhos/instrumentos médico e ótico	7,2***	8,1***	7,9***
330	Automóveis, camionetas e utilitários	8,3***	6,3***	7,2***
331	Caminhões e ônibus	7,4***	3,3 (ns)	6,0***
332	Peças e acessórios para veículos	5,8***	6,8***	6,9***
333	Outros equipamentos de transporte	5,5***	8,4***	8,9***
334	Móveis e produtos diversos	3,2***	4,7***	4,7***

Notas: (\*\*) significante no nível de 5%; (\*\*\*) significante ao nível de 1%; ns = não significante; ne = não estimado devido a observações insuficientes. (1) Exclui os setores de petróleo e gás natural, minério de ferro e álcool.

Fonte: Kume e Piani (2013)

**Tabela A5.** Parâmetros de elasticidades de comércio da base de dados do modelo GTAP-Dinâmico

Setores	Elasticidade de substituição entre importados de diferentes origens	Elasticidade de substituição entre doméstico e importado
Arroz em casca	5,10	10,10
Trigo	4,40	8,90
Cereais em grãos	1,30	2,60
Vegetais, frutas e nozes	1,90	3,70
Sementes oleoginosas	2,50	4,90
Cana de açúcar e beterraba	2,70	5,40
Fibras vegetais	2,50	5,00
Outras culturas	3,30	6,50
Gado bovino, ovelhas, cabras e cavalos	2,00	4,00
Outros animais	1,30	2,60
Leite cru	3,70	7,30
Lã	6,40	12,90
Produtos florestais	2,50	5,00
Pesca	1,30	2,50
Carvão	3,00	6,10
Óleo	5,20	10,40
Gás	17,20	34,40
Outros minerais	0,90	1,80
Produtos de origem bovina, ovina e caprina	3,80	7,70
Outros produtos de origem animal	4,40	8,80
Óleos vegetais e gorduras	3,30	6,60
Produtos lácteos	3,70	7,30
Arroz processado	2,60	5,20
Açúcar	2,70	5,40
Outros produtos alimentares	2,00	4,00
Bebidas e tabaco	1,10	2,30
Têxteis	3,80	7,50
Vestuário	3,70	7,40
Produtos de couro	4,10	8,10
Produtos de madeira	3,40	6,80
Produtos de papel	3,00	5,90
Petróleo e produtos de carvão	2,10	4,20
Química, borracha e produtos de plástico	3,30	6,60
Produtos minerais	2,90	5,80
Metais ferrosos	3,00	5,90
Metais não ferrosos	4,20	8,40
Produtos de metal	3,80	7,50
Veículos automotores e autopeças	2,80	5,60
Equipamentos de transporte	4,30	8,60
Equipamentos eletrônicos	4,40	8,80

Setores	Elasticidade de substituição entre importados de diferentes origens	Elasticidade de substituição entre doméstico e importado
Maquinas e equipamentos	4,10	8,10
Outras manufaturas	3,80	7,50
Eletricidade	2,80	5,60
Produção e distribuição de gás	2,80	5,60
Água	2,80	5,60
Construção	1,90	3,80
Comércio	1,90	3,80
Transportes	1,90	3,80
Transporte aquaviário	1,90	3,80
Transporte aéreo	1,90	3,80
Comunicação	1,90	3,80
Serviços financeiros	1,90	3,80
Seguros	1,90	3,80
Serviços de negócios	1,90	3,80
Serviços de lazer e outros	1,90	3,80
Adm. pública, defesa, educação e saúde	1,90	3,80
Aluguéis	1,90	3,80

Fonte: Ianchovichina e Walmsley, 2012.

**Figura A6.** Elasticidades de Exportação para o Brasil, utilizadas em diversos modelos (ano base 2005)

Produtos	Elasticidade-preço da demanda por exportações
Arroz em casca	1,49
Milho em grão	1,49
Trigo em grão e outros cereais	1,49
Cana-de-açúcar	1,49
Soja em grão	1,49
Outros produtos e serviços da lavoura	1,49
Mandioca	1,49
Fumo em folha	1,49
Algodão herbáceo	1,49
Frutas cítricas	1,49
Café em grão	1,49
Lenha	1,49
Carvão vegetal	1,49
Outros produtos da exploração florestal e da silvicultura	1,49
Bovinos e outros animais vivos	1,49
Leite de vaca e de outros animais	1,49

Produtos	Elasticidade-preço da demanda por exportações
Suínos vivos	1,49
Aves vivas	1,49
Ovos de galinha e de outras aves	1,49
Pesca e aquicultura	1,49
Petróleo	1,27
Gás natural	1,27
Minério de ferro	0,92
Carvão metalúrgico	0,92
Carvão mineral	0,92
Minerais metálicos não-ferrosos	0,95
Minerais não-metálicos	0,99
Abate e preparação de produtos de carne	0,80
Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	0,80
Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	0,80
Pescado industrializado	0,80
Conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,80
Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja	0,80
Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho	0,80
Óleo de soja refinado	0,80
Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,80
Produtos do laticínio e sorvetes	0,80
Arroz beneficiado e produtos derivados	0,80
Farinha de trigo e derivados	0,80
Farinha de mandioca e outros	0,80
Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações	0,80
Bagaço de cana	0,80
Outros produtos das usinas e do refino de açúcar	0,80
Café torrado e moído	0,80
Café solúvel	0,80
Outros produtos alimentares	0,80
Bebidas	0,80
Produtos do fumo	0,80
Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação	0,92
Tecelagem	0,92
Fabricação outros produtos têxteis	0,92
Artigos do vestuário e acessórios	0,38
Preparação do couro e fabricação de artefatos	0,38
Fabricação de calçados	0,85
Produtos de madeira – exclusive móveis	1,00
Celulose e outras pastas para fabricação de papel	1,00
Papel e papelão, embalagens e artefatos	1,00
Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados	1,00

Produtos	Elasticidade-preço da demanda por exportações
Gás liquefeito de petróleo	0,99
Gasolina	0,99
Óleo combustível	0,99
Óleo diesel	0,99
Querosene	0,99
Coque	0,99
Outros produtos do refino de petróleo e coque	0,99
Álcool	1,08
Urânio	1,08
Outros produtos químicos inorgânicos	1,08
Produtos químicos orgânicos	1,08
Fabricação de resina e elastômeros	1,08
Produtos farmacêuticos	1,08
Defensivos agrícolas	1,08
Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	1,08
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	1,08
Produtos e preparados químicos diversos	1,08
Artigos de borracha	2,00
Artigos de plástico	2,00
Cimento	0,99
Outros produtos de minerais não-metálicos	0,99
Gusa e ferro-ligas	0,95
Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço	0,95
Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos	0,95
Fundidos de aço	0,95
Produtos de metal – exclusive máquinas e equipamento	0,95
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1,32
Eletrodomésticos	1,03
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	1,03
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	1,18
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	1,03
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	1,03
Automóveis, camionetas e utilitários	0,96
Caminhões e ônibus	0,96
Peças e acessórios para veículos automotores	1,00
Outros equipamentos de transporte	1,00
Móveis e produtos das indústrias diversas	1,00
Sucatas recicladas	1,00
Energia hidroelétrica pública	0,79
Energia hidroelétrica auto geração	0,79
Energia térmica pública	0,79
Energia térmica auto geração	0,79

Produtos	Elasticidade-preço da demanda por exportações
Energia eólica pública	0,79
Distribuição de energia elétrica	0,79
Distribuição de gás natural	0,79
Outros serviços urbanos	0,79
Construção	1,04
Comércio	0,04
Transporte de carga	8,33
Transporte de passageiro	8,33
Correio	1,04
Serviços de informação	1,04
Intermediação financeira e seguros	1,04
Serviços imobiliários e aluguel	1,04
Aluguel imputado	1,04
Serviços de manutenção e reparação	1,04
Serviços de alojamento e alimentação	1,04
Serviços prestados às empresas	1,04
Educação mercantil	1,04
Saúde mercantil	1,04
Serviços prestados às famílias	1,04
Serviços associativos	1,04
Serviços domésticos	1,04
Educação pública	1,04
Saúde pública	1,04
Serviço público e seguridade social	1,04

Fonte: Magalhães (2013). Utilizadas no Modelo Be-Green e em diversos modelos CGE elaborados no Cedeplar-UFMG (IMAGEM-B, BRIDGE, TERM-BR, REGIA).

## **Nota Técnica II: Estimativas de elasticidade-renda e preço do consumo no Brasil, e desagregação por classes do vetor de consumo – Aplicações em modelos CGE e seu uso no IMACLIM-BR**

Professor Edson Paulo Domingues – CEDEPLAR/UFMG

### **Resumo**

O objetivo desta Nota Técnica é apresentar informações e referências sobre a calibragem de elasticidades-preço e elasticidades-renda em modelos de Equilíbrio Geral computável (EGC) para o Brasil. Revisa-se também o procedimento de desagregação por classes do vetor de consumo, e a forma de calibragem desse vetor desagregado em um modelo CGE. Por fim, sugerem-se procedimentos para essas tarefas no IMACLIM-BR.

### **Estimativas das elasticidades preço e renda da demanda por bens e serviços no Brasil**

Os métodos utilizados na estimação de um sistema de demanda para obter elasticidades preço e renda de cada produto são bem diversificados, e devem partir de uma especificação (modelo) para a escolha do consumidor (função de utilidade). Um modelo amplamente utilizado na literatura é o desenvolvido por Deaton e Muellbauer (1980), denominado *Almost Ideal Demand System* (AIDS) ou, em português, Sistema Quase Ideal de Demanda. Esse sistema de demanda por produtos é derivado de um problema de maximização de utilidade, como na maioria dos modelos. Adicionalmente, o AIDS apresenta propriedades que permitem a estimação de seus parâmetros (elasticidades preço e renda) a partir de dados disponíveis, inclusive para a economia brasileira. Entretanto, uma ampla gama de modelos CGE usa sistemas de demanda que não o AIDS, como por exemplo o Sistema Linear de Gastos (LES-Linear Expenditure System). Para este caso existem poucas estimativas de parâmetros na literatura, que usualmente emprega os valores estimados em estudos com a AIDS.

Na literatura nacional há uma vasta gama de trabalhos (e.g. Garcia, 1998; Asano e Fiuza, 2001; Menezes *et al.*, 2002; Alves *et al.*, 2007; Payeras e Cunha-Filho, 2007; Payeras, 2009) que utilizaram o modelo AIDS para estimar elasticidades-preço do consumo das famílias. De forma geral, para o Brasil, as elasticidades-preço são estimadas para uma família representativa, utilizando como base de dados a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF).

A POF é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cada cinco anos (existe atualmente para 2003 e 2008), com o objetivo de mensurar as estruturas de consumo, dos gastos e dos rendimentos das famílias, bem como a percepção das condições de vida da população, segundo as características dos domicílios e pessoas. Além disso, os dados da POF são utilizados nas novas estruturas de ponderação para os índices de preços que compõem o Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor do IBGE e de outras instituições. No entanto, a POF não dispõe de dados sobre preços e quantidades de todos os produtos que não sejam alimentícios inviabilizando assim a estimação da elasticidade-preço para esses produtos.

Assim, diversos estudos utilizaram dados da POF e a especificação do modelo AIDS para estimarem elasticidades-renda e elasticidades-preço da demanda para alimentos no Brasil. Pode-se citar, por exemplo, Garcia (1998), Asano e Fiuza (2001), Menezes *et al.* (2002), Alves *et al.* (2007), Payeras e Cunha-Filho (2007) e Coelho e Aguiar (2007)<sup>31</sup>. A relação de trabalhos pesquisados e suas principais características podem ser consultadas no Quadro 1.

**Tabela A6.** Resumo dos trabalhos que estimaram elasticidades-preço e renda para o consumo das famílias no Brasil

Referência	Região	Metodologia	Elasticidade estimada	Dados	Produtos
Garcia (1998)	Região metropolitana de Porto Alegre	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Preço, preço cruzada e renda	POF (1995/1996)	Alimentos
Asano e Fiuza (2001)	Regiões do Brasil	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Preço e gasto	POF (1986/87; 1995/96)	Alimentos e demais produtos
Menezes <i>et al.</i> (2002)	Grandes regiões urbanas do Brasil	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Renda	POF (1995/1996)	Alimentos
Alves <i>et al.</i> (2007)	Brasil	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Preço, preço cruzada e dispêndio	POF (1995/1996; 2003/2004)	Alimentos
Payeras e Cunha-Filho (2007)	Brasil	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Preço, preço cruzada e renda	POF (2003/2004)	Alimentos
Coelho e Aguiar (2007)	Brasil	<i>Quadratic Almost Ideal Demand System (QUAIDS)</i>	Preço e dispêndio	POF (2003/2004)	Alimentos
Hoffman (2007, 2010)	Brasil	Econométrico	Renda	POF (2003/2004; 2008/2009)	Alimentos e demais produtos
Payeras (2009)	Brasil	<i>Almost Ideal Demand System</i> (AIDS)	Preço, preço cruzada e dispêndio	POF (2003/2004)	Alimentos e demais produtos

Fonte: Elaboração própria.

<sup>31</sup> Cabe ressaltar que outros trabalhos na literatura estimam as elasticidades para um único produto, por exemplo, energia (Andrade e Lobão (1997); Schmidt e Lima (2004)), combustíveis (Nappo, 2007), automóveis (Negri, 1998), etc. Esses trabalhos utilizam modelos econométricos e base de dados distintos dos trabalhos descritos anteriormente.

Outros trabalhos procuraram estimar elasticidades para vários produtos (alimentos e outros produtos) para diferentes classes de renda. Entre eles, podem-se destacar os trabalhos de Payeras (2009) e Hoffman (2007, 2010). Payeras (2009) utilizou uma versão não-linear do sistema quase ideal de demanda (NL-AIDS) para estimar as elasticidades para 27 grupos de produtos a partir dos microdados da POF de 2002-2003, com o objetivo de calcular elasticidades-preço, elasticidades-cruzadas e elasticidades-dispêndio da demanda de produtos alimentícios e não-alimentícios. Para contornar o problema da falta de dados sobre preços na POF, o autor utilizou as informações dos preços usados no cálculo do IPCA<sup>32</sup> de 1999 (corrigidos para o período em que a POF foi realizada) que continham informações dos preços para os produtos não alimentícios.

Em suas estimativas, Payeras (2009) buscou também captar as diferenças no comportamento dos consumidores considerando diferentes classes de renda. O autor dividiu os consumidores em três extratos de renda, sendo que o primeiro extrato (I) possui os 50% mais pobres da população, o segundo (II) os 35% seguintes; e o terceiro extrato (III) os 15% mais ricos da população. As elasticidades encontradas no modelo de Payeras (2009) estão reportadas no Apêndice A. Estas podem ser utilizadas na calibragem de um modelo CGE se este especificar os mesmos 3 extratos de consumo definidos pelo autor. O procedimento para desagregação do vetor de consumo será visto a seguir.

