UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – ÁREA: ECONOMIA APLICADA

FRANKLIN PEDRO FRANÇA

Impactos econômicos de políticas climáticas no Brasil, nos EUA e UE

ORIENTADOR: PROF. DR. ANGELO COSTA GURGEL

RIBEIRÃO PRETO
2012

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Walter Belluzzo Jr
Chefe do Departamento de Economia

FRANKLIN PEDRO FRANÇA

Impactos econômicos de políticas climáticas no Brasil, nos EUA e UE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

ORIENTADOR: PROF. DR. ANGELO COSTA GURGEL

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP

RIBEIRÃO PRETO
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

FICHA CATALOGRÁFICA

França, Franklin Pedro

Impactos econômicos de políticas climáticas no Brasil, nos EUA e na UE. Ribeirão Preto, 2012.

126.p : il. ;30cm

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de economia, administração e contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Economia Aplicada.

Orientador: Gurgel, Angelo Costa.

1. Equilíbrio geral computável. 2. Políticas de Mitigação. 3. Gases do efeito estufa. 4. Tarifas de ajustamento de carbono.

RESUMO

FRANÇA, F.P. **Impactos econômicos de políticas climáticas no Brasil, nos EUA e UE.** 2012, 126f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

Com o crescente debate a respeito da contribuição do homem nas emissões de gases causadores do efeito estufa, além da pressão da sociedade por um comprometimento maior das lideranças mundiais com políticas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, faz-se necessário estudar os efeitos que a adoção de políticas climáticas pelos países do chamado Anexo I (desenvolvidos) e pelos que pertencem ao Não-Anexo I (em desenvolvimento) podem ter sobre a economia brasileira. Também é importante analisar como se daria este impacto em um contexto onde o Brasil adotaria políticas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, principalmente pelo fato do país ser responsável por uma parcela considerável de gases causadores do efeito estufa, devido às atividades relacionadas às mudanças no uso da terra, agricultura e pecuária, bem como pela crescente pressão para um compromisso mundial de esforço de redução de emissões. O presente trabalho buscou estimar cenários para o Brasil, levando-se em consideração políticas ambientais domésticas e internacionais já discutidas ou em aplicação pelos países desenvolvidos, e assim, verificar quais os impactos sobre as economias em termos de bem-estar e produto.

Palvras-chave: GEE´s, políticas climáticas, economia ambiental, equilibrío geral, tarifas de ajustamento de carbono.

ABSTRACT

FRANÇA, F.P. **Economic impacts of climate policies in Brazil, the U.S. and EU.** 2012, 126f. Dissertation (Master Degree). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

With the growing debate about the contribution of human emissions of greenhouse gases, along with pressure from society for a greater commitment of world leaders with policies to mitigate the effects of climate change, it is necessary to study the effects that adoption of climate policies by the countries of the so-called Annex I (developed) and those who belong to non-Annex I (developing) may have on the Brazilian economy. It is also important to analyze how this impact would occur in a context where Brazil would adopt policies to mitigate the effects of climate change, mainly because the country is responsible for a significant portion of greenhouse gas emissions due to activities related to changes in land use, agriculture and livestock, as well as the increasing pressure for a global commitment to emissions reduction effort. The present study sought to estimate scenarios for Brazil, taking into account domestic and international environmental policies already discussed or implemented by developed countries, and thus determine the impacts on the economies in terms of welfare and product

Keywords: GHG´s, climate policies, environmental economics, general equilibrium, carbon board adjustment tariffs.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14

1. Objetivo 21

2. Revisão da literatura 22

2.1 Referencial teórico 22

2.2 Estudos internacionais 26

2.3 Literatura sobre cap-and-trade 27

2.4 Estudos brasileiros 29

2.5 Literatura sobre tarifa de ajustamento de carbono 32

3 METODOLOGIA 36

3.1 Os modelos de equilíbrio Geral 38

3.2 O modelo EPPA 38

3.3 Estrutura de equilíbrio do modelo 40

3.4 Produção 43

3.5 Comércio internacional 46

3.6 Consumo 46

3.7 Mudanças no uso da terra 47

3.8 Implementações de políticas 53

3.9 Processos dinâmicos no EPPA 54

3.9.1 A evolução do estoque de capital 55

3.9.2 População, produtividade e oferta de trabalho 55

3.9.3 Melhoria autônoma na eficiência energética 56

3.9.4 Recursos naturais utilizados como insumos 56

3.10 Novas tecnologias 57

3.11 Dados utilizados 59

3.12 Limitações dos modelos de Equilíbrio Geral 59

4 Resultados 62

4.1 Discussão dos cenários 62
4.2 Evolução das emissões dos gases do efeito estufa 65
4.3 Variação do PIB 69
4.4 Variação do Bem-estar 72
4.5 Variação na Produção 75
4.6 Importações e exportações – setor culturas 83
4.6.1 Importações e exportações – setor pecuária 87
4.6.2 Importações e exportações – setor alimentos 91
4.6.3 Importações e exportações – setor EINT 94
4.6.4 Importações e exportações – setor Outros 99
4.6.5 Importações e exportações – setor Transportes 104
5 Conclusões 109
Referências Bibliográficas 112
APÊNDICE 1- Dados da Trajetória de Referência do Modelo EPPA e comparações com outras fontes 118
APÊNDICE 2- Tabelas de tarifas compensatórias dos EUA e da Europa 123

Lista de tabelas

Tabela 1 - Países, Regiões e Setores do Modelo EPPA 37
Tabela 2- Cobertura das terras por regiões no modelo EPPA (em Mha) 50
Tabela 3 - Fluxo de renda da terra por hectare para cada região (1997 US$) 52
Tabela 4 – Parâmetros para modelar uso da terra e funções de transformação 53
Tabela 5 - – Níveis de cortes de emissões: coeficientes de redução em emissões em relação às emissões de 2005 nos EUA e Europa e às emissões do cenário de referência no Brasil. 65
Tabela 6– Taxas anualizadas de crescimento para algumas regiões, modelo EPPA e FMI... 118
Tabela 7 – Participação no PIB mundial 119
Tabela 8 – Áreas de plantio (ha)..... 120
Tabela 9 – Áreas de florestas..... 120
Tabela 10 – Emissões brasileiras de CO_2 121
Tabela 11 – Emissões Totais de gases do efeito estufa em mil toneladas de CO_2 equivalente 122
Tabela 12 – Desagregação setorial EPPA 122
Tabela 13 - Tarifas compensatórias dos EUA (2020 a 2050) 123
Tabela 14 - Tarifas compensatórias da Europa (2020 a 2050) 124

Lista de Quadros

Quadro 1 - Novas Tecnologias do modelo EPPA 58
Quadro 2 – Lista de cenários utilizados..... 582
Quadro 3 – Valor da produção dos Estados Unidos, em US$ Bilhões..... 77
Quadro 4 – Valor da produção da Europa, em US$ Bilhões..... 799
Quadro 5 - Valor da produção do Brasil, em US$ Bilhões 822

Lista de Figuras

Figura 1- Fluxo circular de bens e recursos no EPPA. 40
Figura 2- Estrutura aninhada do setor de serviços, transportes, intensivos em energia e outros 44
Figura 3-Estrutura aninhada do setor agrícola 44
Figura 4-– Estrutura aninhada do setor de eletricidade 45
Figura 5– Estrutura aninhada do consumo 47
Figura 6 - Estrutura da produção de biocombustíveis 48
Figura 7 - Estrutura da produção de energia a partir de biocombustíveis 48
Figura 8 - Estrutura das funções de transformação da terra 49

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Emissões dos Estados Unidos -mmt de CO2 equivalente.....66
Gráfico 2 - – Emissões da União Europeia- mmt de CO2 equivalente 66
Gráfico 3 - Emissões da economia brasileira- mmt de CO2 equivalente.....67
Gráfico 4 - Emissões do resto do mundo- mmt de CO2 equivalente 68
Gráfico 5 - – Emissões Globais Totais – mmt de CO2 equivalente 68
Gráfico 6 – Variação do PIB dos EUA em relação ao cenário de referência Fonte: Resultados da pesquisa.....69
Gráfico 7 – Variação do PIB da UE em relação ao cenário de referência 70
Gráfico 8 – Variação do PIB do Brasil em relação ao cenário de referência 70
Gráfico 9 – Variação do Bem-Estar dos EUA em relação ao cenário de referência.....72
Gráfico 10 – Variação do Bem-Estar da UE em relação ao cenário de referência.....73
Gráfico 11- Variação do Bem-Estar do Brasil em relação ao cenário de referência.....74
Gráfico 12 – Importações do setor culturas (EUA).....84
Gráfico 14 – Importações do setor culturas (Europa) 85
Gráfico 15 – Exportações do setor culturas (Europa) 86
Gráfico 16 – Importações do setor culturas (Brasil).....87
Gráfico 17 – Exportações do setor culturas (Brasil).....87
Gráfico 18 – Importações do setor pecuária (EUA).....88
Gráfico 19 – Exportações do setor pecuária (EUA).....89
Gráfico 20 – Importações do setor pecuária (Europa).....89
Gráfico 21 – Exportações do setor pecuária (Europa).....90
Gráfico 22 – Importações do setor pecuária (Brasil).....90
Gráfico 23 – Exportações do setor pecuária (Brasil).....91
Gráfico 24 – Importações do setor alimentos (EUA).....92
Gráfico 25 – Exportações do setor alimentos (EUA).....92
Gráfico 26 – Importações do setor alimentos (Europa).....93
Gráfico 27 – Exportações do setor alimentos (Europa).....93
Gráfico 28 – Importações do setor alimentos (Brasil).....94
Gráfico 29 – Exportações do setor alimentos (Brasil).....94
Gráfico 30 – Importações do setor EINT (EUA) 95
Gráfico 31 – Exportações do setor EINT (EUA) 95
Gráfico 32 – Importações do setor EINT (Europa) 96

Gráfico 33 – Exportações do setor EINT (Europa) 97
Gráfico 34 – Exportações do setor EINT (Brasil) 98
Gráfico 35 – Exportações do setor EINT (Brasil) 99
Gráfico 36 – Importações do setor Outros (EUA) 100
Gráfico 37 Gráfico 37 – Exportações do setor Outros (EUA) 100
Gráfico 38 – Importações do setor Outros (Europa) 102
Gráfico 39 – Importações do setor Outros (Europa) 102
Gráfico 41– Exportações do setor Outros (Brasil) 104
Gráfico 42 – Importações do setor Transportes (EUA) 105
Gráfico 43 – Importações do setor Transportes (EUA) 105
Gráfico 44 – Importações do setor Transportes (Europa) 106
Gráfico 45 – Exportações do setor Transportes (Europa) 106
Gráfico 46 – Importações do setor Transportes (Brasil) 108
Gráfico 47 – Exportações do setor Transportes (Brasil) 108

INTRODUÇÃO

Desde a década de noventa e principalmente no início do século XXI vem se intensificando o debate a respeito do papel das emissões de gases do efeito estufa pelo homem. O chamado fenômeno do efeito estufa é natural e consiste na acumulação de gases na atmosfera do nosso planeta. Esses gases mantêm o calor na terra e graças a eles foi possível que se desenvolvessem todas as formas de vida conhecidas. As mudanças climáticas são um fato histórico, tendo ocorrido em diversos períodos da história do nosso planeta (vide a era glacial, por exemplo). No entanto, mesmo sem uma medida precisa da responsabilidade do homem nas mudanças do clima, a comunidade científica tem argumentado que existem evidências irrefutáveis das contribuições antropogênicas para o fenômeno, principalmente devido às emissões crescentes de gases causadores do efeito estufa na atmosfera.