Outros trabalhos de destaque na literatura nacional foram realizados por Hoffman (2007, 2010). Em seus estudos, o autor utilizou os dados da POF para os anos de 2003/2004 e 2008/2009, para estimar a elasticidade-renda para um determinado grupo de produtos (*e.g.* alimentos, educação, transporte, habitação, cuidados com saúde, alimentação no domicílio e alimentação fora do domicílio, dentre outras) considerando o consumo por 10 classes de renda per capita.

Utilizando método de mínimos quadrados ponderados, Hoffman (2007, 2010) estimou uma função poligonal com três segmentos (representados por três extratos de renda), para verificar como a despesa per capita média por tipo de produto varia em relação à dez classes de renda familiar per capita. As elasticidades-renda obtidas nas estimativas estão dispostas no Apêndice B. No caso de um modelo CGE com uma abertura do consumo das famílias em 10 classes de renda, esta parametrização de elasticidades-renda pode ser utilizada, mas requer alguns ajustes, como será visto adiante.

---

<sup>32</sup> A pesquisa foi realizada apenas para as regiões metropolitanas de Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Porto Alegre, Brasília e município de Goiânia, que é a abrangência geográfica do IPCA.

### **Abertura do vetor de consumo por decis de renda**

A abertura do vetor de consumo em modelos CGE, para se trabalhar com mais de uma família representativa, passa por dois passos. O primeiro é a desagregação do vetor de consumo, a segunda é a colocação de parâmetros específicos para cada componente desse vetor. A adequada manipulação dos dados da POF permite que a primeira tarefa seja feita. A segunda é a parametrização, que implica na estimativa ou na escolha de elasticidades-renda para a desagregação escolhida. Em geral, os autores buscam na literatura as estimativas para esta etapa 2, procurando adequá-las para o número de produtos do modelo CGE.

Alguns modelos CGE desenvolvidos no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar-UFMG) utilizaram o vetor de consumo das famílias desagregado por decis de renda per capita, para o estudo de questões de taxaço de carbono, de saúde e envelhecimento. Em Magalhães (2013), o modelo CGE usa 10 tipos de famílias, de acordo com os decis de renda. A base de dados utilizada no procedimento de desagregação foi a POF referente aos anos de 2002/2003. A POF é realizada por amostragem, na qual são investigados os domicílios particulares permanentes, com representatividade por Unidade da Federação (UF), tanto para a área urbana quanto para a rural. A POF de 2002-2003 abrangeu 182.333 pessoas em 48.470 unidades domiciliares e foi realizada no período entre julho de 2002 e junho de 2003. No domicílio identifica-se a unidade básica da pesquisa – unidade de consumo (UC) – que compreende um único morador ou conjunto de moradores que compartilham a mesma fonte de alimentação ou as despesas com moradia (IBGE, 2004).

Os instrumentos de coleta utilizados na POF 2002-2003 estão organizados em diferentes questionários, segundo o tipo de informação. Para cada tipo de despesa tem-se um período de referência: 7 dias, 30 dias, 90 dias e 12 meses, segundo os critérios de frequência de aquisição e do nível do valor do gasto. No questionário são investigadas as características do domicílio e dos seus moradores, ou seja, as condições da habitação e a composição das famílias – relação de parentesco (pessoa de referência – chefe do domicílio), gênero, idade e grau de instrução. No questionário de caderneta de despesa coletiva, são registradas as aquisições de uso comum do domicílio referentes a alimentação, higiene e limpeza. No questionário de despesa individual, investigam-se as disponibilidades de crédito e plano ou seguro-saúde e todos os tipos de despesas caracterizadas de uso ou finalidade individual. Nos outros questionários, são reportadas as despesas e recebimentos individuais e informações sobre uma avaliação subjetiva das condições de vida das famílias (IBGE, 2004).

Para a abertura do vetor de consumo do modelo CGE de Magalhães (2013), utilizaram-se todos os itens de despesas calculados e anualizados pelo próprio IBGE<sup>33</sup>, que agrega as informações em quatro categorias: i) despesas de consumo (gastos com alimentação, habitação, vestuário, transporte, higiene e cuidados pessoais, assistência à saúde, educação, recreação e cultura, fumo, serviços pessoais e despesas diversas); ii) outras despesas correntes (pagamentos de impostos, contribuições trabalhistas, serviços bancários, previdência privada, entre outros); iii) aumento do ativo (aumento do patrimônio familiar); e iv) diminuição do passivo (pagamentos de débitos com empréstimos pessoais e carnê de mercadorias, dívidas judiciais e prestação de imóvel). Cada uma dessas categorias e suas divisões internas pode ser desagregada até o nível dos produtos.

O procedimento de desagregação do vetor de consumo, considerando decis de renda, requereu que os produtos e serviços disponíveis na POF estivessem totalmente em consonância com os produtos representados na matriz de insumo-produto (MIP) nacional de 2005 (base de dados do modelo CGE), disponibilizada pelo IBGE, composta por 110 produtos e 55 setores econômicos.

Como as duas bases contemplam um número diferente de produtos, seguiu-se um procedimento de agregação dos produtos da POF com os dados da base do modelo, levando-se em consideração o grau de homogeneidade das atividades de cada um (segundo a classificação do IBGE)<sup>34</sup>. No procedimento de compatibilização, o primeiro passo foi organizar os cerca de sete mil itens da POF e distribuí-los de acordo com a classificação dos 110 produtos da matriz de insumo-produto. Para isso, utilizou-se o tradutor<sup>35</sup> elaborado pelo IBGE que associa cada produto da POF a um produto do Sistema de Contas Nacionais (SCN), que constitui a base de dados da matriz de insumo-produto. O tradutor do IBGE exclui despesas que não são consideradas consumo final, como impostos, transferências e formação bruta de capital.

A partir da agregação dos dados da POF, foi obtida a classificação das famílias por faixa de renda mensal,  $i = 1, 2, \dots, 10$ , mensurada por unidade de consumo. Em seguida, foram calculadas as participações no gasto total de cada produto de decil de renda. De posse dessa participação relativa para cada produto, o vetor de consumo da matriz de insumo-produto foi desagregado de uma para dez famílias representativas por decis de renda.

---

<sup>33</sup> Para a correção dos valores monetários, incluindo despesas e rendimentos, a pesquisa disponibiliza algumas variáveis ajustadas para o período base de 15 de janeiro de 2003, corrigidas pelos respectivos fatores de anualização.

<sup>34</sup> Vale observar, porém, que essa compatibilização não é completa porque exclui os agregados de cada produto e o quadro de inventários de bens duráveis da POF.

<sup>35</sup> Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2009/default\\_SCN.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2009/default_SCN.shtml)>.

## Calibragem das elasticidades-renda do consumo para modelos EGC em um sistema linear de gasto (LES)

Entende-se que a especificação da demanda das famílias no modelo IMACLIN segue um sistema linear de gasto, como o utilizado nos modelos ORANI (DIXON *et al.*, 1982), ORANIG (HORRIDGE, 2006) e BRIDGE (Domingues *et al.*, 2010). O modelo de EGC de Magalhães (2013) também segue um sistema linear de gasto, no entanto, o setor famílias foi desagregado de modo a considerar 10 tipos de acordo com os decis de renda. Importante destacar que cada tipo de família foi especificado de acordo com uma função de utilidade não-homotética Klein-Rubin<sup>36</sup> (Peter *et al.*, 1996), que dá origem ao LES (*Linear Expenditure System*). De modo, que o problema de maximização das famílias é:

$$U(x)_h = \prod_{i=1}^n (x_{hi} - \mu_{hi})^{\alpha_{hi}}, x_{hi} > \mu_{hi} = 0, x_{hi} \leq \mu_{hi} \quad (1)$$

Onde:

$x_{hi}$ : demanda da família  $h$  pelo bem  $i$  ( $= 1, \dots, n$ );

$U(x)_h$ : utilidade da família  $h$  associada com a cesta de consumo  $x' = (x_1, \dots, x_n)$ ;

$0 < \alpha_{hi} < 1$ : participação do gasto marginal, sendo que  $\sum_{i=1}^n \alpha_{hi} = 1$ ;

$\mu_{hi} \geq 0$ : quantidade mínima demandada pela família  $h$  do bem  $i$ .

A maximização de (1), está sujeita à restrição orçamentária:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_{hi} = m_h \quad (2)$$

Em que:

$p_i$ : preço do bem  $i$ ;

$m_h$ : gasto total da família  $h$  (renda menos poupança).

A solução desse problema de otimização leva ao LES:

<sup>36</sup> Nesta sessão adaptamos a apresentação do LES de DeBoer (2006).

$$p_i x_{hi} = p_i \mu_{hi} + \alpha_{hi} (m_h - \sum_j p_j \mu_{hj}) \quad (3)$$

Uma vez que  $\mu_{hi}$  é interpretado como a quantidade mínima (subsistência) demandada do bem  $i$  pela família  $h$ ,  $\sum_j p_j \mu_{hj}$  representa os gastos de subsistência das famílias e, como consequência,  $m_h - \sum_j p_j \mu_{hj}$  é o gasto de “supernumerário” (ou de luxo). De acordo com o LES, as famílias alocam seus gastos supernumerários em frações fixas em relação aos bens. Conseqüentemente, a curva de Engel, que mede a relação entre os gastos com o bem  $i$  e os gastos totais, é uma linha reta, com origem no ponto  $(\sum_j p_j \mu_{hj}, p_i \mu_{hi})$  e com inclinação igual à participação do gasto marginal  $\alpha_{hi}$ . Para a operacionalização de (3) em um modelo aplicado, é necessária a estimativa de parâmetros numéricos para  $\alpha_{hi}$  e  $\mu_{hi}$ , como será visto a seguir.

Algumas propriedades do LES podem ser exploradas. Por exemplo, a participação dos gastos do bem  $i$  no orçamento da família  $h$  é definida como:

$$w_{hi} = \frac{p_i x_{hi}}{m_h} \quad (4)$$

A elasticidade-gasto da demanda (Chung, 1994) é definida por:

$$E(x_{hi}, m_h) = \frac{\alpha_{hi}}{w_{hi}} > 0 \quad (5)$$

o que exclui a existência de bens inferiores.

As elasticidades-preço no LES,  $\tau_{h,i}$ , são definidas como:

$$\tau_{h,i} = E(x_{hi}, p_i) = -\frac{\alpha_{hi}[1 - (\sum_{j \neq i} p_j \mu_{hj})]}{w_{hi}} = \frac{\alpha_{hi} p_i \mu_{hi} + \alpha_{hi} [m_h - \sum_j p_j \mu_{hj}]}{p_i \mu_{hi} + \alpha_{hi} [m_h - \sum_j p_j \mu_{hj}]} \quad (6)$$

Isso decorre de (6), uma vez que  $-1 < E(x_{hi}, p_i) < 0$ . Logo, o LES apenas modela a demanda inelástica.

As funções de demanda de bens do LES são, portanto, não-homotéticas e, se comparadas a formas homotéticas como a Cobb-Douglas, possuem a propriedade de que a elasticidade-renda da demanda não é unitária e, portanto, a participação orçamentária se altera com modificações da renda. Essa especificação possui a propriedade de que a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família. De acordo com Nicholson (1978), a noção de compras necessárias (subsistência) aparenta estar de acordo com a observação do mundo real, sendo amplamente utilizada em estudos empíricos<sup>37</sup>.

Além da escolha de formas funcionais para a especificação da demanda das famílias, é necessário calibrar o modelo com parâmetros e elasticidades, além dos próprios dados de consumo de bens. O LES utiliza basicamente dois parâmetros na especificação da demanda das famílias: a elasticidade-preço do gasto ( $\tau_{h,i}$ ) e o parâmetro de Frisch. O parâmetro de Frisch (Frisch, 1959) mede a sensibilidade da utilidade marginal da renda: quanto maior este parâmetro, em módulo, menor o grau de consumo de “luxo” e maior o grau de consumo de “subsistência”. No caso de mais de uma conjunto familiar, este parâmetro deve ser definido para cada tipo de família  $h$ .

A partir de (5) derivam-se os valores calibrados da participação do gasto marginal  $\alpha_{hi}$ :

$$\alpha_{hi} = w_{ih}^0 \cdot E(x_{hi}, m_h) \quad (7)$$

onde o sobrescrito 0 indica que este é o valor da participação do gasto com o bem  $i$  da família  $h$ , definido na base de dados. Nota-se que para a calibração de  $\alpha_{hi}$  não é necessário possuir um valor para o parâmetro de Frisch. No entanto, esse valor é necessário para a calibração de  $\mu_{hi}$  (quantidade de subsistência demandada pela família  $h$  do bem  $i$ ). No caso do LES, o parâmetro Frisch para cada família  $h$  ( $\varphi_{m_h}$ ) é definido como:

$$\varphi_{m_h} = \frac{\partial \lambda}{\partial m_h} \cdot \frac{m_h}{\lambda} = - \frac{m_h}{(m_h - \sum_j p_j \mu_{hj})} \quad (8)$$

Uma vez que o gasto com subsistência  $\sum_j p_j \mu_{hj}$  é não negativo, segue-se a partir de (8) que o valor do parâmetro Frisch é restrito a  $\varphi_{m_h} < -1$ . A partir de (3) e (8) os valores calibrados de  $\mu_{hi}$  são dados por:

$$\mu_{hi} = x_{hi}^0 + \alpha_{hi} m_h^0 \varphi_{m_h}^{-1} \quad (9)$$

<sup>37</sup> Para maiores detalhes, ver Deaton e Muellbauer (1999).

No trabalho de Magalhães (2013) para a calibragem do parâmetro de Frish para as 10 famílias utilizou um único valor, -2,48, estimado para a economia brasileira no modelo multirregional TERM-CEDEPLAR (Domingues, Magalhães e Faria, 2009). Já para a calibragem do parâmetro de elasticidade de dispêndio por decil de renda, foram necessários dois ajustes: i) em relação à participação de cada produto no consumo das famílias por decil de renda; e ii) em relação à elasticidade total de dispêndio, de tal forma, que para cada uma das dez famílias a média das elasticidades fosse igual a unidade.