Dessa forma, a acumulação excessiva desses gases "aprisiona" a luz solar em demasia e bloqueia a saída de radiação, provocando um aumento da temperatura global com consequências diversas nas diferentes regiões do mundo. Os cientistas que afirmam que a atividade humana é responsável por uma parcela importante do acúmulo de gases causadores do efeito estufa na atmosfera, encontram na evolução da temperatura da superfície do globo terrestre em 0,5 ºC ao longo dos últimos 100 anos.

Ente as alterações no clima, discutem-se severas variações de temperatura, com ecossistemas empobrecidos, impactos negativos sobre a biodiversidade, mudanças nos padrões das secas e enchentes, redução no estoque de água potável, inundação de áreas costeiras devido ao aumento do nível do mar e um aumento da incidência de doenças infecciosas (Hughes; McMichael, 2011).

No tocante à agricultura, esta pode ser beneficiada em certas regiões devido ao prolongamento dos períodos de crescimento vegetativo, como pode ser prejudicada em outras, devido ao aumento do período de secas, por exemplo. O lado perverso desta constatação é que será muito mais provável que países mais pobres tenham sua produção agrícola prejudicada do que as nações mais ricas do planeta, pois estas se localizam, majoritariamente, em regiões temperadas, que podem beneficiar-se com o aumento da temperatura do planeta.

Um ponto importante a ser considerado quando se trata de emissões de gases do efeito estufa está relacionado à permanência dos mesmos na atmosfera do planeta. Estes gases podem continuar na atmosfera por décadas e até mesmo centenas de anos, contribuindo para o aquecimento global. Isso significa que o acúmulo de gases é resultado de um efeito de longo

prazo, e que reduções em um determinado ano não têm um efeito significativo no montante acumulado. Este fato mostra como é importante pensar numa política ambiental hoje que tenha um comprometimento de longo prazo, pois mesmo mudanças significativas nas emissões de poluentes hoje, não serão evidentes nas concentrações atmosféricas por décadas ou mais.

Com base nas evidências de que as atividades humanas sejam responsáveis por boa parte do aquecimento global, e considerando os resultados negativos e até mesmo catastróficos para a economia de muitos países que este aumento acarretaria, o mundo já começou a se movimentar em direção a um futuro com maior utilização de energias limpas. O ponto de inflexão deste movimento foi a Convenção Quadro das Nações Unidas para o clima, mas conhecida como ECO-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro. Foi o primeiro passo que o mundo deu no reconhecimento das mudanças climáticas como um problema global que requer a cooperação de todos os países para ser solucionado.

No entanto, o evento mais importante a respeito do comprometimento do mundo na redução das emissões de gases causadores do efeito estufa foi a terceira conferência das partes (COP), realizada em Kyoto, no Japão, onde foi adotado o protocolo de mesmo nome, que entrou em vigor em 2005, estabelecendo que os países industrializados reduzissem as emissões de gases de efeito estufa (GEE) com relação aos níveis de 1990 em 5,2%, em média, entre os anos de 2008 e 2012.

Os países do Anexo I, Estados Unidos, Canadá, Japão, União Européia (UE), Austrália, Nova Zelândia, Antiga União Soviética e o Leste Europeu, tiveram suas metas atribuídas com base em suas próprias contribuições para as emissões totais desde a Revolução Industrial. O mesmo protocolo desobrigou de qualquer meta os países pobres e em desenvolvimento, cujo processo de industrialização foi tardio. Foram criados então, 3 mecanismos de flexibilização: Comércio de Emissões (*Emissions Trade* – ET), Implementação conjunta (*Joint Implementation* – IJ), e os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O Comércio de Emissões tem como objetivo permitir que os países que tenham permissões ou créditos de emissões a eles atribuídas, mas não utilizadas, vendam este excedente para aqueles países cujas metas foram ultrapassadas. Dessa forma, o ET torna viável o chamado mercado de créditos de carbono. A Implementação Conjunta foi um mecanismo proposto pelos EUA para os países do Anexo I, e tem como objetivo permitir que estes possam transferir ou adquirir de qualquer outro país contido no Anexo I unidades de redução de emissões resultantes de projetos visando a redução das emissões por fontes ou o

aumento das remoções por sumidouros de gases do efeito estufa em qualquer setor da economia.

Finalmente, o MDL tem como objetivo assistir aos países que não constam no Anexo I (*Não Anexo I*), isto é, os países em desenvolvimento. Este mecanismo permite que um país que conste no Anexo I e que não tenha atingido sua meta de redução de emissão de gases do efeito estufa, possa comprar Reduções Certificadas e Emissões (RCE's) dos países do Não Anexo I a fim de atingir suas metas. Em 2003 foi incluído no MDL um mecanismo de incentivo à redução das emissões de gases do efeito estufa advindas do deflorestamento nos países em desenvolvimento, como o programa REDD (*Reduction in Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), que prevê créditos de carbono para proteção das florestas tropicais (Schlamadinger et al., 2007a, 2007b).

O protocolo de Kyoto foi criticado por deixar de fora muitos países em desenvolvimento que tem uma participação significativa nas emissões dos gases do efeito estufa. China, Índia e Brasil que foram excluídos de qualquer comprometimento na primeira versão do acordo têm hoje a maioria da população mundial, e já podem ser considerados poluidores consideráveis se comparados aos níveis de poluição gerados pelos países do Anexo B. Dessa forma, ficou claro que uma política mundial satisfatória para o clima não poderia envolver apenas os países desenvolvidos.

O G8 então propôs uma meta de redução de 50% nas emissões mundiais dos países desenvolvidos e em desenvolvimento até 2050. Esta meta, apresentada em 2007 durante um encontro entre países participantes do protocolo de Kyoto, prevê que os países em desenvolvimento devem se comprometer a reduzir entre 10% e 30% até 2020, e os desenvolvidos entre 25% e 40% no mesmo período (Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC, 2007). Em 2050 todos devem atingir a meta de 50% nas reduções de poluentes atmosféricos (G-8 Hokkaido summit, 2008).

Entretanto o percentual de redução de emissão de poluentes desejável, de acordo com os cientistas é de 70% . Este valor seria suficiente para salvar as geleiras do Ártico, permitiria que o aquecimento nesta região seja reduzido quase pela metade, ajudando a preservar a pesca e as populações de pássaros marinhos e de animais polares, como os ursos brancos, uma das espécies mais ameaçadas. Embora a temperatura deva continuar aumentando, os aspectos potencialmente mais perigosos da mudança climática, como o derretimento da calota polar, a

redução do *permafrost* (camada permanente de gelo) e a elevação do nível dos oceanos poderão ser evitadas em parte (Washington et al, 2009).

Tendo esse valor em vista, muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento pretendem conter o aumento das emissões, sem limites que, segundo eles, reprimiriam o crescimento econômico e a sua luta para pôr fim à pobreza, mas que ao mesmo tempo garantam que os efeitos do aquecimento global sejam minimizados. A seguir, segue uma lista de alguns países desenvolvidos e as metas que podem ser implementadas:

Estados Unidos: Não existe uma política nacional de redução de emissões dos gases do efeito estufa nos EUA. Algumas propostas já foram discutidas, como a Waxman-Markey, que propunha um modelo de *cap and trade*, metas de geração de energia a partir de fontes renováveis e subsídios para novas tecnologias de energia limpa. A proposta não passou pelo congresso americano, portanto, é preferível observar as políticas ambientais dos EUA no nível estadual. Neste ponto, destacam-se os Estados de Nova Iorque e da Califórnia. O primeiro formulou uma política de *cap and trade* para ser implantada em nove estados do nordeste dos EUA. O segundo implementou, sozinho, o "*California Global Warming Solutions Act*", com metas próprias de redução de emissões e geração de energia limpa. Existe ainda uma iniciativa para o comércio de emissões de gases do efeito estufa entre 7 estados americanos e 4 províncias canadenses chamado de "*Western Climate Initiative*".

União Européia: Os países que fazem parte deste grupo concordaram em dezembro de 2009 em reduzir as emissões em 20% abaixo dos níveis de 1990 até 2020, um corte de aproximadamente 14% nos níveis recentes. Os líderes europeus querem que os países ricos tenham como objetivo a redução nas emissões entre 60 e 80% dos níveis de 1990 até 2050.

A Inglaterra comprometeu-se com uma meta estabelecida por lei, mas ainda não votada, a cortar os gases estufa em 80% abaixo dos níveis de 1990 até 2050.

A Alemanha planeja cortar até 2020 as emissões de dióxido de carbono em 40% em relação aos níveis de 1990. Mas ainda não se comprometeu com uma meta para 2050, pois deseja um comprometimento global para assumir qualquer meta de redução para este ano.

Japão: Planeja estabelecer os cortes para 2020 em breve. O Partido Democrático, que venceu as eleições de outubro de 2009, prometeu cortar as emissões em 25% abaixo dos níveis de 1990 até 2020. Também sem meta para 2050.

Canadá: Planeja cortar as emissões em 20% abaixo dos níveis de 2006 até 2020 e prevê cortes entre 60 e 70% nos níveis de 2006 até 2050. As emissões atualmente são mais de 20% maiores dos que os níveis de 1990.

Austrália: Planeja reduzir as emissões em 5% dos níveis de 2000 até 2020 e em até 15% dos níveis de 2000 se houver um forte pacto da ONU. A Austrália, a exemplo do Brasil, tem uma matriz energética relativamente limpa.

Em dezembro de 2009, na COP-15 em Copenhagen, os 55 países responsáveis por 78% das emissões globais de gases do efeito estufa apresentaram as propostas de metas de redução nacionais expostas acima dentro do prazo estabelecido pela COP-15. Apesar de tudo isso, o acordo de Copenhagen foi considerado um fiasco, pois as metas acordadas não foram consideradas suficientes para conter o avanço do aquecimento Global. Além disso, os compromissos acima, não foram confirmados pelos países, houve apenas a intenção de implementar as políticas ambientais. Apenas as metas relativas a 2020 foram alvo de comprometimento por parte dos integrantes do Anexo I (Exceto EUA). De fato, os cientistas queriam que fossem aprovadas metas de redução de 25 a 40% para 2020 e de 80 a 90% para os países do Anexo I.

No âmbito dos países desenvolvidos, ainda existe a possibilidade da aplicação da chamada tarifa de ajustamento de carbono (*carbon board tax adjustment*). A tarifa consiste em tributar, de acordo com o conteúdo de carbono, os produtos importados, visando um ‘’ajuste na fronteira”, isto é, para corrigir a perda de competitividade que as políticas climáticas causariam na economia nos setores mais carbono intensivos, cobra-se uma taxa de importação que tem o objetivo de corrigir os efeitos das políticas ambientais na indústria dos países que a implementam.

O Brasil tem uma grande particularidade em relação às demais nações em desenvolvimento que contribuem significativamente para o efeito estufa: tem uma matriz energética relativamente limpa, dominada por hidrelétricas, e a maior parte da sua emissão de gases causadores do efeito estufa advindos de atividades relacionadas à agricultura e pecuária, notadamente, as queimadas que abrem a fronteira agrícola, para novos pastos e campos de plantio. Além disso, o gás metano pode ser gerado através do processo digestivo do gado e dos resíduos de outras atividades pecuárias.

O Brasil, em 2009, era responsável por 5% das emissões atuais de gases do efeito estufa (Viola, 2009), e de acordo com estimativas para 2005, tem cerca de 76,3% de suas emissões oriundas de mudanças no uso da terra de acordo com o inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa, divulgado em 2009. A posição brasileira em relação às políticas de controle de poluentes atmosféricos, de acordo com Diniz (2007) pode ser resumida da seguinte forma: devem ser avaliadas corretamente as responsabilidades de cada país no processo de corte de emissões, mais ao estilo do “princípio

das responsabilidades comuns, mas diferenciadas". Isto seria alcançado através do uso da tecnologia no estado-da-arte e da possibilidade dos países em desenvolvimento experimentarem um crescimento sustentável a partir de suas próprias prioridades.

Entretanto, a posição brasileira é aparentemente mais confortável que as dos demais países em desenvolvimento, pois pode vir a se tornar um grande exportador de créditos de carbono através dos programas de MDL, principalmente em relação ao programa REDD, além de ter um programa de bio-combustíveis bem sucedido, que pode ser de especial importância para substituir os combustíveis fósseis no futuro. A proposta brasileira para a COP -15 bem como de outros importantes países em desenvolvimento seguem abaixo:

Brasil: Estabeleceu cortes de emissões entre 36,1% e 38,9% até 2020, em relação às emissões de um cenário fictício de referência, principalmente por meio de medidas para desacelerar o desmatamento. A proposta faz parte da Política Nacional sobre Mudanças Climáticas, sancionada em 2010 pelo presidente Luís Inácio Lula da Silva e envolve também a criação do mercado brasileiro de redução de emissões (MBRE) e mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL). As reduções no ritmo do desmatamento e das queimadas propostas no Plano Nacional sobre Mudanças do Clima devem ser assumidas pelo Brasil perante a comunidade internacional como Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas, conhecidas como NAMAs, que são compromissos assumidos voluntariamente na COP 15 por países em desenvolvimento visando a mitigação das mudanças climáticas.[1]

---

[1] As políticas setoriais no documento oficial do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (2007) podem ser descritas como: 1) **Setor de Energia** – Melhoria da eficiência da oferta e distribuição de energia, substituição de combustíveis mais carbono-intensivos por aqueles com menor teor de carbono ou por combustíveis de fontes renováveis, e captação e armazenamento de carbono; 2) **Setor de Transportes** – Utilização de veículos eficientes e modernização de frota, expansão do uso de sistemas ferroviários e aquaviários, e incentivos aos transportes coletivos em substituição aos particulares; 3) **Setor de Edificações** – Utilização de equipamentos eficientes e de energia solar, além da adoção de um sistema de planejamento integrado que permita ganhos de eficiência no uso da energia; 4) **Setor de Indústria** – Utilização de equipamentos eficientes, adoção de práticas de reciclagem e de substituição de materiais, controle das emissões de gases, e captação e armazenamento de carbono; 5) **Setor Agrícola** – Manejo adequado para aumentar o armazenamento de carbono no solo, recuperação de áreas degradadas, intensificação da pecuária bovina, melhorias em cultivos e na fertilização para reduzir emissões de CH4 e N2O, e estabelecimento de culturas energéticas; 6) **Setor de Silvicultura/Florestas** – redução do desmatamento, estímulo ao manejo florestal sustentável, ao florestamento e reflorestamento, e estímulo ao uso de produtos e subprodutos florestais, obtidos em bases sustentáveis, para geração de energia; 7) **Setor de Resíduos** – Recuperação do metano de aterros sanitários, incineração com recuperação energética, e reciclagem.intensivos por aqueles com menor teor de carbono ou por combustíveis de fontes renováveis, e captação e armazenamento de carbono; 2) **Setor de Transportes** – Utilização de veículos eficientes e modernização de frota, expansão do uso de sistemas ferroviários e aquaviários, e incentivos aos transportes coletivos em substituição aos particulares; 3) **Setor de Edificações** – Utilização de equipamentos eficientes e de energia solar, além da adoção de um sistema de planejamento integrado que permita ganhos de eficiência no uso da energia; 4) **Setor de Indústria** – Utilização de equipamentos eficientes, adoção de práticas de reciclagem e de substituição de materiais, controle das emissões de gases, e captação e armazenamento de carbono; 5) **Setor Agrícola** – Manejo adequado para aumentar o armazenamento de carbono no solo, recuperação de áreas degradadas, intensificação da pecuária bovina, melhorias em cultivos e na fertilização para reduzir emissões de CH4 e N2O, e estabelecimento de culturas energéticas; 6) **Setor de Silvicultura/Florestas** – redução do desmatamento, estímulo ao manejo florestal sustentável, ao florestamento e reflorestamento, e estímulo ao uso de produtos e subprodutos florestais, obtidos em bases sustentáveis, para geração de energia; 7) **Setor de Resíduos** – Recuperação do metano de aterros sanitários, incineração com recuperação energética, e reciclagem (Plano Nacional sobre Mudança no Clima, 2007).

África do Sul: Reportou planos de submeter metas de 34% abaixo das emissões projetadas para 2020.

Índia: Prometeu reduções na intensidade de carbono de 20-25% até 2020.

China: Comprometeu-se a procurar formas de diminuir as emissões de carbono por unidade de PIB em 40 a 45% até 2020, em relação às emissões de 1990.

Percebe-se, portanto, um crescente cenário mundial de iniciativas de redução em emissões de gases de efeito estufa por diferentes nações, principalmente por parte dos países desenvolvidos que mais contribuem para o aumento da concentração desses gases. Essas ações devem ter impactos econômicos nos países que as impõe, bem como em terceiros países através dos fluxos comerciais e de investimentos. Diante dessa tendência de redução em emissões, o trabalho pretende responder à seguinte pergunta: quais os impactos econômicos sobre o Brasil, EUA e UE da adoção de políticas domésticas e internacionais (países do Anexo I e demais nações do Não-Anexo I) de controle dos gases causadores do efeito estufa?

1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos que as políticas ambientais de controle de emissão de gases causadores do efeito estufa nos países desenvolvidos, bem como as políticas domésticas de controle da emissão destes gases possam ter sobre a economia brasileira.

Os objetivos específicos são:

1) Implementar e analisar cenários possíveis para as políticas ambientais em países desenvolvidos;
2) Mensurar os impactos de cenários em que o Brasil contribuiu com políticas ambientais para redução de emissões de gases de efeito estufa;
3) Considerar a possibilidade de aplicação de impostos compensatórios pelos países desenvolvidos, baseados no conteúdo de carbono, às importações de países que não possuem medidas para reduções em emissões.

Neste trabalho foi considerado um conjunto de seis cenários de políticas além de um de referência para fins de comparação. Todos os cenários levam em conta um comprometimento de redução em emissões de gases até 2050 por parte dos EUA e da UE a partir de 2015, que atinge cerca de 56% em relação às emissões de 2005.

Nos Primeiros dois cenários de políticas, apenas EUA e UE aplicam medidas de corte das emissões dos gases do efeito estufa, sendo que o primeiro não levará em conta a tarifa de ajustamento de carbono (BCA) e o segundo sim. Os cenários três e quatro incluirão o Brasil no esforço de redução de emissões de GEE através de um mercado amplo de créditos de carbono. E analogamente aos cenários um e dois, o cenário três não contará com a tarifa de ajustamento de carbono, e o quarto sim.

Por fim, têm-se outros dois cenários como os cenários três e quatro, porém simulados com a política de emissões brasileiras diferenciadas por setores, de acordo com o Plano Nacional de Mudanças Climáticas, no qual foi determinado um nível para reduções de emissões do desmatamento, outro para a agricultura e outro para o uso de energia. Estes dois últimos cenários serão diferenciados pela sigla SECT. Sendo assim, espera-se mensurar para a economia brasileira e países desenvolvidos (EUA e UE) os impactos dos diferentes grupos de cenários no que diz respeito a aspectos como crescimento econômico, consumo agregado, mercados de energia, entre outros.

2. Revisão da literatura

Nesta seção serão apresentadas de forma sintética as principais discussões econômicas sobre políticas de mitigação das mudanças climáticas e os resultados empíricos mais importantes dos estudos a respeito. Ressalta-se que a literatura internacional geralmente analisa o Brasil em conjunto com os demais países em desenvolvimento ou o considera agregado aos demais países da América Latina. Com relação aos estudos brasileiros existentes, poucos são direcionados às avaliações quantitativas sobre a resposta da economia à implementação de políticas ambientais de controle de emissões de gases poluentes. Este capítulo está dividido em quatro seções: referencial teórico, estudos internacionais, literatura sobre *cap-and-trade*, estudos brasileiro e a literatura sobre tarifa de ajustamento de carbono.

2.1 Referencial teórico

Para analisar políticas ambientais e seus impactos na economia e na sociedade, existe uma base teórica extensa na teoria econômica que ajuda a explicar os problemas de se implementar políticas ambientais eficientes. As mais importantes são as referências às falhas de mercado, bens públicos, tragédias dos campos comuns, o teorema de Coase sobre direitos de propriedade, análise de custo-efetividade, e externalidades. Esta seção foi escrita com base nos manuais de teoria microeconômica dos autores Mas-Colell et al, (1995), Jehle e Reny (2000) e Varian (1992).

Externalidades ocorrem quando as escolhas de consumo ou produção de uma firma ou pessoa afetam a função de utilidade ou de produção de outra firma ou agente sem a permissão dos mesmos. Existem dois tipos de externalidades: as positivas e as negativas. As positivas ocorrem quando as atividades desenvolvidas por terceiros aumentam o bem-estar do agente. Se, ao contrário, as atividades gerarem uma deseconomia, a externalidade é dita negativa. Quando trata-se do problema de emissão de gases poluentes, trabalha-se com externalidades negativas geradas pelas empresas poluidoras para os demais habitantes.