Os dados utilizados na calibragem foram obtidos nas estimativas de Hoffman (2007) reportados no Anexo 1. O autor calculou a elasticidade renda de diversos tipos de despesas utilizando os dados da POF 2002/2003, desagregadas para dez classes de renda familiar per capita. A partir dessas estimativas, as elasticidades renda (utilizada no modelo como *proxy* para a elasticidade gasto) foram compatibilizadas aos setores do modelo, obtendo assim, uma matriz de elasticidade gasto por 10 tipos de famílias, distribuídas por *decis* de renda. Como o modelo está especificado a partir de um sistema linear de gasto, torna-se necessário que as elasticidades sejam ajustadas para ter média ponderada igual a 1 em cada decil, usando-se como ponderador a participação de cada produto no consumo total do decil.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros de elasticidades renda calibrada por décimos da distribuição de renda para uma especificação de um sistema linear de gastos. Cabe ressaltar, que as elasticidades foram calibradas a partir das estimativas de Hoffman (2007), não foram feitas novas estimações para a desagregação de produtos compatível com os produtos das contas nacionais. Desta forma, quando não havia o produto específico foi utilizada a elasticidade do grupo a que esse pertence. Os dados da POF contam como uma desagregação maior, podendo ser compatibilizados com os produtos do IMACLIN permitindo assim outras estimações específicas por produtos de acordo com os objetivos da pesquisa.

Algumas estimativas da literatura realmente apontam que a demanda do GLP (cocção) tende a ser mais inelástica a preço do que gasolina ou etanol. Para o Brasil, Pinho (2008) estima elasticidades preço-demanda de GLP por estado que variam entre -0,007 e -0.10, ao passo que as estimativas para gasolina ficam entre -0.07 e -0.48 (ver Santos (2010) para uma resenha). Em geral, os modelos utilizam dados de preços da ANP e dados da POF, a partir de metodologias que variam de Auto-Regressão Vetorial (VAR), modelos de co-integração e regressão de dois estágios ou modelos de painéis espaciais.

**Tabela A7.** Parâmetros das elasticidades-gasto calibrado por décimos da distribuição de renda para o Brasil, ano base 2005.

Produtos	Decis de renda										
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	
1	Arroz em casca	0,33	0,28	1,18	1,16	1,47	1,00	0,46	0,45	0,43	0,41
2	Milho em grão	0,40	0,35	1,18	1,16	1,47	1,00	0,46	0,45	0,43	0,41
3	Trigo em grão e outros cereais	0,92	0,81	0,68	0,62	1,47	1,52	1,50	1,46	1,41	1,35
4	Cana de Açúcar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Soja em Grão	0,40	0,35	1,18	1,16	1,47	1,00	0,46	0,45	0,43	0,41
6	Outros produtos e serviços da lavoura	0,66	0,58	0,49	0,49	0,45	0,47	0,46	0,45	0,43	0,42
7	Mandioca	1,44	1,26	0,30	0,94	1,47	1,52	1,50	1,46	1,41	1,35
8	Fumo em folha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Algodão Herbáceos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Frutas cítricas	1,09	0,95	0,81	0,73	0,81	0,92	0,91	0,88	0,85	0,82
11	Café em grão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Lenha	1,05	0,92	0,56	0,52	0,55	0,57	0,56	0,55	0,53	0,51
13	Carvão vegetal	1,05	0,92	0,56	0,52	0,55	0,57	0,56	0,55	0,53	0,51
14	Outros produtos da expl. florestal e silvicultura	1,05	0,92	0,56	0,52	0,55	0,57	0,56	0,55	0,53	0,51
15	Bovinos e outros animais vivos	1,32	1,15	0,97	0,66	0,18	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16
16	Leite de vaca e de outros animais	1,22	1,07	0,55	0,30	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
17	Suínos vivos	1,11	0,97	0,97	0,31	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
18	Aves vivas	0,46	0,41	0,20	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
19	Ovos de galinha e de outras aves	0,30	0,54	0,19	0,19	0,24	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22
20	Pesca e aquicultura	1,60	1,40	1,18	0,31	0,58	0,79	0,78	0,76	0,73	0,70
21	Petróleo e gás natural	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
22	Gás Natural	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
23	Minério de ferro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	Carvão metalúrgico	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
25	Carvão mineral	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
26	Minerais metálicos não-ferrosos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
27	Minerais não-metálicos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
28	Abate e preparação de produtos de carne	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
29	Carne de suíno fresca refrigerada	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67

Produtos	Decis de renda										
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	
30	Carne de aves fresca refrigerada	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
31	Pescado industrializado	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
32	Conservas de frutas, legumes e vegetais	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
33	Óleo de soja em bruto e tortas, bagaços	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
34	Outros óleos e gordura vegetal e animal	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
35	Óleo de soja refinado	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
36	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
37	Produtos do laticínio e sorvetes	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
38	Arroz beneficiado e produtos derivados	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
39	Farinha de trigo e derivados	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
40	Farinha de mandioca e outros	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
41	Óleos de milho, amidos, féculas e rações	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
42	Bagaço de cana	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
43	Outros produtos das usinas de açúcar	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
44	Café torrado e moído	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
45	Café solúvel	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
46	Outros produtos alimentares	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
47	Bebidas	0,80	0,70	0,59	0,68	0,73	0,76	0,75	0,73	0,70	0,67
48	Produtos do fumo	0,95	0,83	0,70	0,23	0,52	0,54	0,53	0,52	0,50	0,48
49	Beneficiamento de algodão e fiação	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
50	Tecelagem	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
51	Fabricação outros produtos têxteis	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
52	Artigos do vestuário e acessórios	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
53	Preparação do couro e fab. de artefatos	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
54	Fabricação de calçados	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
55	Produtos de madeira – exclusive móveis	0,99	0,96	0,81	0,79	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
56	Celulose e outras p/ fabricação de papel	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03

Produtos		Decis de renda									
		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
57	Papel e papelão, embalagens e artefatos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
58	Jornais, revistas, discos e outros produtos	0,92	1,51	1,27	1,25	1,72	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
59	Gás liquefeito de petróleo <sup>+</sup>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
60	Gasolina automotiva	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
61	Óleo combustível	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
62	Óleo diesel	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
63	Querosene	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
64	Coque	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
65	Outro produtos do refino de petróleo	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
66	Alcool	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
67	Uranio	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
68	Produtos químicos inorgânicos	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
69	Produtos químicos orgânicos	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
70	Fabricação de resina e elastômeros	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
71	Produtos farmoquímicos	1,00	0,87	1,00	0,98	1,08	0,94	0,93	0,90	0,87	0,84
72	Defensivos agrícolas	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
73	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza	1,00	0,87	1,00	0,98	1,08	0,94	0,93	0,90	0,87	0,84
74	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,92	1,51	1,27	1,25	1,72	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
75	Produtos e preparados químicos diversos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
76	Artigos de borracha	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
77	Artigos de plástico	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
78	Cimento	1,11	0,97	1,05	1,03	1,21	1,14	1,12	1,09	1,06	1,01
79	Outros produtos de minerais não-metálicos	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
80	Gusa e ferro-ligas	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
81	Semi-acabados, laminados e tubos de aço	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
82	Produtos da metalurgia metais não-ferrosos	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69

Produtos		Decis de renda									
		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
83	Fundidos de aço	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
84	Produtos de metal	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
85	Máquinas e equipamentos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
86	Eletrodomésticos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
87	Máquinas p/ escritório e equip. de informática	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
88	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
89	Material eletrônico e equip. de comunicações	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
90	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
91	Automóveis, camionetas e utilitários	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
92	Caminhões e ônibus	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
93	Peças e acessórios para veículos automotores	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
94	Outros equipamentos de transporte	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
95	Móveis e produtos das indústrias diversas	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
96	Sucatas recicladas	1,01	0,88	1,06	1,04	1,22	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
97	Energia hidráulica pública	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
98	Energia hidráulica autogeração	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
99	Energia térmica pública	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
100	Energia térmica autogeração	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
101	Energia eólica pública	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
102	Energia elétrica distribuição	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
103	Gás natural distribuição	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
104	Outros serviços urbanos	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
105	Construção	0,80	2,00	1,69	1,66	1,84	1,91	1,88	1,83	1,76	1,69
106	Comércio	1,00	0,87	1,00	0,98	1,08	0,94	0,93	0,90	0,87	0,84
107	Transporte de carga	1,39	1,22	1,33	1,30	1,21	0,79	0,78	0,76	0,73	0,70
108	Transporte de passageiro	1,39	1,22	1,33	1,30	1,21	0,79	0,78	0,76	0,73	0,70

Produtos		Decis de renda									
		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
109	Correio	1,00	0,87	1,00	0,98	1,08	0,94	0,93	0,90	0,87	0,84
110	Serviços de informação	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
111	Intermediação financeira e seguros	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
112	Serviços imobiliários e aluguel	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
113	Aluguel imputado	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
114	Serviços de manutenção e reparação	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
115	Serviços de alojamento e alimentação	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
116	Serviços prestados às empresas	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
117	Educação mercantil	1,51	1,32	1,12	1,80	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
118	Saúde mercantil	1,25	1,09	1,19	1,17	1,12	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
119	Serviços prestados às famílias	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
120	Serviços associativos	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
121	Serviços domésticos	1,24	1,08	1,18	1,16	0,91	0,95	0,93	0,91	0,87	0,84
122	Educação pública	1,51	1,32	1,12	1,80	0,98	1,02	1,00	0,97	0,94	0,90
123	Saúde pública	1,25	1,09	1,19	1,17	1,12	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03
124	Serviço público e seguridade social	1,25	1,09	1,19	1,17	1,12	1,16	1,14	1,11	1,07	1,03

\* Estimado a partir de Pinho (2008) pela equipe de modelagem IES-Brasil.

Fonte: Magalhães (2013).

### Sugestões de calibragem das elasticidades preço e renda no modelo IMACLIM-BR

Para a calibragem das elasticidades preços e renda do consumo no IMACLIM-BR são sugeridos os seguintes procedimentos, de acordo com os objetivos de abertura do vetor por classes e calibragem de parâmetros:

- Abertura do vetor de consumo das famílias do por decil de renda. Neste caso, é possível reaplicar o procedimento feito no CEDEPLAR, descrito nesta Nota Técnica ou em Magalhães (2013);
- Mapear as elasticidades renda e dispêndio calculados em Hoffman (2007) e Payeras (2008), com os produtos do modelo IMACLIM-BR. Posteriormente, os ajustes necessários à calibragem do vetor de consumo de um sistema linear de gastos podem ser feitos como descrito acima (maiores detalhes em Dixon *et al.*, (1982) e Horridge (2006);
- Agregar os dados da POF com os produtos do IMACLIM-BR, com base na descrição mais próxima dos produtos, para estimar a elasticidade-renda e preço da demanda. Na estimação da elasticidade-renda pode-se utilizar o procedimento de Deaton e Muellbauer (1980) – *Almost Ideal Demand System (AIDS)* ou o utilizado por Hoffman (2007, 2010). O procedimento deste último permitiria a estimação por estrato de renda. Para a elasticidade-preço, o sistema de demanda (AIDS) poderia ser estimado. No entanto, será necessário dados de preços para todos os produtos IMACLIM-BR<sup>38</sup>.

Em termos práticos, a abertura do vetor de consumo por decil de renda é bastante factível para usuários com experiência na base de dados da POF. O mapeamento, ou a relação direta, com as elasticidades – renda de Hoffman (2007) também requer decisões simples, mas evidentemente ad-hoc. Seguindo a metodologia proposta pelo Hoffman (2007) seria possível estimar a elasticidade-renda por três estratos de renda. Com base nas médias de dez classes de renda familiar per capita Hoffman (2007) estimou uma *função poligonal com três segmentos (estratos de renda)*. O autor classifica as dez classes de renda em três estratos para evitar possíveis erros de medida, que poderiam estar relacionados à renda familiar per capita. Esses resultados estão repostados no Anexo 1. Assim, no trabalho de Magalhães (2013) os parâmetros das elasticidades de dispêndio apresentado na Tabela 1, calibrados com base nos três estratos de renda estimados por Hoffman (2007), foram distribuídos em 10 decis de renda. Cabe

---

<sup>38</sup>Neste caso, as informações dos preços usados no cálculo do IPCA de 1999 (corrigidos para o período em que a POF foi realizada) para grupos de produtos não alimentícios, podem ser utilizadas nas estimativas para alguns produtos (ver Payeras (2008) para mais detalhes).

ressaltar, que os dados da POF poderiam ser utilizados para estimar diretamente a elasticidade-renda por 10 classes de renda e tipos de produtos. No entanto, esta tarefa requer provavelmente familiaridade com outros métodos econométricos.

## Referências

Alves, D.; Menezes, T.; Bezerra, F. Estimação do sistema de demanda censurada para o Brasil: utilizando dados de pseudopainel. In: Silveira, F. G.; Servo, L. M.; Menezes, T.; Piola, S. F. (Orgs.). *Gasto e consumo das famílias brasileiras contemporâneas*. vol. 2, Brasília: IPEA, 2007, p. 395-422.

Asano, S.; Fiuza, E. P. S. Estimation of Brazilian consumer demand system. Texto para discussão IPEA, 793, 2001.

Coelho, A. B.; Aguiar, D. R. D. O modelo quadrático quase ideal demand system (quaid): uma aplicação para o Brasil. In F. G. Silveira, L. M. Servo, T. Menezes, e S. F. Piola, editores, *Gasto e Consumo das Famílias Brasileiras Contemporâneas*, volume 2, pages 485–514. IPEA, 2007.

Deaton, A.; Muellbauer, J. An Almost Ideal Demand System. *The American Economic Review*, vol. 70, n. 3, p. 312-326, 1980.

De Boer, P. *Modeling household behavior in a CGE model: linear expenditure system or indirect addilog?* Department of Econometrics, Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico*. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 39, n. 1, p. 121-158, 2009.

Frisch, R. A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors. *Econometrica*, v. 27, n. 2, p. 177-196, 1959.

Garcia, R. B. Demanda por alimentos na região metropolitana de Porto Alegre: uma aplicação do almost ideal demand system. 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)—Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

Hoffmann, R. Elasticidades-renda das despesas e do consumo de Alimentos no Brasil em 2002-2003. In: Silveira, F. G.; Servo, L. M.; Menezes, T.; Piola, S. F. (Orgs.). *Gasto e consumo das famílias brasileiras contemporâneas*. vol. 2, Brasília: IPEA, 2007, p. 463-484.

\_\_\_\_\_. Estimativas das elasticidades-renda de várias categorias de despesa e de consumo, especialmente alimentos, no Brasil, com base na POF de 2008-2009. *Rev. de Economia Agrícola*, v. 57, n. 2, p. 49-62, 2010.

Magalhães, A. S. *Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa*. 2013. 290p. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional/ Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

Menezes, T. A., F. G. Silveira, F. G., Magalhães, L. C. G., Tomich, F. A., e Vianna, S. W. Gastos alimentares nas grandes regiões urbanas do Brasil: aplicação do modelo AID aos microdados da POF 1995/1996 IBGE. Texto para discussão IPEA, 896, 2002.

Payeras, J. A. P. Estimação do Sistema Quase Ideal de Demanda para uma cesta ampliada de produtos empregando dados da POF de 2002-2003. *Economia Aplicada*, v. 13, n. 2, 2009, p. 231-255, 2009.

Payeras, J. A. P.; Cunha-Filho, J. H. Um sistema quase ideal de demanda para produtos alimentícios no Brasil. In *XLV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, Londrina, 2007.

Peter, M. W. et al. *The theoretical structure of MONASH-MRF*. Centre of Policy Studies/Monash University, 24p. 1996.

PINHO, A.K.J. Defesa da concorrência e integração vertical no mercado de GLP brasileiro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1034/1/2008\\_AliceKinueJomoriPinho.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1034/1/2008_AliceKinueJomoriPinho.pdf),

SANTOS, G. F. Fuel demand in Brazil in a dynamic panel data approach. *Energy Economics*, v. 36, p. 229-240, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12375/1/44444444444444444444.pdf>

## Anexo 1 – Elasticidade-preço e elasticidade-renda estimadas Brasil para alguns produtos no Brasil

**Tabela A8.** Elasticidades-renda da despesa com alimentos estimadas por Hoffman (2007)

Alimento	Esquema de agrupamento			Elasticidade no estrato			Elasticidade média
				I	II	III	
Arroz	3	3	4	0,107	-0.386	0,105	0,000
Feijão	2	1	7	0,086	-0.287	-0.001	-0,038
Alface	4	3	3	0,945	-0.151	0,732	0,638
Cebola	3	4	3	0,406	0,139	0,439	0,321
Tomate	1	6	3	1,294	0,268	0,414	0,369
Alho	2	2	6	0,732	0,132	0,359	0,362
Batata-inglesa	1	2	7	0,998	0,651	0,187	0,437
Cenoura	3	4	3	0,684	0,283	0,502	0,504
Mandioca	1	7	2	0,76	0,159	-0.293	0,216
Banana	5	2	3	0,434	0,091	0,325	0,374
Laranja	6	2	2	0,71	0,082	0,431	0,585
Laranja-pêra	1	3	6	0,659	0,919	0,341	0,641
Limão	1	2	7	0,606	0,887	0,483	0,628
Abacate	3	2	5	0,211	0,844	0,177	0,333
Abacaxi	3	3	4	1,116	0,222	0,758	0,714
Goiaba	2	5	3	0,465	0,372	0,277	0,384
Mamão	2	2	6	0,578	1,238	0,759	0,882
Melancia	4	4	1	0,595	0,153	1,917	0,560
Melão	1	7	2	1,508	0,981	0,691	0,939
Manga	1	7	2	0,291	0,491	0,42	0,468
Tangerina	2	3	5	1,62	0,894	0,173	0,706
Ameixa	1	5	4	7,355	1,246	0,957	1,097
Caqui	1	2	7	3,353	1,35	0,949	1,035
Maçã	1	3	6	0,414	0,922	0,416	0,651
Pêra	1	1	8	1,514	2,525	1,055	1,114
Pêssego	3	4	3	2,25	0,942	1,061	1,203
Uva	2	5	3	1,078	0,921	0,576	0,837
Farinha de mandioca	2	2	6	-0.372	-1.006	-0.110	-0,526
Farinha de trigo	4	3	3	0,451	-0.871	0,256	0,204
Macarrão	2	5	3	0,298	0,164	0,326	0,225
Macarrão sem ovos	1	3	6	0,226	0,041	0,36	0,158
Macarrão com ovos	3	4	3	0,517	0,043	0,421	0,337
Pão francês	2	2	6	0,628	0,385	0,052	0,343
Carne bovina de primeira	3	1	6	0,847	0,578	0,351	0,588
Carne bovina de segunda	2	1	7	0,419	0,3	-0.239	0,147
Mortadela	4	1	5	0,308	0,055	0,03	0,233

Alimento	Esquema de agrupamento			Elasticidade no estrato			Elasticidade média
				I	II	III	
Presunto	2	4	4	1,742	1,312	0,59	0,999
Frango	2	1	7	0,416	0,093	0,13	0,211
Ovo de galinha	4	3	3	0,346	-0,147	0,506	0,271
Leite de vaca	3	3	4	0,68	0,142	0,321	0,441
Leite condensado	3	3	4	1,099	0,776	0,18	0,706
Leite em pó	4	3	3	-0,049	0,426	0,205	0,047
Queijo	3	6	1	1,274	0,849	0,273	0,908
Queijo-prato	3	6	1	1,359	0,869	0,243	0,935
Queijo mozzarella	3	3	4	1,75	1,137	0,319	0,929
logurte	2	5	3	0,962	0,71	0,365	0,674
Manteiga	3	5	2	0,406	0,809	0,318	0,592
Açúcar cristal	2	6	2	0,223	-0,369	0,073	-0,092
Açúcar refinado	2	2	6	0,016	0,351	0,135	0,174
Sal refinado	4	2	4	0,155	-1,019	0,507	0,078
Maionese	2	3	5	1,02	0,819	0,233	0,646
Azeite	6	2	2	0,795	2,27	0,476	1,170
Óleo de soja	3	5	2	0,205	-0,147	0,036	0,086
Margarina	1	6	3	1,033	0,261	0,378	0,345
Aguardente de cana	3	3	4	0,203	0,157	0,56	0,260
Cerveja	3	3	4	1,376	0,864	0,337	0,811
Vinho	5	2	3	0,937	1,644	0,766	0,996
Café moído	3	3	4	0,208	-0,065	0,376	0,166

Fonte: Hoffman (2007).

**Tabela A9.** Elasticidades-renda de diversos tipos de despesa estimadas por Hoffman (2007)

Tipo de despesa	Esquema de agrupamento			Elasticidade no estrato			Elasticidade média
				I	II	III	
Alimentação no domicílio	3	3	4	0,403	0,308	0,419	0,381
Alimentação fora do domicílio	1	6	3	0,525	0,869	0,666	0,798
Almoço e jantar fora	1	4	5	0,846	1,210	0,934	1,043
Cerveja e outras bebidas alcoólicas fora do domicílio	1	5	4	0,073	0,762	0,219	0,561
Alimentação	1	5	4	0,384	0,478	0,521	0,481
Habitação	2	6	2	0,741	0,772	0,589	0,741
Vestuário	2	1	7	0,765	0,682	0,589	0,639
Transporte	1	6	3	0,572	1,160	0,639	0,966
Higiene e cuidados pessoais	3	5	2	0,684	0,571	0,237	0,587
Assistência à saúde	2	2	6	0,941	1,056	0,861	0,924
Educação	2	5	3	0,914	1,623	0,312	1,072
Recreação e cultura	1	5	4	0,798	1,241	0,744	0,989

Tipo de despesa	Esquema de agrupamento			Elasticidade no estrato			Elasticidade média
				I	II	III	
Fumo	3	3	4	0,585	0,091	0,492	0,424
Serviços pessoais	1	6	3	1,059	0,950	0,680	0,871
Despesas diversas	1	8	1	0,773	1,027	0,334	0,946
Despesas de consumo	2	6	2	0,667	0,817	0,564	0,758
Outras despesas correntes	3	5	2	1,488	1,384	0,984	1,263
Despesas correntes	2	6	2	0,684	0,873	0,682	0,816
Despesa total	2	6	2	0,698	0,890	0,750	0,841

Fonte: Hoffman (2007).

**Tabela A10.** Elasticidade-dispêndio, elasticidade – preço e elasticidade – renda estimadas por Pintos-Payeras (2009).

Produto	Elasticidade	Elasticidade	Elasticidade
	Dispêndio	Renda	Preço
1 – Composto por açúcar refinado e açúcar cristal	0,425	0,286	-0,534
2 – Todos os tipos de arroz	0,463	0,311	-0,863
3 – Carne de boi de primeira	1,080	0,725	-0,898
4 – Carne de boi de segunda	0,614	0,725	-0,899
5 – Engloba todos os peixes e frutos do mar	0,776	0,521	-1,025
6 – Ovo de galinha, macarrão, farinha de trigo, farinha de mandioca enlatados, maionese, sal refinado, óleo de soja, alimentos preparados, outros açúcares, etc.	0,799	0,536	-0,884
7 – Todos os produtos e subprodutos da carne de Frango	0,568	0,381	-0,723
8 – Legumes, Verduras, Frutas, Tubérculos e Raízes	0,999	0,671	-0,997
9 – Matinais: Todos os laticínios, café, pães, e biscoitos	0,721	0,484	-1,001
10 – Outras Carnes: carne de suíno, ovos e carnes de outras aves e carnes exóticas;	0,696	0,467	-0,889
11 – Outros Cereais: Feijão, aveia, cevada, milho, trigo em grão, amendoim, etc.	0,523	0,351	-0,956
12 – Higiene: Sabonete, produtos para cabelo, pasta de dente, desodorante, etc.;	1,171	0,786	-0,945
13 – Produtos de limpeza: água sanitária, álcool, detergente, sabão, entre outros	0,999	0,671	-0,906
14 – Mobiliário e artigos do lar: móveis de sala, cozinha, quarto, roupa de cama, etc.	1,067	0,717	-0,773
15 – Refrescos: Refrigerante, água de coco, guaraná em pó, caldo de cana, etc.	1,044	0,701	-1,069
16 – Bebidas alcoólicas	1,382	0,928	-1,105
17 – Jogos lotéricos, cinema, teatro, show, brinquedos, produtos para animais, etc.	1,349	0,906	-0,861
18 – Telefone fixo, tel. celular e tel. público (impulsos);	1,223	0,821	-1,044
19 – Aluguel, condomínio, água e esgoto, entre outros;	0,942	0,633	-0,961
20 – Fogão, refrigerador, condicionador de ar, máquina de lavar roupas, lâmpada, etc.	0,932	0,626	-0,837

Produto	Elasticidade	Elasticidade	Elasticidade
	Dispêndio	Renda	Preço
21 – Vestuário: calça comprida, agasalho, bermuda, camiseta, saia, fralda, calçados, etc.	0,919	0,617	-0,863
22 – Transporte público: ônibus urbano, intermunicipal e interestadual, táxi, metrô, avião, etc.	0,690	0,463	-0,790
23 – Transporte privado: automóvel novo, combustível, óleo, pneu, conserto, etc.	1,643	1,104	-1,057
24 – Saúde: plano de saúde, remédios, consulta médica e odontológica, exames laboratoriais, óculos, etc.	1,536	1,031	-0,928
25 – Serviços Pessoais: Costureira, manicure, cabeleireiro, cartório, entre outros	1,404	0,943	-0,939
26 – Educação: cursos regulares, livros, jornal, revista, caderno e artigos de papelaria	1,288	0,865	-0,676
27 – Cigarro	0,630	0,423	-1,025

Fonte: Elaboração dos autores com base em Pintos-Payeras (2009).

**Tabela A11.** Elasticidade-dispêndio para os três estratos selecionados estimados por Pintos-Payeras (2009).

Produto	Elasticidade dispêndio		
	I	II	III
1 – Composto por açúcar refinado e açúcar cristal	0,636	0,326	-0,623
2 – Todos os tipos de arroz	0,664	0,343	-0,445
3 – Carne de boi de primeira	1,086	1,069	1,091
4 – Carne de boi de segunda	0,740	0,576	0,089
5 – Engloba todos os peixes e frutos do mar	0,814	0,753	0,731
6 – Ovo de galinha, macarrão, farinha de trigo, farinha de mandioca enlatados, maionese, sal refinado, óleo de soja, alimentos preparados, outros açúcares, etc.	0,838	0,787	0,723
7 – Todos os produtos e subprodutos da carne de Frango	0,685	0,548	0,172
8 – Legumes, Verduras, Frutas, Tubérculos e Raízes	0,999	0,999	0,999
9 – Matinais: Todos os laticínios, café, pães, e biscoitos	0,781	0,707	0,585
10 – Outras Carnes: carne de suíno, ovos e carnes de outras aves e carnes exóticas;	0,755	0,703	0,509
11 – Outros Cereais: Feijão, aveia, cevada, milho, trigo em grão, amendoim, etc.	0,680	0,447	-0,015
12 – Higiene: Sabonete, produtos para cabelo, pasta de dente, desodorante, etc.;	1,178	1,159	1,177
13 – Produtos de limpeza: água sanitária, álcool, detergente, sabão, entre outros	0,999	0,999	0,998
14 – Mobiliário e artigos do lar: móveis de sala, cozinha, quarto, roupa de cama, etc.	1,061	1,069	1,075
15 – Refrescos: Refrigerante, água de coco, guaraná em pó, caldo de cana, etc.	1,042	1,041	1,05
16 – Bebidas alcoólicas	1,513	1,355	1,301
17 – Jogos lotéricos, cinema, teatro, show, brinquedos, produtos para animais, etc.	1,503	1,364	1,233
18 – Telefone fixo, tel. celular e tel. público (impulsos);	1,294	1,204	1,182
19 – Aluguel, condomínio, água e esgoto, entre outros;	0,945	0,941	0,938
20 – Fogão, refrigerador, condicionador de ar, máquina de lavar roupas, lâmpada, etc.	0,943	0,930	0,911
21 – Vestuário: calça comprida, agasalho, bermuda, camiseta, saia, fralda, calçados, etc.	0,919	0,921	0,916
22 – Transporte público: ônibus urbano, intermunicipal e interestadual, táxi, metrô, avião, etc.	0,748	0,716	0,434
23 – Transporte privado: automóvel novo, combustível, óleo, pneu, conserto, etc.	2,775	1,609	1,349

Produto	Elasticidade dispêndio		
	I	II	III
24 – Saúde: plano de saúde, remédios, consulta médica e odontológica, exames laboratoriais, óculos, etc.	1,928	1,53	1,336
25 – Serviços Pessoais: Costureira, manicure, cabeleireiro, cartório, entre outros	1,680	1,368	1,276
26 – Educação: cursos regulares, livros, jornal, revista, caderno e artigos de papelaria	1,569	1,286	1,169
27 – Cigarro	0,740	0,581	0,319

Fonte: Elaboração dos autores com base em Pintos-Payeras (2009).