As Externalidades negativas podem agravar problemas ambientais, principalmente quando se tratam de direitos de propriedade. Um exemplo claro é a poluição de um rio por

parte de indústrias instaladas em sua margem. Não há incentivo algum para que uma empresa polua menos, ou trate os efluentes resultantes de sua atividade, pois esses custos não são incorporados. No entanto, a poluição pode prejudicar a atividade de pesca, agricultura (que utiliza a água como insumo) e mesmo o abastecimento da população, que terá que arcar com os custos do tratamento para poder consumir a água do rio.

No que diz respeito aos problemas ambientais relacionados aos bens públicos, para que um bem seja considerado público ele deve ter ao menos dois princípios: indivisibilidade e não-exclusão. Não-exclusão refere-se ao fato de que é impossível impedir o consumo do bem para quem quer que seja. Indivisibilidade requer que o bem, após o consumo, esteja disponível integralmente para os demais. O ar é um exemplo de bem público. Não é possível impedir ninguém de respirar o ar em qualquer canto do mundo, da mesma forma que respirá-lo não o torna mais escasso para ninguém. Se o ar poluído não fosse um bem público, apenas aqueles que pagarem por um ambiente limpo não consumiriam o ar poluído. Como isso não é possível, tanto os que pagam quanto os que não o fazem consomem o ar poluído da mesma maneira, pois é possível a existência de *free-riders* [2]na economia.

Por sua natureza de bem público, a atmosfera sofre com a chamada tragédia dos comuns. Esta é uma situação que ocorre quando inúmeros agentes, atuando de forma racional e independente de acordo com seus próprios interesses, exaurem um recurso limitado compartilhado por todos mesmo quando esta situação não é do interesse de ninguém. Considerando a poluição atmosférica, os agentes acabam degradando-a mesmo que isto não esteja nos interesses de ninguém. Os danos recorrentes à este recurso vão aos poucos causando problemas ambientais graves e a percepção dos agentes de que é preciso fazer algo pode se dar tarde demais, o ativo ambiental já pode estar demasiadamente degradado. Os bens públicos são fonte de imperfeição dos mercados porque é difícil impedir que alguém os consuma de graça e também porque o custo adicional de se permitir mais consumidores é próximo de zero.

O mesmo ocorre quando tratamos da poluição do ar. Não há incentivos para que uma empresa deixe de lançar na atmosfera seus poluentes, como os gases causadores do efeito estufa, mesmo que isso acarrete em problemas de saúde para os habitantes próximos da indústria, ou em graves prejuízos à agricultura entre outras atividades que podem ser

---

[2] *Free-riders* são aqueles que consomem um bem público sem arcar com os custos necessários para a provisão do bem (ou sem arcar com a parcela justa pra a provisão do bem). A existência de *free-riders* torna a produção do bem público nula ou abaixo da quantidade ótima.

prejudicadas pelo aquecimento global e o aumento do nível do mar (Países formados por ilhas e arquipélagos teriam graves problemas econômicos com a inundação de seus territórios).

A questão da poluição atmosférica se torna ainda mais complexa quando verificamos que o ar é um bem público puro. Não se pode vender ou comprar o ar, o que significa que não há precificação do valor do ar no mercado. Isto torna complicada a mensuração dos custos e benefícios de se reduzir a poluição atmosférica. A valoração deste tipo de ativo ambiental esbarra nas falhas do mercado, pois quando este não funciona de maneira adequada, os preços podem não refletir corretamente as preferências dos agentes. Desta forma o *trade-off* entre as decisões de poluir muito ou pouco não são muito claros. Menos poluição pode ajudar a diminuir no futuro a média da temperatura global, impedir um colapso na agricultura e a perda de território provocada pela elevação do nível do mar. No entanto, a redução da poluição significa uma redução no consumo e na renda mundial, o que pode trazer graves conseqüências econômicas para os países em desenvolvimento, mesmo porque os estudos científicos ainda não são totalmente claros sobre os efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas e na sociedade em geral (*United States Congressional Budget Office* – US CBO, 2003).

Para resolver os problemas causados pelas falhas de mercado e eliminar as externalidades negativas pode-se apelar para a solução privada, via negociação e as chamadas cortes[3], via direitos de propriedade. A solução privada é a mais simples, mas, no entanto, contém algumas limitações. Esta solução consiste no pagamento de uma compensação ao poluidor por parte das partes prejudicadas. Dessa forma, voltando ao exemplo da indústria que polui o rio, os pescadores, agricultores e demais consumidores de água pagariam às indústrias uma compensação financeira para deixar de poluir até a quantidade em que o preço seja igual ao custo marginal social.

O grande problema da solução por negociação é que ela obriga aqueles que são prejudicados pela poluição a compensarem os poluidores. Isto é um problema ético, que pode ser traduzido na questão da poluição atmosférica: Devem os países (a maior parte, pobres?) que terão sua agricultura prejudicada e seus territórios inundados pagar compensações àqueles que mais poluem para que deixem de fazê-lo? O consenso atual diz que não é possível que o

---

[3] As cortes aqui podem ser representadas tanto por um órgão regulador, quanto pela estrutura do governo: Legislativo (que redige as leis à respeito da propriedade de bens públicos), o executivo (que fiscaliza) e o judiciário (que julga possíveis violações deste direito).

problema seja resolvido dessa forma, mesmo porque existe a possibilidade de que não seja obtido um consenso na negociação entre poluidores e prejudicados.

A solução pode ser possível via imposição de direitos de propriedade e regras de compromisso. Os direitos de propriedade podem resolver o problema da chamada tragédia dos comuns, onde um bem público pode ser consumido até a exaustão pelos agentes. A decisão pode ajudar a preservar alguns ativos ambientais como uma floresta utilizada para atividade extrativista ou um pasto, no entanto não tem muita utilidade no caso da poluição atmosférica, pois não há como definir a propriedade do ar (US CBO, 2007).

Nesse sentido, o teorema de Coase (1960) trata da negociação entre agentes a respeito da alocação de bens quando existem externalidades. Coase (1960) afirmou que quando não existem custos de transação, os agentes podem barganhar até atingir uma alocação que será Pareto[4] eficiente não importando a dotação inicial de cada um. O autor afirma que os obstáculos à esta negociação residem na má definição dos direitos de propriedade, e portanto, os direitos de propriedade deveriam ser definidos de forma a garantir a maior utilidade possível para os agentes. Dessa forma seria possível resolver o problema da poluição ambiental definindo direitos de propriedades sobre a atmosfera. No entanto, o teorema não vale quando existem custos de transação e quando a definição dos direitos de propriedade é complicada (é muito difícil valorar um recurso como o ar, por exemplo).

A eficiência de uma política ambiental depende da capacidade dos governos de formularem e implementarem um amplo conjunto de métodos para identificar as fontes de gases causadores do efeito estufa em uma economia moderna. Feito isso a escolha do método a ser utilizado para combater as emissões fica entre as taxas (ou permissões negociáveis) e as permissões em quantidade fixa. A primeira reduz a quantidade de gás emitido por aumentar diretamente o preço do que a firma produz. Já a permissão em quantidade fixa, afeta o preço por diminuir a quantidade produzida, ou seja, força uma escassez na produção. No entanto, não é verdade que as duas medidas sejam idênticas nos seus resultados, na verdade, muitos pesquisadores consideram a taxa como um custo-efetividade[5] melhor do que as permissões fixas (US CBO, 2007).

---

[4] Dizemos que uma alocação é Pareto eficiente quando uma mudança na mesma que beneficie um ou mais agentes não seja possível sem que pelo menos um agente fique em situação pior.

[5] Custo-efetividade é uma abordagem que procura identificar a opção de política ambiental de menor custo para que se atinja determinado nível de controle ambiental. Já a abordagem custo-benefício de uma política ambiental relaciona o quanto consegue-se auferir em benefícios com os custos desta mesma política, medidos em termos monetários. Não obstante, a análise de custo-benefício visa encontrar a opção ótima de política ou ação, que

De acordo com CBO (2003, pg 37), como a mudança climática será resultado do acúmulo de gases na atmosfera durante anos, benefícios adicionais de sua redução são esparsos ao longo do tempo, do contrário, os custos adicionais da redução de emissões crescem acentuadamente ao longo dos anos. Dessa forma, escolher limitar a quantidade de emissões pode ser muito mais caro, principalmente quando se observam benefícios potenciais, do que impor um taxa cujo valor reflete os mesmo benefícios potenciais. Assim, pode-se dizer que um sistema de precificação, com taxas ou com venda de permissões para poluir, são mais custo-eficientes do que um sistema com um quantidade fixa limitando as emissões.

Dessa forma, diante do objetivo do presente trabalho de mensurar os impactos econômicos de políticas climáticas nacionais e dos países desenvolvidos, o referencial teórico discutido servirá de arcabouço teórico para a simulação de mercados de carbono e impostos baseados no conteúdo de carbono, como instrumentos para redução nas externalidades negativas geradas pelas emissões de gases de efeito estufa.

2.2 Estudos internacionais

Em relação aos artigos internacionais que tratam do protocolo de Kyoto pode-se citar: Babiker e Eckaus (2000), Babiker et al., (1999). Em seu artigo, Babiker e Eckaus (2000) analisaram, a partir do modelo EPPA, o custo sobre o PIB anual das restrições de emissões não compartilhadas entre todos os países, levando-se em conta o protocolo de Kyoto. Os autores concluem que os países do Anexo I devem pagar aos demais por suas emissões e que os custos dos países participantes são diferentes e não necessariamente têm alguma relação com a riqueza dos mesmos. Segundo Babiker e Eckaus (2000) o esforço para a contenção das emissões dos gases causadores do efeito estufa deve ser compartilhado, sendo necessário incluir os países que constam no Não-Anexo I. Dessa forma os custos se distribuiriam de maneira mais adequada, pois de outra forma, seria mais vantajoso para os países do Anexo I

---

maximize o benefício líquido. Como no caso das mudanças climáticas os benefícios de redução dos gases de efeito estufa ainda não são possíveis de serem mensurados, a abordagem de custo-efetividade torna-se útil e tem sido comumente utilizada. Nessa abordagem, define-se um nível desejado de concentração de gases de efeito estufa (ou de aumento máximo tolerado na temperatura média terrestre), e procura-se identificar a política de menor custo para atingir a meta desejada.

cobrirem os custos do impacto ambiental futuro do que arcar com uma política de prevenção hoje.

Babiker et al., (1999) estudaram os efeitos do protocolo de Kyoto sobre alguns países e grupos de países, modelando cenários de acordo com as metas estipuladas. O trabalho dividiu os países a partir da norma do protocolo para o Anexo I e os demais, que não pertencem a este grupo. O objetivo dos autores é avaliar as possíveis perdas de bem-estar envolvidas na implementação do acordo de Kyoto. Uma conclusão interessante deste estudo foi a de que não há uma diferenciação clara dos efeitos nos países de um grupo e de outro. Neste trabalho, o Brasil, juntamente com a Europa Central, a Coréia e a Índia, apresentaram ganhos de bem-estar. Os autores ressaltam que economias diversificadas tendem a ser menos afetadas do que outras que dependem de um ou alguns poucos mercados, em especial, as economias do oriente médio, que são dependentes do petróleo.