**Tabela A12.** Elasticidade-preço para os três estratos selecionados estimados por Pintos-Payeras (2009).

Produto	Elasticidade preço		
	I	II	III
1 – Composto por açúcar refinado e açúcar cristal	-0,70	-0,45	0,32
2 – Todos os tipos de arroz	-0,91	-0,83	-0,63
3 – Carne de boi de primeira	-0,89	-0,91	-0,88
4 – Carne de boi de segunda	-0,93	-0,89	-0,76
5 – Engloba todos os peixes e frutos do mar	-1,02	-1,03	-1,03
6 – Ovo de galinha, macarrão, farinha de trigo, farinha de mandioca enlatados, maionese, sal refinado, óleo de soja, alimentos preparados, outros açúcares, etc.	-0,91	-0,88	-0,84
7 – Todos os produtos e subprodutos da carne de Frango	-0,80	-0,71	-0,47
8 – Legumes, Verduras, Frutas, Tubérculos e Raízes	-1,00	-1,00	-1,00
9 – Matinais: Todos os laticínios, café, pães, e biscoitos	-1,00	-1,00	-1,00
10 – Outras Carnes: carne de suíno, ovos e carnes de outras aves e carnes exóticas;	-0,91	-0,89	-0,82
11 – Outros Cereais: Feijão, aveia, cevada, milho, trigo em grão, amendoim, etc.	-0,97	-0,95	-0,90
12 – Higiene: Sabonete, produtos para cabelo, pasta de dente, desodorante, etc.;	-0,94	-0,95	-0,94
13 – Produtos de limpeza: água sanitária, álcool, detergente, sabão, entre outros	-0,92	-0,91	-0,88
14 – Mobiliário e artigos do lar: móveis de sala, cozinha, quarto, roupa de cama, etc.	-0,79	-0,77	-0,75
15 – Refrescos: Refrigerante, água de coco, guaraná em pó, caldo de cana, etc.	-1,07	-1,07	-1,08
16 – Bebidas alcoólicas	-1,14	-1,10	-1,08
17 – Jogos lotéricos, cinema, teatro, show, brinquedos, produtos para animais, etc.	-0,80	-0,85	-0,91
18 – Telefone fixo, tel. celular e tel. público (impulsos);	-1,06	-1,04	-1,04
19 – Aluguel, condomínio, água e esgoto, entre outros;	-0,96	-0,96	-0,96
20 – Fogão, refrigerador, condicionador de ar, máquina de lavar roupas, lâmpada, etc.	-0,86	-0,83	-0,78
21 – Vestuário: calça comprida, agasalho, bermuda, camiseta, saia, fralda, calçados, etc.	-0,86	-0,87	-0,86
22 – Transporte público: ônibus urbano, intermunicipal e interestadual, táxi, metrô, avião, etc.	-0,83	-0,80	-0,62
23 – Transporte privado: automóvel novo, combustível, óleo, pneu, conserto, etc.	-1,09	-1,04	-1,03
24 – Saúde: plano de saúde, remédios, consulta médica e odontológica, exames laboratoriais, óculos, etc.	-0,87	-0,92	-0,95
25 – Serviços Pessoais: Costureira, manicure, cabeleireiro, cartório, entre outros	-0,90	-0,94	-0,96
26 – Educação: cursos regulares, livros, jornal, revista, caderno e artigos de papelaria	-0,35	-0,68	-0,81
27 – Cigarro	-1,02	-1,03	-1,04

Fonte: Elaboração dos autores com base em Pintos-Payeras (2009).

## Nota Técnica III: Metodologia para separação da renda da terra entre agentes

Professor Ângelo Gurgel – Fundação Getúlio Vargas/SP

### 1. Introdução

Nos últimos anos, inúmeras são as pesquisas têm sido conduzidas para desenvolver fontes alternativas aos derivados do petróleo, com o intuito de produção de energia em larga escala. Por um lado, devido à dependência mundial por esses recursos e pelo fato de serem finitos, o que implica a necessidade de substitutos no médio e longo prazos. Por outro lado, há grande preocupação sobre as emissões de carbono na atmosfera provenientes da utilização desses combustíveis e, com isso, séria implicações sobre o aumento do aquecimento global.

Dentre os possíveis substitutos dos derivados do petróleo destacam-se, principalmente, os biocombustíveis, os quais podem ser produzidos a partir de diversas fontes: cana-de-açúcar, milho, soja, mamona, entre outros. Tais combustíveis surgem, também, como grande alternativa para redução das emissões de carbono. O Brasil, juntamente com Estados Unidos e União Europeia, se coloca como um dos grandes produtores de biocombustíveis, principalmente o etanol da cana-de-açúcar e biodiesel da soja, além de enorme potencial para expansão da produção.

A real capacidade de redução das emissões quando do uso de combustíveis de biomassa é questionada, no entanto. Isso ocorre porque existem duas formas pelas quais os mesmos emitem gases do efeito estufa, as quais são chamadas emissões diretas e emissões indiretas, e que devem ser levadas em conta quando da análise de seu impacto total. As emissões ditas diretas são aquelas oriundas da utilização do combustível em si (nos automóveis, por exemplo) e das geradas durante o seu processo produtivo ou ciclo de vida. As emissões indiretas são caracterizadas como aquelas advindas das mudanças de uso da terra, que são decorrentes das retirada de carbono estocado no solo e na vegetação quando da substituição de áreas, em especial as florestais, a serem ocupadas pela cultura da qual será produzido o biocombustível (cana-de-açúcar, milho, soja, etc.).

Logo, para entender os impactos das mudanças do uso da terra sobre emissões de gases do efeito estufa e, conseqüentemente, sobre as mudanças climáticas, é de fundamental importância entender como se dá a distribuição da renda terra entre setores (de atividade e institucionais) no país. Para entender todo esse processo, os modelos de Equilíbrio Geral Computáveis (CGE) têm sido amplamente utilizados pela literatura, nacional e internacional, uma vez que tais modelos captam a forma como

diferentes setores de atividade, regiões e agentes interagem e, com isso, como diferentes usos da terra são alocados para produção, ou seja, como ocorrem as mudanças no uso da terra.

Inserindo nessa discussão, o amplo projeto, denominado *MitigationActionPlansandScenarios* (MAPS), reunindo esforços de pesquisadores de diversas áreas em países em desenvolvimento, têm como intuito de estabelecer evidências que ajudem a compreender o fenômeno transição dessas economias para economias limpas e eficientes. Com isso, espera-se contribuir para a mitigação das mudanças climáticas aliadas desenvolvimento sustentável, tanto do ponto de vista ambiental como social. O sub-projeto para o caso brasileiro é denominado Implicações Econômicas e Sociais – Brasil, doravante IES-Brasil.

Dentre todos os trabalhos que compõem IES-Brasil, o presente trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para separar a renda apropriada pelo fator de produção terra dos demais fatores de produção, a partir da investigação na literatura nacional e internacional. Os resultados propostos por este trabalho serão utilizados no modelo de Equilíbrio Geral Computável IMACLIM-BR, cuja metodologia atual segue o trabalho de Tourinho, Silva e Alves (2006). Neste trabalho, serão propostos parâmetros (ou proporções) da renda da terra para diferentes setores de agricultura e pecuária, conforme será visto mais adiante, além de outros parâmetros que determinam como essa renda é distribuída entre setores institucionais (famílias, firmas e governo).

Para tanto, este trabalho está dividido em outras quatro seções, além desta introdução. Na seção 2 será discutida a literatura relevante para o trabalho. Na seção 3, será explicada a metodologia utilizada para estimar a proporção da renda terra (no setor agropecuário) e distribuição entre setores institucionais, com breve discussão da base de dados. Na seção 4 são reportados os resultados. Por fim, na seção 5, são apresentadas as conclusões.

## **2. Renda da terra em matrizes de contabilidade social**

Uma das grandes questões em modelos de Equilíbrio Geral Computável (CGE) é como a considerar a utilização da terra pelos diferentes setores da economia. Geralmente, em Matrizes de Contabilidade Social (SAM, do inglês *Social Accounting Matrix*), que servem de fonte de dados para modelos CGE, a terra é classificada com um fator de produção (componentes do valor adicionado), juntamente com trabalho e capital.

É comum que modelos CGE utilizem apenas trabalho e capital como fatores de produção. Devido a inúmeras fontes de dados sobre remuneração do fator trabalho (advindos de pesquisas amostrais como, por exemplo, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD), é simples obter o valor total pago

em salários (massa salarial), dado pelo somatório das remunerações totais. Sendo assim, a remuneração do capital é estimada por resíduo, dada pela diferença entre o valor adicionado e a massa de salários.

Torna-se tarefa mais complicada obter uma estimativa da remuneração do fator de produção terra, uma vez que a remuneração desse fator nem sempre envolve uma relação explícita (quando, por exemplo, o produtor utiliza a sua própria terra, o que remeteria a interpretação da remuneração do fator não a um pagamento monetário, mas ao custo de oportunidade desse fator) ou se confunde com a própria remuneração do capital (o caso de aluguéis de uma propriedade). A forma mais comumente adotada na literatura utiliza o preço médio do arrendamento da terra como *proxy* para estimar a renda da terra. Com isso, apenas a Agropecuária atribui remuneração não nula para esse fator<sup>39</sup>.

Além da forma como os setores remuneram o fator terra, é preciso definir como essa renda se distribui entre os diferentes agentes da economia. Na maior parte dos modelos CGE, devido à hipótese de agente representativo, essa discussão não é relevante, uma vez que esse agente recebe como dotação a renda de todos os fatores de produção, inclusive a renda da terra.<sup>40</sup> Logo, a literatura em como a renda da terra se distribui entre agentes é praticamente inexistente.

O *Global Trade Analysis Project* (GTAP), que elabora modelos CGE amplamente utilizados, principalmente em análises comércio externo e mudanças climáticas, possui informações de diversos países e regiões do mundo, provenientes de trabalhos realizados pela sua grande rede de colaboradores. Os esforços concentram-se em como representar da melhor maneira diferentes setores de atividade econômica nas regiões consideradas. Em especial, a forma como levar em consideração o uso de recursos naturais (ou fatores primários) nesses setores e regiões.

Na documentação do modelo, em Hertel, Tsigas e Narayanan (2012), os autores discutem as elasticidades de oferta dos fatores primários nos setores de exploração florestal, pesca, extração mineral e agropecuária, as quais, por meio de uma relação de equilíbrio parcial, são função da parcela da renda destinada a fatores primários em cada um desses setores. Devido à escassez de dados e estudos que se empenham em calcular essas elasticidades, em geral, extrapola-se os valores encontrados em um determinado setor e região para as demais regiões.

A Agricultura, no entanto, recebe maior atenção dos pesquisadores que se dedicam a esse estudo. Para o caso brasileiro, o GTAP serve-se dos resultados encontrados em Brandão, Hertel e Campos (1994), que

---

<sup>39</sup> Alguns trabalhos consideram que o setor “Indústrias Extrativas” também utiliza a terra como fator de produção, como será visto mais adiante.

<sup>40</sup> Exemplos de modelos CGE.

pioneiramente estimaram a parcela da renda da terra no valor adicionado. Considerando três fatores de produção, terra, trabalho e capital, os autores chegam às proporções de 0,16, 0,24 e 0,60, respectivamente. Ou seja, ainda que fator indispensável na atividade agrícola, a terra responde pela menor fração na renda gerada pela atividade agrícola. Os valores encontrados nesse trabalho, ainda que antigos, ainda são utilizados no modelo GTAP.

Lima (2007), em trabalho mais recente, utiliza dados do Censo Agropecuário para estimar a parcela da renda apropriada pela terra no Brasil. Para tanto, pressupõe-se que o preço do arrendamento é a remuneração do fator terra, ou seja, o valor recebido por cada utilizada de terra utilizada. Segundo a autora, o preço do arrendamento pode ser afetado por diversos fatores: tipo de cultura; disponibilidade e tipo da terra; clima e relevo; PIB (industrial ou de serviços), taxa de juros e índice de preços recebidos pelos produtores, que dão uma medida de custo de oportunidade da atividade agrícola; entre outros. Para cada uso do solo, o preço do arrendamento é dado pela razão entre o gasto total com arrendamento e a área arrendada, esse valor é então multiplicado pela área total produzida, chegando, finalmente, à renda bruta associada ao fator de produção terra.

Todos esses trabalhos, no entanto, não consideram como a renda se distribui entre os agentes; o primeiro por se tratar de uma análise de insumo produto, e o segundo por ser um modelo CGE com agente representativo, o qual recebe todas as rendas dos fatores de produção e, a partir de hipóteses comportamentais, decide como emprega-las. Em modelos como IMACLIM-BR, que não possui apenas um agente, será necessário desenvolver uma metodologia que forneça coeficientes de distribuição entre agentes, doravante setores institucionais.

Tourinho, Silva e Alves (2006), trabalho que serve de base a versão preliminar do modelo IMACLIM-BR, também utiliza o produto entre preço médio do arrendamento (em R\$ por hectares) e a área total utilizada (em hectares), discriminando entre agricultura e pecuária, para obter a renda da terra no ano de 2003, de R\$ 47,73 bilhões. Como o sistema de contas nacionais discrimina, para as famílias, o valor total da renda proveniente da terra, R\$ 2,5 bilhões, a diferença, R\$ 45,23 bilhões, cabe às firmas. Ou seja, segundo esse critério, 95% da renda total da terra é apropriada pelas firmas.

Tourinho (2008) descreve a construção de um conjunto de matriz de contabilidade social para o Brasil entre 1990 e 2005. Nesse contexto, o autor faz uma atualização do trabalho anterior. A renda auferida pelo fator terra é dada pelo produto entre a área total utilizada (em hectares) e o preço médio do arrendamento (em R\$ por hectares), discriminando a atividade agrícola da atividade pecuária, exatamente como Tourinho, Silva e Alves (2006). Na tabela A5 do trabalho é apresentado o histórico de crescimento da renda terra para ambas as utilizações do solo, bem como a renda apropriada por

famílias e empresas.<sup>41</sup> Para calcular essa última, diferente do trabalho anterior, o autor assume que as empresas se apropriam de 70% da renda terra, enquanto as famílias ficam com 30% da mesma.

Diferente das matrizes anteriores, o modelo IMACLIM-BR possui três diferentes agentes: famílias (HH), firmas (ENT) e governo (GOV). Cada um desses agentes recebe, como dotação, parte da remuneração destinada aos fatores de produção considerados no modelo (trabalho, terra e capital), e utiliza os recursos recebidos segundo equações comportamentais.<sup>42</sup> Neste trabalho, serão propostos coeficientes segundo os quais a renda do fator terra se distribui entre os setores institucionais, e tais coeficientes serão discutidos na seção 3.2.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Proporção da renda da terra

Devido à maior literatura nesta área, além da indisponibilidade de dados para o Brasil, principalmente no que se refere à estrutura de receitas e despesas dos produtores agropecuários, optou-se por fazer uma discussão crítica dos resultados obtidos na literatura relevante, de modo a determinar o parâmetro que melhor reflete a parcela do valor adicionado destinada ao fator terra.

Conforme relatado na seção anterior, os trabalhos que se propuseram a calcular a renda da terra no Brasil usaram metodologias diversas e chegaram a resultados também diversos para a fração da renda apropriada pelo fator terra, conforme mostrado no Quadro 1.

**Tabela A13.** Coeficientes da participação da renda da terra no valor adicionado

Trabalho	Método	Parâmetro	Ano
Tourinho, Silva e Alves (2006)	Renda da terra=Preço médio do arrendamento (FGV)*Área Plantada (Censo Agropecuário)	0.04	2003
Tourinho (2008)	Renda da terra=Preço médio do arrendamento (FGV)*Área Plantada (Censo Agropecuário)	0.015	2005
Lima (2007)	Renda da terra=Preço médio do arrendamento (Censo)*Área Plantada (Censo Agropecuário)	entre 0.23 e 0.53	1985
		entre 0.32 e 0.52	1995/96
Brandão, Hertel e Campos (1994)	Contas Nacionais	0.16	1980/85

Fonte: Elaboração própria com base nos trabalhos discutidos.

<sup>41</sup> A área utilizada nas atividades agropecuárias é dada pela observada no Censo Agropecuário de 1995/96, atualizada por taxas de crescimento segundo IBGE (2004). O preço médio do arrendamento, similarmente ao trabalho anterior, provém da FGV.

<sup>42</sup> Ver Wills (2013) para documentação do modelo IMACLIM-BR.

Primeiramente, note que a proporção da renda associada ao fator de produção terra encontradas na literatura é bem diferente, indo de 1,5% em Tourinho (2008) a 53% em Lima (2007).<sup>43</sup> Segundo esse último, parece haver um crescimento da parcela da renda entre os Censos Agropecuários de 1985 e 1995/96, especialmente na região Sudeste. Esse fato é pouco intuitivo, uma vez que as proporções da renda associadas aos fatores de produção são relativamente estáveis ao longo do tempo ou, no limite, tendem a favorecer o trabalho (qualificado). Logo, os resultados encontrados por Lima (2007) podem ser influenciados, por exemplo, por mudanças de metodologia entre as pesquisas.

Em Tourinho, Silva e Alves (2006) e Tourinho (2008), o pressuposto de preço constante do arrendamento entre regiões parece subestimar o valor real, o que pode se dever à diferença de metodologia entre o preço médio do arrendamento, proveniente do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE-FGV) e do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além dos valores da renda do capital e renda do trabalho, obtidos pelo Sistema de Contas Nacionais (SCN) também do IBGE.

Admitindo-se que deve haver, no máximo, uma queda na parcela da renda associada à terra, o verdadeiro valor dessa proporção deve situar-se entre os valores estimados por Tourinho, Silva e Alves (2006), Tourinho (2008) e Brandão, Hertel e Campos (1994), ou seja, pouco menos de 10% do valor adicionado total, fazendo uma média simples entre os reportados no Quadro 1.

Cabe aqui fazer algumas ressalvas. Primeiramente, qual seria essa proporção entre setores da economia. Conforme já ressaltado anteriormente, a maior parte dos trabalhos considera que apenas o setor da agropecuária tenha uma proporção não-nula para a renda da terra. Logo, o parâmetro a ser encontrado neste trabalho é único e igual a 10%.

Além disso, o Brasil possui uma fonte relativamente escassa de dados agropecuários (de divulgação livre) a serem utilizados para se obter as estimativas pretendidas. Os trabalhos aqui citados utilizaram, da melhor mais original forma possível, as informações ao alcance e, mesmo assim, apresentaram resultados conflitantes entre si. A atualização dos valores estimados por eles, porém, tem como grande limitação a disponibilidade de dados de maneira ampla e confiável.

---

<sup>43</sup>Para a região Centro-Oeste no ano de 1985.

### 3.2. Distribuição da renda da terra entre setores institucionais

A atual versão do modelo IMACLIM-BR utiliza os coeficientes propostos por Wills (2013), os quais são reportados na primeira coluna da tabela 1, na seção de resultados. São utilizados dados do Censo Agropecuário de 2005-06 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que divulga a informação da área dos estabelecimentos agropecuários segundo condição legal do produtor em relação à terra. A correspondência entre as informações fornecidas pelo IBGE e os agentes do modelo IMACLIM-BR, segundo Wills (2013), é apresentada no Quadro 2.

**Figura A7.** Correspondência entre classificação dos produtores (IBGE) e agentes do IMACLIM-BR

Condição Legal do Produtor em Relação à Terra	IMACLIM-BR
Proprietário individual	HH
Condomínio, consórcio ou sociedade de pessoas	
Cooperativa	ENT
Sociedade anônima ou por cotas de responsabilidade limitada	
Insituição de utilidade pública	
Governo (federal, estadual ou municipal)	GOV
Outra condição	

Fonte: Elaboração própria a partir de Wills (2013).

A proporção da renda da terra auferida por cada agente ( $\alpha_i$ ) é estimada como

$$\alpha_i = \frac{L_i}{L} \quad (1)$$

Porém, o ideal seria que  $\alpha_i$  fosse dado pela razão entre o valor da produção associado ao agente  $i$  e o valor da produção total, os quais, no entanto, não são divulgados pelo IBGE. A hipótese da equação (1) é de que todos os agentes possuem a mesma produtividade, definida aqui como valor gerado por hectare.

Os resultados sugerem que a maior parte da renda da terra no Brasil é destinada às famílias ( $\alpha_{HH} = 0.90$ ). Isso reflete o fato da produção agropecuária no Brasil ser realizada, principalmente, em propriedades privadas geridas por famílias. Empresas cujas atividades são relacionadas à agropecuária, como a indústria alimentícia e de beneficiamento de gêneros primários, em geral, arrendam propriedades familiares para produzir e agregam valor via atividade industrial, não auferindo diretamente a renda da terra.

Como forma de refinar os resultados obtidos por Wills (2013), relaxando a hipótese de produtividade igual entre agentes, este trabalho utilizará informações adicionais do Censo Agropecuário para estimar o valor da produção de cada agente econômico do modelo IMACLIM-BR (vi), utilizando também a correspondência do Quadro 2.

O IBGE divulga tanto área dos estabelecimentos agropecuários quanto valor da produção, por condição do produtor<sup>44</sup> e uso da terra, ambas apresentadas no Quadro 3. Definiremos  $M$  o número de tipo de produtores e  $K$  o número de usos da terra. As matrizes  $A_{MXK}$  e  $V_{MXK}$  são as matrizes de área e valor da produção, respectivamente, sendo  $a_{m,k}$  um elemento de  $A$ ,  $ev_{m,k}$  e um elemento de  $V$ .

Figura A8. Classificação de produtores e uso da terra (IBGE)

Condição do Produtor em Relação à Terra	Uso da Terra	
Proprietário	Lavoura temporária	Agricultura
Assentado sem titulação definitiva	Horticultura e floricultura	
Arrendatário	Lavoura permanente	
Parceiro	Sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal	
Ocupante	Produção florestal – florestas plantadas	Pecuária
	Produção florestal – florestas nativas	
	Pecuária e criação de outros animais	
	Pesca	
	Aquicultura	

Fonte: elaboração própria.

A hipótese adotada é que cada tipo de produtor possui uma produtividade em cada tipo de utilização da terra. Ou seja, sendo  $p_{m,k}$  a produtividade do tipo  $m$  de produtor no uso  $k$ , temos

$$p_{m,k} = \frac{v_{m,k}}{a_{m,k}} \quad (2)$$

Além disso, é possível construir uma matriz  $B_{NXM}$  da área dos estabelecimentos agropecuários, onde  $N$  é o número de condições legais do produtor em relação à terra (conforme o Quadro 2). Definimos  $\tilde{B}$  como a matriz  $B$  normalizada na linha.<sup>45</sup> A matriz  $C_{NXK}$ , com a área dos estabelecimentos agropecuários por condição legal do produtor em relação à terra e uso da terra, conforme utilizado por Wills (2013).

<sup>44</sup> Note que essa classificação difere da classificação anterior de “condição legal do produtor em relação à terra”.

<sup>45</sup> Cada elemento dividido pela soma dos elementos de cada linha de .

Assim, podemos obter a produtividade dos agentes do modelo IMACLIM-BR em cada uso da terra  $\tilde{P}_{NKK}$ , como a média ponderada das produtividades de cada tipo de produtor em cada uso da terra

$$\tilde{P} = \tilde{B}P \quad (3)$$

Com isso, diferente da hipótese de Wills (2013), temos produtividades diferentes para os diferentes agentes econômicos do modelo IMACLIM-BR. O valor da produção associado a cada condição do produtor em relação à terra ( $\tilde{v}_{n,k}$ ), será dado por

$$\tilde{v}_{n,k} = \tilde{p}_{n,k} c_{n,k} \quad (4)$$

Agregando os diferentes usos da terra entre agricultura e pecuária (Quadro 3) e os diferentes agentes considerados pelo IMACLIM-BR (Quadro 2), podemos calcular a proporção da renda da terra auferida por cada agente como

$$\tilde{\alpha}_i = \frac{\tilde{v}_i}{\tilde{v}} \quad (5)$$

Onde  $\tilde{\alpha}_i$  é a nova proporção da renda da terra para o setor institucional  $i = \{HH, ENT, GOV\}$ .

#### 4. Resultados

Os resultados obtidos são reportados nas duas últimas colunas da tabela 1.

**Tabela A14.** Participação da renda da terra entre setores institucionais

Setor Institucional	Wills (2013)	Valores estimados	
		Lavouras	Pastagens
HH	0.90	0.85	0.92
ENT	0.09	0.13	0.07
GOV	0.01	0.02	0.01

Fonte: elaboração própria.

Similarmente aos resultados de Wills (2013), as famílias se apropriam da maior parte da renda da terra, tanto para a agricultura quanto para a pecuária. Mas percebe-se que essas proporções diferem sensivelmente entre esses dois tipos de uso, sendo que as famílias se apropriam de maior parte da renda da terra proveniente da pecuária, em relação às firmas, do que a renda proveniente da agricultura.

Em comparação aos resultados de Wills (2013), note que para Lavouras, há um aumento da proporção da renda da terra destinada às firmas (ENT) e diminuição da proporção da renda da terra destinada às

famílias (HH), o que mostra que, ao assumir o pressuposto de que as produtividades são iguais entre os agentes, subestima-se a participação das firmas na renda da terra, uma vez que essas tendem a ser mais produtivas no manejo do solo em relação aos produtores familiares levando, como consequência, à superestimação da proporção deste último.

Para testar uma possível heterogeneidade entre regiões brasileiras, os mesmos parâmetros foram estimados para as cinco macrorregiões: Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Os resultados são apresentados na tabela 2. Note que os parâmetros são bem diferentes entre as regiões, principalmente para a atividade agrícola.

**Tabela A15.** Participação da renda da terra entre setores institucionais nas regiões brasileiras

Região	Setor Institucional	Coeficientes	
		Lavouras	Pastagens
Norte	HH	0.95	0.94
	ENT	0.04	0.05
	GOV	0.01	0.01
Nordeste	HH	0.88	0.94
	ENT	0.10	0.05
	GOV	0.01	0.01
Sudeste	HH	0.74	0.89
	ENT	0.24	0.10
	GOV	0.02	0.01
Sul	HH	0.88	0.95
	ENT	0.10	0.04
	GOV	0.01	0.01
Centro-Oeste	HH	0.85	0.91
	ENT	0.14	0.08
	GOV	0.01	0.01
Brasil	HH	0.83	0.92
	ENT	0.15	0.07
	GOV	0.02	0.01

Fonte: Elaboração própria.

Para destacar essas diferenças, consideremos as regiões Norte e Sudeste. Quando utilizado o procedimento de Wills (2013), sobrestima-se a participação da região Norte no cálculo dos parâmetros, já que essa região é caracterizada por ter baixa produtividade (menor relação valor da produção por área). Assim, como nessa região as famílias se apropriam da maior parte da renda da terra (95%), maior será o coeficiente associados às famílias quando calculado o coeficiente geral para o Brasil.

Por sua vez, na região Sudeste, segundo os cálculos realizados aqui, as firmas se apropriam de uma parcela relativamente maior da renda da terra (24%, enquanto as famílias ficam com 74%). Mas, a

região sudeste possui maior produtividade (em termos de valor da produção por área agrícola). Assim, se um maior peso for dado a essa região, menor será a parcela da renda da terra destinada às famílias e maior a destinada às firmas.

As três últimas linhas da tabela 2 são dadas pela média ponderada dos parâmetros regionais, ponderados pelo valor da produção agrícola (em R\$) em cada região. Note que os valores são consistentes com os obtidos na tabela 1.

Diferente do que ocorre no setor agrícola, para a pecuária, os parâmetros são bem similares entre as regiões brasileiras. A média ponderada dos parâmetros regionais também é consistente com os resultados da tabela 1.

Tanto no procedimento com dados agregados (tabela 1) como com dados desagregados por macrorregiões, os valores diferem substancialmente dos utilizados por Tourinho (2008), o qual atribui coeficientes de 0,7 para as firmas e 0,3 para as famílias. Tais coeficientes são irrealistas, uma vez que estipula uma participação muito superior das firmas, conforme comprovado pelos resultados deste trabalho e dos obtidos por Wills (2013).

## 5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo discutir como se insere a renda da terra em Matrizes de Contabilidade Social. O foco dá-se sobre dois aspectos: i) como separar a renda apropriada pelo fator terra da renda apropriada pelos demais fatores de produção; ii) como a renda da terra se divide entre os agentes da economia (setores institucionais).

O primeiro aspecto possui literatura relativamente mais ampla, uma vez que tem grande utilização em modelos de Insumo Produto e Equilíbrio Geral Computável, principalmente em trabalhos que se propõem a analisar o setor da agropecuária no Brasil, ou mudanças no uso da terra e mudanças climáticas. Com isso, optou-se por fazer uma discussão crítica dos resultados obtidos na literatura relevante, de modo a determinar o parâmetro que melhor reflete a parcela do valor adicionado destinada ao fator terra. A análise aponta que em torno de 10% do valor adicionado destina-se ao fator terra.

O segundo aspecto, por sua vez, possui literatura muito insipiente limitando-se, para aos trabalhos de Tourinho, Silva e Alves (2006) e Wills (2013), que encontram proporções de destinação da renda da terra para três agentes econômicos (setores institucionais): Famílias (HH), Firmas (ENT) e Governo (GOV). No presente trabalho, optou-se por aprimorar a metodologia proposta por Wills (2013), ao utilizar informações disponíveis no Censo Agropecuário, no entanto, relaxando a hipótese de

produtividade igual entre agentes. Adota-se, então, a hipótese de que cada tipo de produtor possui uma produtividade em cada tipo de utilização da terra, e essa produtividade é que será constante. Os resultados são ligeiramente diferentes dos encontrados por Wills (2013), principalmente por esse trabalhar subestimar a participação das firmas na renda da terra.