Jacoby e Reiner (1997) e Jorgenson et al. (2008) Também implementaram modelos para a análise de políticas ambientais diversas. Os primeiros chegaram à conclusão que mesmo que os limites para a emissão de gases causadores do efeito estufa sejam aplicados de forma independente para cada grupo de regiões, os encargos para atingir o total de emissões acordado depende de um esforço conjunto de todos os países participantes, pois a existência do comércio internacional torna possível que um país se aproveite dos esforços dos demais, ganhe mercado e aumente sua renda e ainda usufrua dos benefícios futuros da redução da poluição atmosférica.

Jorgenson et al. (2008) elaboraram um modelo de equilíbrio geral intertemporal (IGEM) para os EUA a fim de avaliar os impactos de políticas climáticas neste país. Os autores chegaram à conclusão de que no ano de 2020, as perdas anuais no PIB para a implementação das políticas climáticas serão da ordem de 0,5 a 0,7% e 1,24% para 2040. E que isto significa uma perda de US$ 200,00 a US$ 300,00 para as famílias no ano de 2020 e de cerca de US$ 700,00 para 2040, uma redução que, segundo os autores, não é muito expressiva, dado o elevado nível de renda da economia americana.

2.3 Literatura sobre cap-and-trade

Oito trabalhos importantes levantam a questão da política *cap-and-trade* e do chamado imposto pigouviano[6]: Paltsev et al. (2008), Babiker e Eckaus (2000), Virguier et al. (2003), Metcalf et al. (2008) e Jacoby et al. (2008), Rocha (2003) e Jacoby e Ellerman (2004). Metcalf et al. (2008) analisaram proposta de tributação sobre a emissão de poluentes atmosféricos utilizando o modelo EPPA e as metas do protocolo de Kyoto. A conclusão a que os autores chegaram postula que uma alíquota inicial que cresceria aos poucos não reduz significativamente as emissões de carbono. Os autores também afirmam que a escolha entre tributação sobre o carbono ou os sistemas *cap-and-trade* pode ser feita de acordo com a sua efetividade em termos de reduzir emissões, já que ambas as abordagens (ou uma combinação delas) podem ser igualmente eficientes para a redução de emissão dos gases causadores do efeito estufa.

Outro artigo importante é o de Paltsev et al. (2008), que chegam à mesma conclusão de Babiker e Eckaus (2000). Analisando a proposta de *cap-and-trade*[7] que circulava no congresso americano naquele ano. Os autores chegaram à conclusão de uma perda de bem estar de 1,5 a 2% do PIB para aquele país. Mais ainda, Paltsev et al. (2008) também concluem que as metas para redução do aquecimento global devem envolver um esforço generalizado, em particular, dos países em desenvolvimento. Como o crescimento destes países é relativamente alto, é possível que estes respondam por grande parte das emissões no futuro, tornando infrutíferos os esforços de corte de poluentes atmosféricos por parte dos países desenvolvidos apenas.

Outro trabalho que utiliza tanto uma análise da política de *cap-and-trade* quanto a de tributação é o de Jacoby et al. (2008). Os autores simularam um cenário de redução em 50% de emissões entre 2000 e 2050 no modelo EPPA, meta proposta pelo G8. Os autores concluíram que a proposta é ambiciosa, pois sem a participação de quase todos os países, a meta fica praticamente inatingível, dada a projeção de crescimento econômico das regiões.

Virguier et al. (2003) analisaram os efeitos do protocolo de Kyoto através do modelo EPPA-EU. Os autores afirmam que medidas adicionais às já praticadas pelo grupo deverão ser tomadas, pois a expectativa na região foi de aumento de cerca de 14% das emissões de poluentes. Virguier et al. (2003) ponderam que existe uma diferença significativa entre os

---

[6] É um imposto implementado para corrigir os efeitos de uma externalidade negativa. No caso da poluição, temos um exemplo de externalidade negativa gerada pelas atividades econômicas contra a sociedade. Dessa forma o imposto serviria para internalizar esta externalidade através de um imposto, chamado de imposto de Pigou, em homenagem ao economista Arthur C. Pigou que propôs este imposto como uma forma inidônea de se chegar ao equilíbrio entre custos sociais e privados.

[7] É um mercado de crédito de carbono, onde o governo fornece ou leiloa créditos de carbono e permite aos agentes econômicos transacionarem os mesmos.

países do bloco. A Alemanha, por exemplo, teria mais flexibilidade para adotar políticas ambientais vide seus já existentes esforços de “limpar” sua matriz energética. Outros países, como a Itália, esbarram nos altos custos da implantação de tecnologias mais limpas e na ausência de políticas mais eficientes de combate à poluição atmosférica.

Jacoby e Ellerman (2004) analisaram a política de *cap and trade* com o protocolo de Kyoto introduzindo o conceito de válvula de segurança, que nada mais é do que a garantia de que, diante de preços elevados para os créditos de carbono, uma regulação no mercado permitiria que qualquer permissão de venda seja vendida à um preço estipulado pela válvula de segurança. A principal conclusão dos autores é de que é muito difícil estabelecer um teto para a taxa de carbono mundial. Além disso, o mecanismo pode tornar as políticas climáticas inócuas, pois sempre será possível atingir o nível de emissões que as firmas planejam. Jacoby e Ellerman (2004) ponderam que a válvula de segurança só é útil quando há um limite às emissões de carbono e não existe um mercado negro atuando à margem do sistema.

2.4 Estudos brasileiros

Quanto aos trabalhos quantitativos sobre os impactos de políticas de mitigação das emissões de poluentes atmosféricos para os países em desenvolvimento, a literatura é mais incipiente do que a encontrada para países desenvolvidos ou o mundo de forma agregada. No entanto, existem alguns estudos que avaliam a posição brasileira em relação às negociações internacionais do Protocolo de Kyoto, como os de Viola (2002 e 2004). Também há o trabalho de Moreira e Giometti (2008) que avalia os projetos de MDL a serem implantados nos países em desenvolvimento. O MDL é de especial importância para a economia brasileira, pois pode se tornar uma grande fonte de renda para o país, que tem como fornecer projetos de contenção do desmatamento bastante aplicáveis a este tipo de mecanismo. Diaz e Schwartzman (2005) abordam outro ponto importante para o Brasil, os mecanismos de REDD.

Rocha (2003) analisou via modelo CERT o resultado da política de créditos de carbono aplicado para o resto do mundo em relação ao Brasil. O modelo CERT é utilizado para estimar a oferta e a demanda de créditos de carbono no contexto do protocolo de Kyoto. Para isso o modelo utiliza as chamadas curvas de custo marginal de abatimento (MAC). Estas curvas são a representação do preço-sombra do carbono, dada a quantidade reduzida do

mesmo. Uma MAC representa o custo marginal de deixar-se de emitir uma unidade adicional de carbono.

A principal conclusão deste estudo foi que a participação brasileira não foi considerada significativa no modelo, pois as políticas de MDL não foram incorporadas, o que pode ter prejudicado a análise. De qualquer forma, o autor pondera que é fundamental que o país crie um ambiente político-econômico favorável para o comércio de carbono, evitando custos de transações elevados e aumentando a confiança dos investidores, pois o país tem um grande potencial para aproveitar o comércio de créditos de carbono.

Em relação aos trabalhos brasileiros de pesquisa quantitativa vale ressaltar os estudos de Guilhoto, Lopes e Seroa da Motta (2002) que utilizam o Modelo Inter-Regional da Economia Brasileira (MIBRA). Este modelo foi construído para analisar as cinco regiões (Norte, sul, sudeste e centro-oeste) do Brasil possibilitando que se fizessem previsões acerca dos impactos ambientais e regionais do crescimento econômico. Tourinho, Seroa da Motta e Alves (2003), por sua vez, utilizaram um modelo estático adaptado para a economia brasileira com um componente ambiental que calculou o total das de CO_2 no Brasil no ano de 1998.

Guilhoto, Lopes e Seroa da Motta (2002) argumentam que tanto no cenário otimista quanto no pessimista o crescimento do PIB brasileiro aumentará a pressão sobre o uso de recursos naturais. No entanto, se houver uma desconcentração regional (crescimento além do eixo Sudeste-Sul), é possível manter taxas mais elevadas de crescimento junto com um ganho de eficiência ambiental, pois taxas de crescimento menores nas regiões onde as emissões de poluentes são mais elevadas fazem com que as razões de carga poluidora e/ou nível de uso de água e energia por unidade de valor produzido diminuam.

Tourinho, Seroa da Motta e Alves (2003) fizeram um estudo que leva em conta a aplicação de impostos pigouviano da ordem de US$ 3, US$ 10 e US$ 20 por tonelada de carbono. Os autores concluíram que o imposto leva a uma redução dos setores intensivos em emissões e aumento dos menos intensivos, com uma alteração nos preços acompanhando esta tendência. Ainda, os autores concluíram que ocorre uma queda no PIB, uma redução na renda das famílias e um aumento do investimento total.

Ferreira Filho e Rocha (2007) utilizaram um modelo de equilíbrio geral aplicado para avaliar os efeitos de restrições de emissões de gases do efeito estufa na economia brasileira. Concluíram que taxar emissões associadas ao nível de atividade dos setores é mais importante que taxar apenas aquelas oriundas do uso de combustíveis. Além disso, os autores identificaram a pecuária como responsável por uma parcela significativa das emissões totais brasileiras.

Feijó e Porto Jr (2009) mensuraram os impactos para o bem estar da economia brasileira da implantação do Protocolo de Kyoto. Esses autores concluíram que a política ambiental é bem sucedida no controle de emissões de gases do efeito estufa, mas gera uma perda de bem-estar para o país, pois eleva o preço da energia e das *commodities* levando a uma redução do seu consumo. Esses autores também verificaram que o Brasil, por ter uma matriz energética relativamente limpa, tem um grande potencial de reduzir suas emissões sem que seja preciso sacrificar uma parcela importante do bem-estar e da eficiência alocativa do país. Fora isso, os autores chegaram a conclusão de que a melhor estratégia para o Brasil seria participar diretamente no mecanismo de comércio de emissões, pois é o cenário onde os ganhos de bem-estar são mais significativos.

Diaz e Schwartzman (2005) tratam das políticas de REDD que são valiosas para o Brasil dado as grandes áreas cobertas por florestas existentes. Os autores analisarem o impacto de uma permissão de crédito para a redução do desmatamento. A conclusão obtida foi de que as compensações pelo desmatamento devem ser primordialmente uma forma de eliminar o que eles chamaram de desmatamento improdutivo (ocupação ilegal, grilagem, etc…). Diaz e Schwartzman, (2005) também chamaram a atenção para a importância do governo realizar políticas consistentes para o REDD viabilizando a entrada dos investidores. Fora isso, no cenário otimista os autores concluíram que com o crescimento das emissões mundiais e consequente aumento dos preços do carbono, compensações pelo não-desmatamento podem se tornar uma fonte de renda considerável.

Silva (2010) utilizou um modelo global de equilíbrio geral, conhecido como EPPA, para projetar cenários para a economia brasileira quando o país implementa políticas ambientais. Os resultados mostraram que as políticas geram uma perda modesta no bem estar, que na maioria dos cenários não chega a ultrapassar 1%. Com o produto, o resultado é semelhante, oscilando entre 1,49% e 1,89% em 2045 e 2050, o que não chega a ser uma perda significativa. O autor destacou que o Brasil conseguiu preservar extensas áreas de florestas e pastagens naturais, maior participação da cana-de-açúcar no total agrícola, gerando um aumento nos preços dos alimentos, aumento da competitividade nos setores intensivos em energia renovável e conseqüente diminuição da mesma nos setores com grande utilização de combustíveis fósseis.

Lima (2011) utilizou o modelo EPPA para estimar cenários a respeito dos impactos econômicos que políticas climáticas implantadas nos países desenvolvidos possam provocar no Brasil. A autora utilizou três níveis de taxa de carbono: US$ 10, US$20 e US$50 por tonelada de CO_2. A conclusão do estudo foi que o PIB brasileiro pode ser duramente afetado,

dependendo da hipótese a respeito do desenvolvimento e fornecimento em larga escala de biocombustíveis de segunda geração. Sob tal hipótese, a redução em PIB chegaria a 6,08% no cenário mais restritivo em 2050. Os setores mais prejudicados seriam os de refino do petróleo, produtos químicos, aço e extração mineral, que estão muito ligados à exportação e/ou utilizam o petróleo como insumo. Já na ausência dessa tecnologia, as perdas para o Brasil são modestas.

Este trabalho utilizou o mesmo modelo EPPA dos acima, no entanto, foram levadas em consideração políticas ambientais tanto no Brasil, quanto nos EUA e na UE, simultâneamente. O motivo é tornar o resultado mais próximo da realidade, visto que dificilmente o governo brasileiro tomaria uma medida deste porte sem que outras nações fizessem o mesmo. Outra contribuição deste trabalho é a aplicação das tarifas de ajustamento de carbono, pouco estudadas na literatura brasileira.

2.5 Literatura sobre tarifa de ajustamento de carbono

Adkins et al (2011) analisaram mudanças no comércio internacional e nos padrões de emissões da economia global, no longo prazo, via um modelo de equilíbrio geral. Os autores consideraram um preço de carbono comum entre os EUA e os países do Anexo I, com e sem a compensação para o setor intensivo em energia exposto ao comércio internacional (EITE-*energy intensive trade exposed*). No trabalho foram simuladas as mudanças em oito países/regiões para PIB, emissões e balança comercial, além dos impactos destas políticas em 29 setores industriais presentes no modelo.

Nos países do Anexo I, a imposição da tarifa de ajustamento de carbono implica em uma redução nas emissões na ordem de 11-12%, chegando a 12-14% nos EUA. Por outro lado, as regiões fora do Anexo I aumentam suas emissões. No nível global, ocorre um decréscimo de apenas 6%. Os países desenvolvidos, no geral, sofrem uma redução no produto, com destaque para a perda de 0,12% para os EUA. Os demais países ganham com a política ambiental, com exceção do México (devido à sua dependência dos Estados Unidos) e os países exportadores de petróleo.

Para a maioria dos produtos manufaturados, em ambos os grupos (Anexo I e não-Anexo I), as políticas de carbono resultam em pequenas mudanças na produção. No entanto,

para o setor EITE, no geral, exportações e produção caem para os países do Anexo I. Sendo que o efeito total no produto não é significativo.

O trabalho de Böhringer e Talebi (2011) consistiu em modelar, via equilíbrio geral computável, os impactos que as políticas ambientais teriam na competitividade das indústrias do setor EITE na EU. Os autores mostraram que uma tarifa de ajustamento de carbono provoca distorções regionais entre os setores de um país/região, por garantir preços mais baixos de carbono para os setores intensivos em energia. No entanto, quando se observa a escala global, percebe-se que a mesma tarifa reduz o chamado "vazamento" de carbono, e dessa forma, reduz o custo de corte de emissões de gases do efeito estufa quando comparado à política de tarifa uniforme.

O motivo, segundo os autores, é que o setor EITE, na EU, é responsável por menos de 15% do total das emissões de carbono da economia. Assim, o preço adicional nos demais setores (não-EITE) se torna cada vez mais pronunciado. O efeito colateral desta política é a perda de competitividade do setor EITE, ocasionado pela proteção tarifária. As exportações deste caem continuamente ao longo dos anos estimados. De qualquer forma, os autores concluem que a tarifa, que é imposta visando proteger a indústria intensiva em energia, não afeta significativamente o real consumo global, enquanto que poderá aprimorar o efeito das políticas climáticas.

Weitzel e Peterson (2011) estudaram o impacto de diferentes políticas climáticas na Europa, utilizando um modelo de equilíbrio geral computável. Eles estimaram, via matriz de insumo-produto, o conteúdo de carbono dos produtos da balança comercial europeia e então, aplicaram em um dos cenários uma tarifa de ajustamento de carbono.

Os três cenários simulados foram: redução unilateral em emissões por parte de EU, o mesmo cenário adicionado da tarifa de ajustamento de carbono e, por último, o cenário *Contraction and Convergence* (C&C, Global Commons Institute 1996) em que as emissões são reduzidas para 40% ao nível de 1990, no mundo inteiro. Os autores concluíram que para a Europa, as emissões referentes à sua balança comercial reduzem consideravelmente nos dois primeiros cenários. De forma oposta, as emissões no comércio intra-europeu aumentam em média 2% no primeiro cenário e reduzem apenas 0,3% quando a tarifa é imposta.

A redução ocorre porquê quando existe a tarifa, a importação de bens intensivos em carbono pela Europa oriundas de países que produzem de forma "carbono-intensiva" é inibida. A análise mostra também que a tarifa de ajustamento torna possível reduzir a queda na competitividade e no bem-estar que seriam provocados por uma política climática

unilateral. No entanto, a tarifa tem o efeito de reduzir o bem-estar de praticamente todas as regiões fora da Europa.

Winchester et al. (2011) Estudou o impacto das tarifas de ajustamento de carbono a partir de 2020 em um modelo de firmas que estão sujeitas ou não à política ambiental (*Coalition firms and non – Coalition firms*). A restrição de emissões reduz o bem-estar em 0,59% na Coalizão e 0,19% na não-Coalizão. A produção do setor intensivo em energia diminui para 4% no primeiro e aumenta 7% no segundo. A taxa de "vazamento" de carbono indica que na não-Coalizão as emissões de CO_2 aumentam em 25 toneladas para cada 100 reduzidas na Coalizão.

Quando o autor simula a tarifa de ajustamento de carbono separadamente para cada setor, estas conseguem reduzir o "vazamento" de carbono, comparando-se com cenário anterior, em um terço.

O trabalho de Caron (2011) tem como objetivo analisar o impacto das tarifas de carbono utilizadas para mitigar os efeitos do "vazamento" de carbono. Entretanto, o autor pontifica que os estudos recentes contém um nível muito alto de agregação setorial, o que pode esconder taxa altas de vazamento em setores intensivos em carbono.

A sua contribuição é descrever o valor da desagregação setorial em um modelo de equilíbrio geral. Seus resultados indicam que a desagregação pode ser uma forma eficiente de análise se os sub-setores forem heterogêneos.A desagregação não tem efeito quando os sub-setores são homogêneos. No entanto, na presença de heterogeneidade,o preço do carbono tende a declinar devido às possibilidades de substituição entre sub-setores intensivos e não intensivo em carbono.

Quando o autor analisa o impacto de uma tarifa de importação de ajustamento de carbono (BCA), o efeito da desagregação é mais visível. Quando comparado os cenários com e sem BCAs, a eficiência da tarifa em reduzir os vazamentos de carbonos é bem maior quando existe heterogeneidade nos sub-setores.

Percebe-se dos trabalhos citados anteriormente que existem poucos estudos que mensuram os impactos de esforços de reduções em emissões de gases de efeito estufa por países desenvolvidos e em desenvolvimento ao mesmo tempo. No caso do Brasil, não existem esforços para mensurar os impactos da política climática nacional. Ainda, detecta-se a ausência de estudos específicos sobre os impactos de políticas climáticas sobre o Brasil que considerem os efeitos de restrições comerciais baseadas no conteúdo de carbono. Portanto, considerando a literatura revisada, percebe-se que existe necessidade e espaço para o desenvolvimento de estudos científicos quantitativos sobre os impactos de esforços mundiais

de redução de emissões de gases do efeito estufa que incluam o Brasil, considerando em conjunto as políticas domésticas e de países desenvolvidos que podem ser adotadas.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será detalhada a metodologia a ser utilizada para analisar os impactos sobre a economia brasileira de políticas climáticas domésticas e internacionais, relativas aos países desenvolvidos (UE e EUA). Para atingir os objetivos da pesquisa, é necessário utilizar uma abordagem capaz de representar os diversos setores da economia responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, bem como as relações entre esses setores e as interações entre os países através dos mercados mundiais. Modelos computáveis de equilíbrio geral são capazes de atender a essas necessidades, sendo uma ferramenta comum em estudos econômicos de políticas de amplo alcance na economia.

Dessa forma, utilizar-se-á o modelo EPPA (*Emissions Prediction and Policy Analysis*). O EPPA é um modelo de equilíbrio geral para a economia mundial, que leva em conta dezesseis países e regiões, desenvolvido no Programa Conjunto de Ciência e Política de Mudança Global do MIT (Paltsev et, al 2005).

O modelo foi construído de forma a projetar cenários futuros de emissões de gases causadores do efeito estufa de origem antropogência e estimar o impacto econômico de políticas climáticas. O modelo EPPA utiliza o software de otimização GAMS-MPSGE para solucionar o problema de equilíbrio geral e gerar soluções para os cenários de política. A Tabela 1, abaixo, mostra os setores, países e regiões do modelo.