O cálculo apurado dos coeficientes de interesse neste trabalho esbarra, para o caso brasileiro, principalmente, na inexistência ou baixa qualidade de dados. Além disso, poucas são as bases de dados de informação livre. O Censo Agropecuário ainda é a grande fonte de informação aberta para o setor agropecuário no Brasil, e o qual foi utilizado neste trabalho na seção 3.2. Com o aumento da quantidade de informações, espera-se também, a melhora dos coeficientes estimados, em trabalhos posteriores.

Porém, apesar das limitações, este trabalho consegue consolidar duas literaturas intimamente relacionadas, mas que eram tratadas separadamente. A crescente necessidade de pesquisa sobre mudanças no uso da terra e mudanças climáticas exigirá, cada vez mais de avanços sobre modelagem do uso da terra, tanto em modelos de Insumo Produto, quando em Equilíbrio Geral Computável.

## Referências bibliográficas

BRANDÃO, A.S.P.; HERTEL, T.W.; CAMPOS, A. *“The Implications of International Agricultural Trade Liberalization for Brazilian Agriculture”* em I. Goldin, O. Knudsen, and A.S. Brandao, (eds.) *“Modeling Economy-Wide Reforms Development Centre of the Organization for Economic Co-Operation and Development”* Paris, Capítulo 4, p. 193-222. 1994.

HERTEL, T. W.; TSIGAS, M.; NARAYANAN G., B. *“Chapter 12.A: Primary Factor Shares”* em NARAYANAN, G., BADRI; AGUIAR, A.; MCDUGALL, R., *“Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 8 Data Base”*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University. 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema de Contas Nacionais Brasil. Série Relatórios Metodológicos*, v. 24, Diretoria de Pesquisas, Rio de Janeiro, 2004.

LIMA, S. M. P. *A evolução da participação dos fatores primários na renda do setor agropecuário no período de 1970 a 1995/96*. Universidade de São Paulo. 2007. (Dissertação de mestrado).

TOURINHO, O. A. F.; SILVA, N.; ALVES, Y. *Uma matriz de contabilidade social para o Brasil em 2003*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2006 (Texto para Discussão, 1.242).

TOURINHO, O. A. F. *Matrizes de contabilidade social (SAM) para o Brasil de 1990 a 2005*. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 29, P. 327-364, JUN. 2008.

WILLS, W. *Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de gases de efeito estufa na economia do Brasil*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013. (Tese de doutorado)

## Nota Técnica IV: Considerações sobre o crescimento econômico mundial e as exportações e importações brasileiras

Professor Ângelo Gurgel – Fundação Getúlio Vargas/SP

### 1. Introdução

Segundo as Contas Nacionais Trimestrais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 1995 e 2013, a agropecuária, a indústria e o setor de serviços representaram na média 5.8%, 27.2% e 67.0%, respectivamente, do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. A partir dos dados compilados por Feesntra (2013), entre 1995 e 2011, descontados a inflação e a variação cambial, o PIB brasileiro cresceu em média 2,09% ao ano. Enquanto o PIB mundial cresceu em média 3,4% ao ano. Além disso, segundo o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio, entre 1996 e 2010, o setor industrial na média representou 78% do valor total exportado no Brasil. Esse setor também é destino de 85,5% do total de insumos importados pela economia brasileira. A partir desses fatos o objetivo desse trabalho é mostrar como os diferentes setores da economia brasileira se comportariam frente às projeções de crescimento do produto agregado mundial. Focaremos os períodos entre 2013-2020 e 2021-2030, conforme o cenário de referência do modelo IMACLIM-BR.

Em suma, o que faremos é estimar o efeito médio da variação do crescimento do PIB mundial e do PIB brasileiro sobre o produto de cada um dos setores que compõem economia brasileira. Restringiremos os efeitos sobre o setor manufatureiro, porque é o setor mais sensível às tendências externas e também apresenta maiores efeitos multiplicadores sobre a dinâmica da economia doméstica (Jones, 2011).

Para computar esses efeitos utilizaremos o estimador de efeito fixo e controlaremos por variáveis que afetariam a distribuição dos setores e que não necessariamente seriam correlacionados com as taxas de crescimentos do PIB, mundial ou brasileiro (Ciccone e Papaioannou, 2010). Como índices que capturem os efeitos da infraestrutura, da educação e das instituições (Boone, 2000; Aghion e Griffith, 2008). Mostraremos também como as exportações e importações de cada setor serão afetadas de modo distinto nessa situação. Na medida em que, no caso das exportações, dado que o setor industrial na média é o que mais exporta, poderia aumentar a competitividade desse setor. Em suma, os resultados obtidos implicam que os setores de refino de petróleo e o setor de metais básicos e siderurgia são os que mais ganham em termos de crescimento do produto.

A partir dessa breve introdução, esse trabalho é dividido da seguinte forma. Na seção 2, apresentaremos alguns fatos sobre o setor de manufaturados do Brasil. Na seção 3, apresentaremos as

estimativas dos efeitos do crescimento mundial e do crescimento brasileiro sobre os diferentes setores. Por fim, na última seção serão expostas as considerações finais ainda necessárias.

## **2. Fatos sobre o setor de manufaturados brasileiro**

Nessa seção apresentaremos um panorama do setor manufatureiro brasileiro. Como apresentamos anteriormente esse representa uma parcela significativa das exportações brasileiras. Esse fato implicaria em maior sensibilidade aos efeitos de tendência externa. Além disso, segundo Jones (2011) por caracterizar produtos de elevada interdependência entre os setores, mesmo com outros setores, a indústria tem elevados efeitos multiplicadores sobre a produção agregada.

Antes descreveremos sucintamente os dados usados nesse trabalho. Usaremos os dados da Industrial StatisticsDatabase (INDSTAT) da United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Essa base de dados contém uma série de dados entre o período de 1990 e 2010, no caso do Brasil entre 1995 e 2010. Os dados estão disponíveis por país, ano e classificados pela International Standard Industries Classification (ISIC) desagregados até o quarto nível, com isso teríamos 151 subsetores manufaturados, no caso do Brasil temos 31 subsetores. Essa base de dados contém informações sobre quantidade de estabelecimentos, número de empregados, salários e benefícios, produto, valor adicionado e formação bruta de capital fixo. Também usaremos os dados compilados por Feenstra (2013) para taxa de câmbio, PIB mundial e PIB brasileiro.

A Tabela 1 apresenta uma descrição dos subsetores analisados. Observe que o subsetor de refino de petróleo representa, na média, cerca de 20% da produção do setor de manufaturados brasileiro. Além disso, esse subsetor junto com os subsetores de siderurgia, acessórios automobilísticos e de produtos plásticos representa pouco mais de 50% do produto da Indústria brasileira. Esses subsetores também representam uma parcela significativa do volume exportado e importado pela Indústria brasileira. Observe que os subsetores chaves do projeto IMACLIM-BR estão contidos nos subsetores de refino de petróleo e no de siderurgia e metais básicos. Nesses subsetores a importação de insumos é proporcionalmente elevada. Além disso, as exportações do subsetor de siderurgia e metais básicos são expressivas. Assim, como as exportações e importações brasileiras são predominantemente oriundas da Indústria e dentro desse setor os subsetores de refino de petróleo e o subsetor de siderurgia e metais básicos são expressivos, então é esperado que os efeitos da dinâmica do PIB mundial e do PIB brasileiro tenham efeitos relevantes e alavancadores sobre estes setores.

**Tabela A16.** Fatos sobre o setor de manufaturados brasileiro

Subsetor	Output	Establi hments	Export	Import	Employees	Wage
Refinedpetroleumproducts	19,17	0,15	6,19	14,46	0,80	5,14
Basic ironandsteel	13,48	1,48	32,53	11,64	4,28	9,53
Parts/accessories for automobiles	12,03	2,15	19,13	15,23	6,47	13,97
Plasticproducts	10,07	11,03	3,36	6,86	12,85	13,57
Wearing apparel, except fur apparel	7,52	39,18	1,29	2,14	25,89	13,75
Dairyproducts	6,51	6,76	0,68	1,96	4,97	5,28
Footwear	5,79	8,66	10,86	1,04	16,15	9,05
Furniture	4,77	16,48	4,23	1,36	11,41	7,61
Domesticappliancesn,e,c,	3,47	0,68	2,32	1,62	2,48	4,11
Tobaccoproducts	3,27	0,47	0,96	0,05	1,01	2,09
TV/radio transmitters; line comm, apparatus	2,92	0,64	4,03	12,48	1,41	2,64
Office, accounting and computing machinery	2,78	0,80	2,52	16,70	1,49	2,99
Glass andglassproducts	2,39	0,80	1,57	1,83	1,64	2,46
Sawmilling and planing of wood	1,86	7,60	6,01	0,10	4,96	2,57
Electricitydistribution&controlapparatus	1,65	0,94	1,87	4,25	1,56	2,36
Knitted and crocheted fabrics and articles	0,80	1,65	0,65	1,14	1,50	1,08
Man-madefibres	0,65	0,10	0,76	3,33	0,38	0,69
Railway/tramway locomotives & rolling stock	0,58	0,12	0,90	1,30	0,43	0,81
Watchesandclocks	0,28	0,30	0,14	2,50	0,31	0,30

Note: Cada coluna representa a participação percentual de cada variável no setor de manufaturados brasileiro computado a partir dos dados da INDSTAT entre 1995 e 2010.

Dado esse panorama inicial, a figura 1 apresenta a dinâmica particular dos subsectores que caracterizam os setores de refino de petróleo e no de siderurgia e metais básicos. Observe que especificamente o subsector de refino de petróleo e o subsector de siderurgia e metais básicos tiveram um crescimento substancial após 2005. Esse fato ocorreu principalmente devido o aumento dos preços das commodities nesse período. Além disso, apesar da queda da produção em 2008, provavelmente devido à crise dos subprimes, aparentemente esses subsectores já retomaram a sua trajetória de crescimento. Por último, o setor de carvão é relativamente pouco expressivo quando comparado aos outros subsectores.

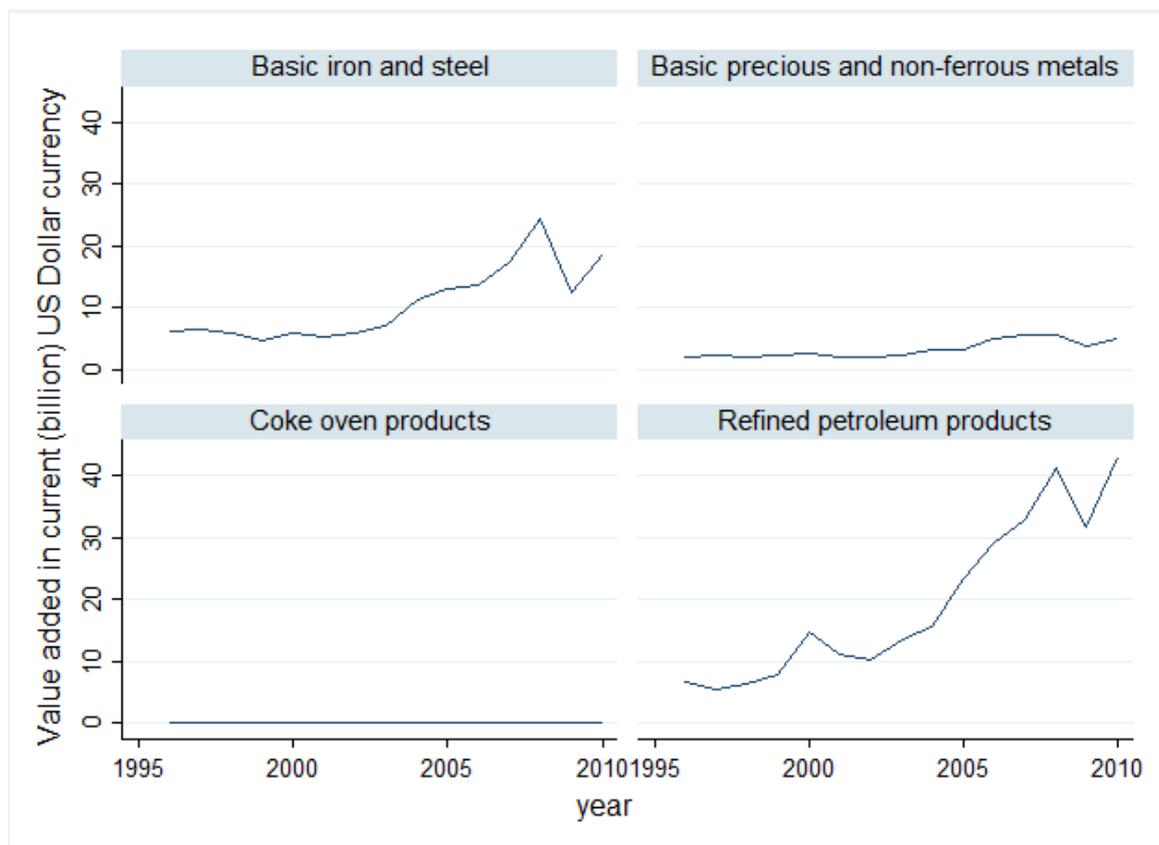


Figura A9. Fatos sobre o setor de manufaturados brasileiro II

### 3. Aferição empírica

A partir dos fatos apresentados anteriormente, nessa seção apresentaremos quais seriam os efeitos das variações do crescimento do PIB brasileiro e do crescimento do PIB mundial sobre os diferentes subsetores que compõe o setor de manufaturados brasileiro, conforme as hipóteses do projeto IMACLIM-BR. Seguindo as hipóteses desse projeto, iremos supor que a dinâmica da participação de cada setor na produção é exogenamente determinada. A partir disso, utilizamos os dados disponíveis da INDSTAT da UNIDO sobre a distribuição dos setores de manufaturados brasileiros. Também usaremos os dados do Feenstra (2013) para PIB, mundial e brasileiro. O período de parametrização é de 1995 e 2010. Como temos um painel pequeno de setores e anos, usaremos o estimador de efeito fixo e controlaremos os efeitos temporais e intrasetoriais, conforme sugerido por Boone (2000) e também por Ciccone e Elias Papaioannou (2010).

A Tabela 2 apresenta os resultados gerais desse estudo. Dentre as variáveis de controle, utilizamos dummies de tempo e setor. Também controlamos pelo produto de cada subsetor em 1995 e o capital humano (Feenstra, 2013). Os resultados dessa tabela mostram que o aumento do crescimento mundial

geraria um efeito positivo sobre a média do produto dos subsetores que compõe o setor de manufaturados do Brasil. Como era esperado. O mesmo efeito ocorre com o crescimento do PIB brasileiro. Note também que o efeito das importações é maior do que os efeitos das exportações. Corroborando, em parte, o fato de a indústria brasileira ser dependente de insumos importados.