Tabela 1 - Países, Regiões e Setores do Modelo EPPA

País ou Região	Setores	Fatores
Desenvolvidos	Não-Energéticos	Capital
Estados Unidos	Agricultura – Culturas	Trabalho
Canadá	Agricultura – Pecuária	Recursos de petróleo bruto
Japão	Agricultura – Silvicultura	Recursos de Gás natural
União Europeia	Alimentos	Recursos de carvão
Austrália e Nova Zelândia	Serviços	Recursos de petróleo mineral
Federação Russa	Produtos intensivos em energia	Recursos nucleares
Leste Europeu	Outros produtos industriais	Recursos hidroelétricos
	Transporte industrial	Recursos eólicos e solares
	Transporte urbano	
Em Desenvolvimento	De Energia	Terra
Índia	Carvão	Culturas
China	Petróleo bruto	Pastagens
Brasil	Petróleo refinado	Florestas plantadas
Leste Asiático com maior renda	Gás natural	Florestas naturais
México	Elétrica: fóssil	Campos e pastagens naturais
América Latina	Elétrica: hidro	
Oriente Médio	Elétrica: nuclear	
África	Elétrica: solar e eólica	
Resto da Ásia	Elétrica: biomassa	
	Elétrica: CCGN*	
	Elétrica: carvão com SCC**	
	Elétrica: gás com SCC	
	Elétrica: petróleo mineral	
	Gás sintético	
	Líquidos da Biomassa	
	Etanol de cana-de-açúcar[1]	

*CCGN: Ciclo combinado de gás natural

**SCC: Sequestro e captura de carbono.

[1] apenas na região Brasil

3.1 Os modelos de equilíbrio Geral

Os modelos de equilíbrio geral são representados por interações entre diversos agentes que têm como objetivo a otimização de suas preferências e lucros. Assim sendo, estes interagem através dos mercados de bens e fatores de produção. Para obter o equilíbrio em um modelo de equilíbrio geral é preciso que todas as variáveis endógenas (preços e quantidades) ajustem-se de forma que os indivíduos, dadas sua restrições, não possam mais melhorar sua situação alterando seu comportamento.

Os autores Shoven e Whalley (1998), descreveram em seus trabalhos os seis passos necessários para a formulação de um modelo de equilíbrio geral: especificação do modelo, escolha das funções de produção e de utilidade com suas respectivas restrições, obtenção de um conjunto de dados para alimentar o modelo, calibragem do modelo, replicação (teste de acurácia do modelo) e finalmente, simulação de experimentos contrafactuais. Como o modelo a ser utilizado está em parte construído, somente as últimas três etapas foram realizadas no presente trabalho.

Buscou-se coletar dados de fontes nacionais sobre consumo e produção de energia, emissões para ajustes dos dados iniciais do modelo, nas etapas de calibragem replicação. Por último e mais importante, foram realizados experimentos que contemplam a implementação das políticas de mitigação para os seis cenários a serem estudados. São elas: a tarifa de ajustamento de carbono e as políticas de mitigação que podem ser implementadas por EUA e EU. Para o caso brasileiro, também serão consideradas as metas de emissões brasileiras diferenciadas por setores, de acordo com o Plano Nacional de Mudança Climática, o cenário SECT, discutido anteriormente.

3.2 O modelo EPPA

O modelo a ser utilizado neste trabalho será a versão mais recente do modelo EPPA desenvolvida pelo *MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change* pois esta

versão representa o Brasil de maneira desagregada dos demais países, ao contrário da versão original do modelo, que agregava o país junto com a América Latina. O objetivo é estimar seis conjuntos de cenários (além de um de referência) que simulariam políticas de mitigação recentemente discutidas na comunidade internacional e no Brasil. Para que os países atinjam as metas estipuladas, serão levadas em consideração particularidades das políticas climáticas de cada um deles para que os cenários simulados sejam mais realistas.

O EPPA é um modelo de equilíbrio geral dinâmico recursivo, resolvido de 5 em 5 anos para a economia mundial entre 2005 e 2100. Em cada período, funções de produção para cada setor da economia descrevem as combinações de capital, trabalho, terra, energia e insumos intermediários para gerar os bens e serviços. O consumo é modelado pela presença de um domicílio representativo que busca a maximização da utilidade pelo consumo de bens e serviços.

No modelo EPPA os setores de produção e consumo são representados por funções de produção aninhadas de elasticidade de substituição constante (CES) ou funções Leontieff e Cobb-Douglas, que são casos particulares da CES, onde a escolha de cada uma delas dependerá das particularidades de cada setor (Paltsev et al., 2008).

A agregação de setores e fatores primários do modelo procura representar os mercados de energia, incluindo o uso de recursos e tecnologias alternativas aos combustíveis fósseis, gerando como resultados medidas de evolução e mudanças em variáveis econômicas como: produto interno bruto, consumo agregado, nível de bem-estar, produção setorial, fluxo comercial, emissões de gases de efeito estufa e índices de preços em geral.

O EPPA, faz parte do IGSM (MIT integrated global system model) apresentado em (Sokolov *et al*., 2005) e cujo fluxograma está explicitado na Figura 1 abaixo. O EPPA5 traz todas as contribuições feitas ao longo dos últimos anos, possibilitando a integração do EPPA com o ISGM, tais como uso da terra e efeitos da poluição atmosférica na saúde humana e na economia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Dessa forma, o modelo é uma ferramenta importante para a análise econômica dos efeitos das políticas climáticas.

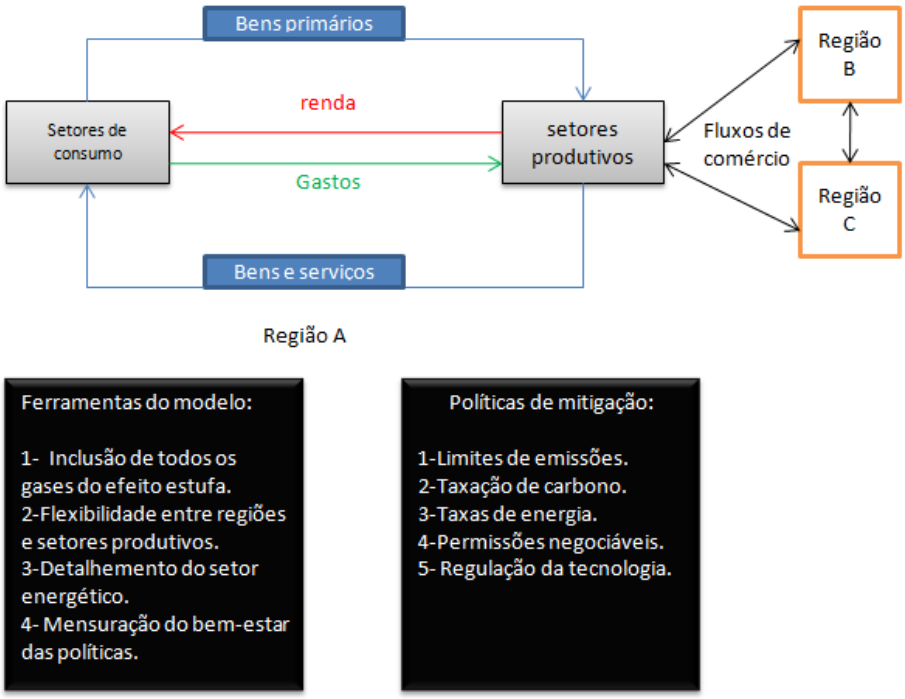

Figura 1- Fluxo circular de bens e recursos no EPPA.
Fonte: Adaptado de Paltsev et al. (2005)

3.3 Estrutura de equilíbrio do modelo

O EPPA é formulado como um problema de complementaridade mista onde as seguintes desigualdades precisam ser satisfeitas: lucro zero, equilíbrio dos mercados e equilíbrio da renda (Rutherford, 1999). Para melhor compreensão, a formulação matemática conta com três variáveis centrais:

p = Um vetor n, positivo, de preços de produtos.

y = Um vetor m, positivo, de níveis de atividade para retornos constantes de escala na produção.

M = Um vetor h, positivo, para níveis de renda, um para cada família do modelo, incluindo o governo.

Condição de lucro zero: A primeira restrição requer que em equilíbrio nenhum produtor obtenha lucro econômico acima do normal. Dessa forma, em equilíbrio, o custo unitário não deve ser menor do que o preço do produto:

$$-\Pi_{j(p)} = \mathrm{C_{j(p)}} - \mathrm{R_{j(p)}} \geq \forall_{\mathrm{j}} \qquad (1)$$

Onde $\Pi_{j(p)}$ é a função lucro por unidade, que mede a diferença entre custo unitário e receita unitária e p é o preço.

$$C_j\ p \equiv \min_i\ p_i\, x_i\ f_j\ x = 1 \qquad (2)$$

e

$$R_j\ p \equiv \max_i\ p_i\, y_i\ g_j\ y = 1 \qquad (3)$$

Onde $f_j\ x$ e $g_j\ y$ são funções de produção e de demanda possíveis, x a quantidade produzida e y a quantidade demandada.

Condição de equilíbrio dos mercados de bens e fatores: em equilíbrio, preços positivos estão associados a níveis de atividade (oferta) iguais às demandas dos consumidores, ou excessos de oferta estarão associados a preços nulos:

$$_j\ y_j \frac{\partial\ \ _j(p)}{\partial p_i} + \ _h\ w_{ih} \geq \ _h\ d_{ih}\ \ p, M_h \qquad (4)$$

Onde: w é a dotação inicial das famílias e d_{ih} a demanda do bem i pelas famílias .

O primeiro somatório, calculado via lema de Shepard, representa a oferta líquida do bem ou fator *i*, considerando-se retornos constantes de escala nos setores produtores, o segundo somatório representa a dotação inicial do bem ou fator *i* pelas famílias e o último somatório representa a demanda final do bem ou fator *i* pelas famílias, a qual é derivada a partir da maximização da função utilidade sujeita à restrição orçamentária:

$$d_{ih}\ \ p, M_h = argmax\ \ U_h(x) \quad _i\ p_i x_i = M_h \qquad (5)$$

Onde U é a função utilidade, M a renda e d a demanda final.

Equilíbrio da Renda nas famílias: a renda das famílias em equilíbrio deve igualar-se ao valor das dotações de fatores;

$$M_h = \ _f\ p_i\, w_{ih} \qquad (6)$$

Como se tratam de funções de utilidade que exibem não-saciedade, a lei de Walras deve sempre ser válida:

$$\sum_i p_i d_{ih} = M_h = \sum_i p_i w_{ih} \qquad (7)$$

Agregando as condições de equilíbrio dos mercados e utilizando, condição de lucro zero, e os preços e níveis de atividade de equilíbrio temos que:

$$\sum_j y_j \quad {}_j(p) = 0$$

ou

$$y_j \quad {}_j(p) = 0 \qquad \forall_j$$

Com isso, podemos dizer que:

$$p_i \sum_j y_j \frac{\partial \quad {}_j(p)}{\partial p_i} + \sum_h w_{ih} - \sum_h d_{ih}\,(p, M_h) \quad = 0 \quad \forall_j \ (8)$$

Esta equação significa que, em equilíbrio, qualquer atividade tem lucro zero, e toda a atividade com lucro negativo fica inativa. Desta forma, a inatividade complementar é uma peça importante para a alocação de equilíbrio mesmo que não seja imposta como condição *per se* para o mesmo.

Equilíbrio da renda para o Governo: Receita do governo com impostos (*PT*) é determinada pelo valor da taxa de retorno, calculada a partir de níveis de atividade (*AL*), demanda compensada, preços de mercado e taxas ad-valorem (t);

$$PT = \sum_g \frac{\partial \ \Pi_j \ p}{\partial \quad w_f \ \ 1 + \ t_{hs}} + \ AL_s \, w_f \ \ t_{hs} \qquad (9)$$

O modelo EPPA pode ser explicado de maneira simplificada como uma otimização do comportamento das firmas e das famílias. Para as firmas a solução deste problema se dá quando estas escolhem um nível de produto e insumos a fim de maximizar seus lucros sujeitos às suas restrições tecnológicas. No modelo EPPA assume-se que a produção é representada por tecnologias com elasticidade de substituição constante (CES), que por apresentarem retornos constantes de escala simplificam o problema da firma.