**Tabela A17.** Resultados – Resultados dos modelos estimados sobre a média dos setores (variável dependente: nível do produto industrial)

Variáveis	Modelos estimados					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Crescimento do PIB mundial (%)	6.206*** (1.606)	4.639 (2.965)	5.408* (2.816)	5.408* (2.816)	0.664* (3.182)	0.664* (3.182)
Crescimento do PIB brasileiro (%)		1.680 (3.085)	-0.524 (2.932)	-0.524 (2.932)	0.315* (3.458)	0.315* (3.458)
Exportações (U\$ bilhões)			0.100*** (0.0219)	0.100*** (0.0219)	0.100*** (0.0219)	0.100*** (0.0219)
Importações (U\$ bilhões)			0.150*** (0.0347)	0.150*** (0.0347)	0.150*** (0.0347)	0.150*** (0.0347)
Produto inicial (U\$ bilhões)				0.662*** (0.0397)		0.662*** (0.0397)
Capital humano (anos de estudo)					3.683** (1.621)	3.683** (1.621)
Dummy de tempo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummy de setor	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	21.95*** (0.0974)	21.93*** (0.108)	16.95*** (0.729)	2.710*** (0.952)	7.968** (3.870)	6.267* (3.905)
Observações	456	456	456	456	456	456
Número de subsectores	31	31	31	31	31	31
Chi quadrado	11301	11301	12716	12716	12716	12716
R2 ajustado	0.965	0.965	0.969	0.969	0.969	0.969

Note: Erros padrões em parênteses; \* p<.05; \*\* p<.01; \*\*\* p<.001. A variável dependente é a média da taxa de crescimento do produto do setor de manufaturados brasileiro. Essas estimativas cobrem o período entre 1995 e 2010.

Contudo, quando controlamos pelo capital humano, a magnitude do efeito do crescimento doméstico sobre o produto de cada subsetor é maior e o impacto do crescimento mundial é menor. Provavelmente porque a indústria brasileira na média demanda uma mão de obra menos qualificada do que outros setores mais específicos, como o setor de serviços de tecnologia de informação. Assim, o efeito do crescimento do produto doméstico estaria capturando algum efeito multiplicador de consequente aumento da renda dos trabalhadores. Contudo o efeito do crescimento mundial estaria expondo um efeito do gap tecnológico e consequente baixo dinamismo da indústria brasileira, conforme evidência teórica de Acemogluet. *al.* (2006) e empírica de Vasconcelos (2014).

Ainda da tabela 1, as exportações e as importações são positivamente correlacionadas com o produto. O efeito das exportações é claro, porque esses subsetores estariam atendendo demandas externas não supridas (Aghion e Griffith, 2008). Contudo, as importações no contexto desse estudo não reduziria o produto doméstico no seu sentido usual das Contas Nacionais. Na medida em que essas importações são insumos produtivos. Desse modo, o aumento das importações está associado ao aumento subsequente da produção de cada subsetor.

Em termos de magnitude dos resultados, temos de olhar os resultados devidamente controlados, ou seja, a coluna (6) da tabela 1. Essa coluna informa que para um aumento de 1% ao ano sobre a taxa de crescimento do PIB mundial, o produto do setor de manufaturados cresceria na média 0.66% ao ano. Para um aumento de 1% ao ano sobre a taxa de crescimento do PIB brasileiro, o produto do setor de manufaturados cresceria na média 0.35% ao ano. Por fim, para um aumento de um bilhão de dólares sobre as exportações e sobre as importações, o produto do setor de manufaturados cresceria respectivamente cerca de 0.10% e 0.15% ao ano.

A partir dos resultados contidos na tabela 1, verifiquemos agora como cada subsetor responde aos cenários de crescimento do PIB mundial e do crescimento do PIB brasileiro. Ratificamos que assumimos que a participação dos setores e o crescimento de cada um desses PIBs segue o cenário de referência do projeto IMACLIM-BR. Assim, a tabela 3 apresenta como cada um dos subsetores estudados é afetado pelas estimativas e os diferentes cenários. Nessa tabela os subsetores manufaturados são desagregados no quarto nível da ISIC<sup>46</sup>. Observe que os efeitos sobre os diferentes subsetores variam, contudo a magnitude dos efeitos é baixa. Mais uma vez, esse resultado validaria o fato de perda de dinamismo observada nos últimos anos da indústria brasileira (Vasconcelos, 2014). O que tem implicado na redução da participação do setor de manufaturados na estrutura produtiva da economia brasileira.

---

<sup>46</sup> Não é possível fazer o casamento perfeito com a classificação usada pelas contas nacionais. Além disso, para alguns subsetores o número elevado de dados faltantes torna a reclassificação um problema ainda maior. Por último, isso não afetaria os resultados obtidos, conforme discutido em Vasconcelos (2014).

**Tabela A18.** Resultados II – Efeitos de crescimento anual (%) sobre cada subsetor advindos do crescimento do PIB mundial e brasileiro, e impactos anuais (%) de choques de US\$ 1 bilhão nos fluxos comerciais sobre o crescimento percentual dos subsetores

Sector	Crescimento do	Crescimento do	Exportações (U\$ bilhões)	Importações (U\$ bilhões)
	PIB mundial (%)	PIB brasileiro (%)		
Refinedpetroleumproducts	0.67	0.38	2.29	3.63
Basic ironandsteel	0.66	0.37	2.48	3.41
Motor vehicles	0.66	0.37	2.46	3.56
Parts/accessories for automobiles	0.65	0.36	2.36	3.49
Plasticproducts	0.64	0.36	2.14	3.28
Wearing apparel, except fur apparel	0.63	0.35	2.02	3.03
Basic precious and non-ferrous metals	0.63	0.35	2.30	3.30
Dairyproducts	0.63	0.35	1.87	3.01
Footwear	0.63	0.35	2.22	2.89
TV/radio transmitters; line comm. apparatus	0.62	0.35	2.14	3.19
Furniture	0.62	0.34	2.10	2.92
Domestic appliances n.e.c.	0.61	0.34	2.00	2.89
Tobaccoproducts	0.61	0.34	1.85	2.34
Electric motors, generators and transformers	0.60	0.34	2.06	3.11
Office, accounting and computing machinery	0.60	0.34	2.00	3.22
TV and radio receivers and associated goods	0.60	0.34	1.98	3.17
Glass andglassproducts	0.60	0.33	1.93	2.88
Other electrical equipment n.e.c.	0.60	0.33	1.95	3.02
Sawmilling and planing of wood	0.59	0.33	2.04	2.42
Automobile bodies, trailers & semi-trailers	0.59	0.33	1.93	2.51
Electricitydistribution&controlapparatus	0.59	0.33	1.89	3.01
Electronicvalves, tubes, etc.	0.58	0.32	1.88	3.13
Insulatedwireandcable	0.58	0.32	1.81	2.81
Knitted and crocheted fabrics and articles	0.57	0.32	1.75	2.61
Man-madefibres	0.56	0.31	1.75	2.79
Lighting equipment and electric lamps	0.56	0.31	1.66	2.65
Railway/tramway locomotives & rolling stock	0.55	0.31	1.69	2.58
Accumulators, primary cells and batteries	0.55	0.31	1.70	2.65
Opticalinstruments&photographicequipment	0.54	0.30	1.58	2.68
Watchesandclocks	0.53	0.30	1.34	2.44
Cokeovenproducts	0.45	0.25	0.85	2.14

Note: Cada elemento dessa tabela representa o ganho percentual estimado ao ano para cada respectivo subsetor. A segunda e a terceira coluna representam o ganho percentual estimado ao ano do crescimento médio dos respectivos PIBs de 3,6% e 3,9% ao ano. A quarta e a quinta coluna representam o ganho percentual estimado do produto ao ano de cada subsetor para o aumento de um bilhão de dólares de exportação e de importação, respectivamente, ao ano.

Na tabela 3, os subsetores estão ordenados pelo ganho percentual estimado ao ano em termos de crescimento do produto. Com isso, observe que o subsetor de refino de petróleo e o setor de metais básicos e siderurgia são os mais afetados. Seguindo o cenário do IMACLIM-BR, os resultados contidos na tabela 3 mostram que se o produto mundial crescer em média 3.6% ao ano e o PIB brasileiro crescer 3.9% ao ano, então o setor de metais básicos e siderurgia, por exemplo, cresceria cerca de 1% ao ano (soma de 0.66% e 0.37%). Isso representaria entre 2010-2030 um crescimento de aproximadamente 14%. Se fizermos o mesmo exercício no setor de carvão o produto desse setor cresceria cerca de 9% entre 2010- 2030. Esse efeito acumulado é descrito na tabela 4.

**Tabela A19.** Resultados III – Efeitos acumulados no período 2010-2030 de crescimento (%) sobre cada subsetor advindos do crescimento do PIB mundial e brasileiro, e impactos (%) de choques de US\$ 1 bilhão ao ano nos fluxos comerciais sobre o crescimento percentual dos subsetores

Setor	Crescimento do	Crescimento do	Exportações (US\$ bilhões)	Importações (US\$ bilhões)
	PIB mundial (%)	PIB brasileiro (%)		
Refinedpetroleumproducts	14,40	7,79	57,25	104,17
Basic ironandsteel	14,05	7,60	63,29	95,62
Motor vehicles	14,00	7,57	62,45	101,28
Parts/accessories for automobiles	13,78	7,46	59,42	98,71
Plasticproducts	13,61	7,37	52,60	90,72
Wearing apparel, except fur apparel	13,40	7,26	49,07	81,52
Basic precious and non-ferrous metals	13,33	7,22	57,70	91,43
Dairyproducts	13,31	7,21	44,79	81,01
Footwear	13,27	7,19	55,26	76,75
TV/radio transmitters; line comm. apparatus	13,17	7,14	52,76	87,23
Furniture	13,13	7,11	51,43	77,87
Domestic appliances n.e.c.	12,93	7,01	48,72	76,68
Tobaccoproducts	12,90	6,99	44,25	58,81
Electric motors, generators and transformers	12,78	6,93	50,23	84,58
Office, accounting and computing machinery	12,77	6,93	48,48	88,45
TV and radio receivers and associated goods	12,77	6,92	47,96	86,74
Glass andglassproducts	12,69	6,88	46,68	76,34
Other electrical equipment n.e.c.	12,60	6,84	47,01	81,40
Sawmilling and planing of wood	12,53	6,80	49,75	61,19
Automobile bodies, trailers & semi-trailers	12,52	6,79	46,55	64,25
Electricitydistribution&controlapparatus	12,50	6,78	45,52	81,10
Electronicvalves, tubes, etc.	12,30	6,68	45,14	85,20
Insulatedwireandcable	12,28	6,67	43,24	73,92
Knitted and crocheted fabrics and articles	12,01	6,53	41,53	67,41
Man-made fibres	11,88	6,45	41,39	73,47
Lighting equipment and electric lamps	11,81	6,42	39,11	68,83

Setor	Crescimento do	Crescimento do	Exportações (U\$ bilhões)	Importações (U\$ bilhões)
	PIB mundial (%)	PIB brasileiro (%)		
Railway/tramway locomotives & rolling stock	11,70	6,36	39,79	66,53
Accumulators, primary cells and batteries	11,69	6,35	40,19	68,67
Opticalinstruments&photographicequipment	11,37	6,19	36,88	69,81
Watchesandclocks	11,25	6,12	30,51	61,90
Cokeovenproducts	9,32	5,09	18,56	52,59

Note: A segunda e a terceira coluna representam o ganho percentual estimado e acumulado do produto de cada subsetor a um crescimento dos respectivos PIBs de 3,6% e 3,9% ao ano. A quarta e a quinta coluna representam o ganho percentual estimado e acumulado do produto de cada subsetor para um aumento de um bilhão de dólares de exportação e de importação, respectivamente, ao ano, ou seja, um choque de 20 bilhões de dólares no período de 2010 a 2030.

Observe também que os setores reagem de modo bem distinto a variações nas exportações e nas importações. O que expõe o fato de que cada setor apresenta uma inserção distinta e uma dependência também distinta em relação aos insumos importados e aos bens exportados.

#### 4. Considerações Finais

O objetivo desse trabalho foi mostrar como os diferentes setores da economia brasileira se comportariam frente às projeções de crescimento do produto mundial e do crescimento do produto agregado brasileiro. Além disso, tentou mostrar também como as exportações e as importações serão afetadas e, por fim, como tudo isso afetaria a distribuição dos setores. Restringiremos os efeitos sobre o setor manufatureiro, porque é o setor mais sensível às tendências externas e também apresenta maiores efeitos multiplicadores sobre a dinâmica da economia doméstica (Jones, 2011).

Os resultados desse trabalho mostram que o aumento do crescimento mundial geraria um efeito positivo sobre a média do produto dos subsetores que compõem o setor de manufaturados do Brasil. O mesmo efeito ocorre com o crescimento do PIB brasileiro. O efeito obtido das importações é maior do que os efeitos das exportações. Corroborando, em parte, o fato de a indústria brasileira ser dependente de insumos importados. Os efeitos sobre os diferentes subsetores variam, contudo a magnitude desses efeitos é baixa. Esse resultado validaria o fato de perda de dinamismo observada nos últimos anos da indústria brasileira (Vasconcelos, 2014). O que tem implicado na redução da sua participação na estrutura produtiva da economia brasileira. Além disso, o subsetor de refino de petróleo e o subsetor de metais básicos e siderurgia são os subsetores mais afetados e o subsetor de carvão mineral o menos afetado pelo cenário de referência do projeto IMACLIM-BR. Por fim, cada subsetor reage de modo bastante distinto as variações nas exportações ou nas importações.

## Referências

Daron Acemoglu, Philippe Aghion, and Fabrizio Zilibotti. *Distance to frontier, selection, and economic growth*. Journal of the European Economic Association, 4(1):37–74, 03 2006.

Philippe Aghion and Rachel Griffith. *Competition and growth: reconciling theory and evidence*. The MIT Press, 2008.

Pedro Bento. *Competition as a Discovery Procedure: Schumpeter Meets Hayek in a Model of Innovation*. American Economic Journal: Macroeconomics, 6(3):124–52, 2014.

Jan Boone. *Competitive pressure: The effects on investments in product and process innovation*. RAND Journal of Economics, 31(3):549–569, Autumn 2000.

Antonio Ciccone and Elias Papaioannou. *Estimating Cross-Industry Cross Country Models Using Benchmark Industry Characteristics*. CEPR Discussion Papers 8056, C.E.P.R. Discussion Papers, October 2010.

Rafael Vasconcelos. *Misallocation in the Brazilian manufacturing sector*. Working paper, 2014.

Robert Inklaar, Feenstra, Robert C. and Marcel P. Timmer. *The next generation of the penn world table*, 2013.

## Anexo III – Composição da despesa familiar média por classe de renda