Para solucionar o problema das famílias o modelo considera, em cada região, um agente representativo que possui uma dotação inicial de fatores de produção e serviços, os quais podem ser vendidos ou alugados às firmas. Em cada período, este agente representativo escolhe seus níveis de consumo e poupança que maximizam sua função de bem estar sujeita à sua restrição orçamentária.

Como no modelo a produção e as preferências são representadas por funções CES, pela dualidade e pela propriedade da homogeneidade linear, para cada região existe uma função dispêndio unitária ou índice de preço do bem estar que corresponde à solução da maximização do bem-estar do agente.

3.4 Produção

No EPPA5 as tecnologias de produção são dadas por funções CES aninhadas e incorporam desagregação entre setores o que possibilita alternativas de substituição entre fontes de energia. A estrutura aninhada foi desenvolvida para permitir maior flexibilidade na calibragem de elasticidades, particularmente para os setores onde o custo de abatimento das emissões é mais sensível.

A seguir, as figuras 2, 3 e 4 exemplificam as estruturas aninhadas da produção. A Figura 2 mostra a estrutura dos setores de serviços, transportes, intensivos em energia e outros, onde as linhas verticais significam tecnologias do tipo Leontief ou estruturas de produção com coeficientes fixos, em que a elasticidade de substituição é zero. A Figura 3 apresenta o setor agrícola .

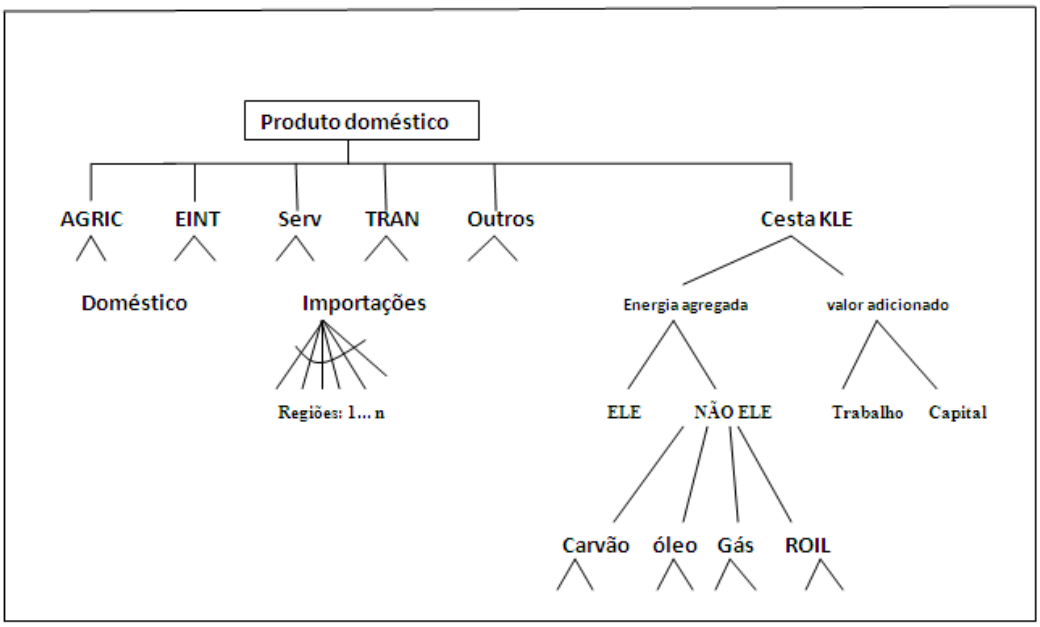

Figura 2- Estrutura aninhada do setor de serviços, transportes, intensivos em energia e outros
Fonte: Paltsev et al. (2005).

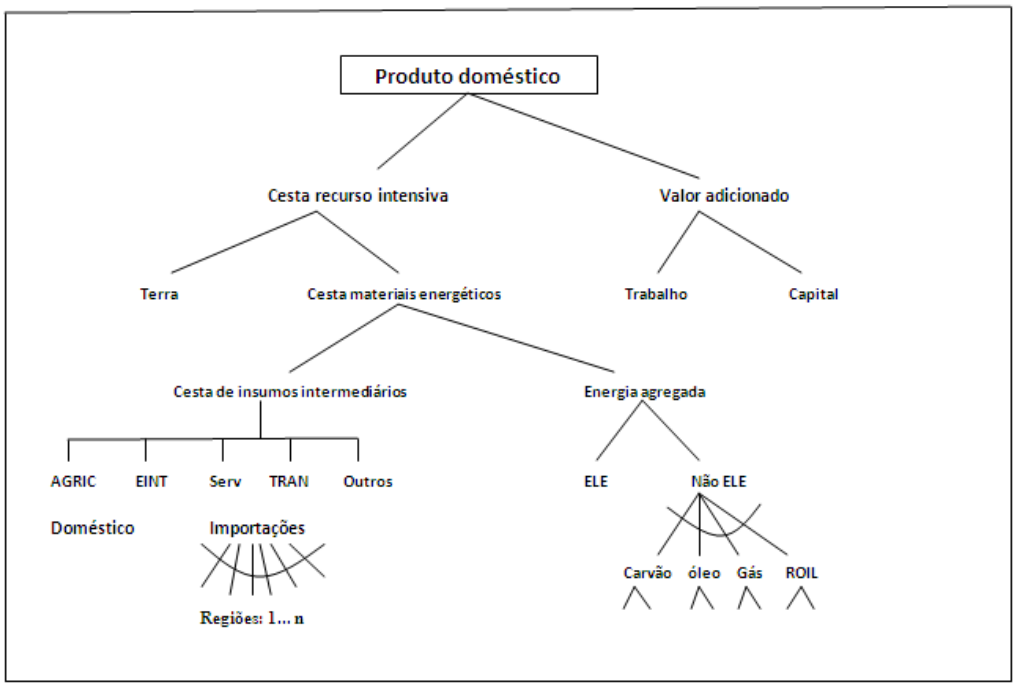

Figura 3-Estrutura aninhada do setor agrícola
Fonte: Paltsev et al. (2005).

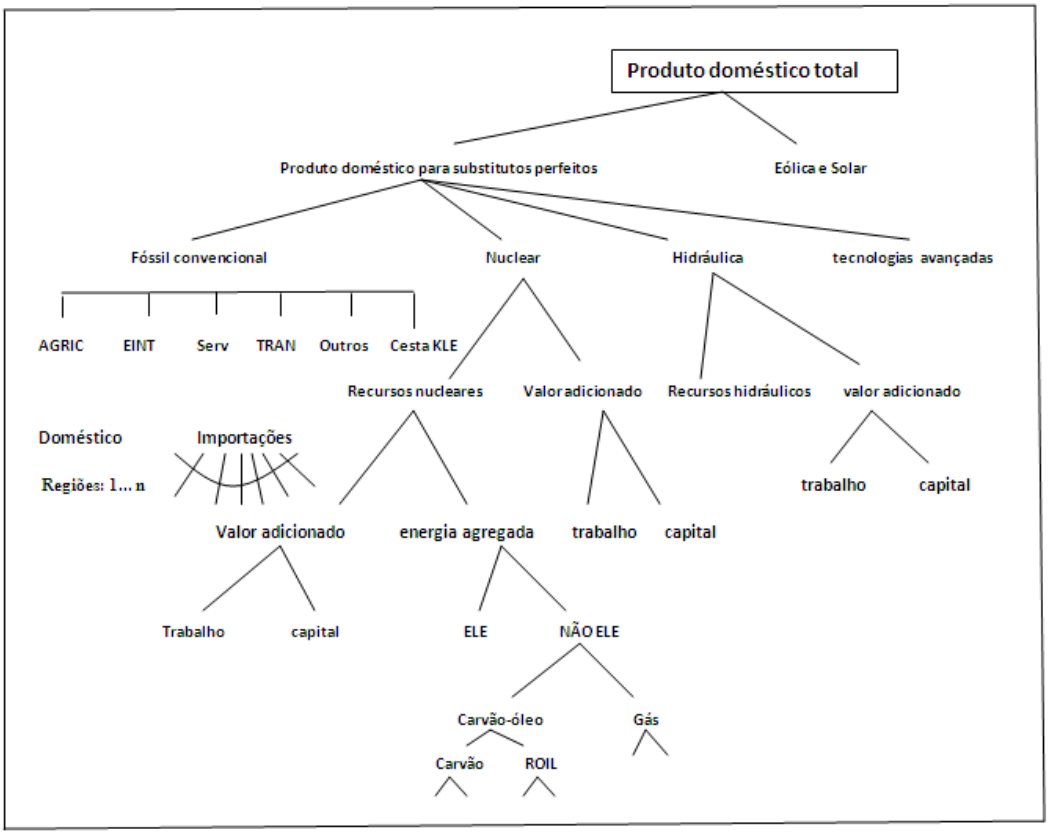

Figura 4-– Estrutura aninhada do setor de eletricidade
Fonte: Paltsev et al. (2005).

Existe uma estrutura aninhada comum no fluxograma dos serviços, transportes, setores intensivos em energia e outras indústrias. As demandas por insumos intermediários são especificadas por preferências do tipo Leontief inclusive para a relação capital-trabalho (KLE). O aninhamento único para combustíveis sugere, a princípio, uma flexibilidade limitada em especificar elasticidades separadas para diferentes pares de combustíveis. No entanto, esta limitação é pouco significante, pois enquanto o petróleo cru aparece no aninhamento, o mesmo não é usado diretamente por nenhum outro setor a não ser o de refino do petróleo.

Analisando a figura 3, pode-se perceber que a estrutura do setor agrícola é um pouco diferente dos demais, pois é a única que contempla o uso da terra, fazendo a análise do *tradeoff* entre uso da terra e uma cesta de materiais e insumos energéticos. O modelo para a agricultura prevê flexibilidade na representação da substituição da terra por outros insumos.

A estrutura do setor de eletricidade do modelo é bastante complexa. Esta permite, no nível mais elevado, a substituição entre tecnologias existentes no ano base do modelo, como petróleo, hídrica, nuclear, etc..., bem como das chamadas tecnologias avançadas, que nada mais são que formas de geração de energia com potencial baixo de emissão de gases do efeito estufa. São tecnologias de fronteira no setor elétrico, como as fontes eólicas e solar e as

tecnologias de captura e sequestro de carbono a partir de fontes de energia fósseis. No modelo, tecnologias tradicionais e avançadas são consideradas substitutos perfeitos, com exceção das energias solar e eólica que, por questões de intermitência, possuem capacidade limitada de substituir as demais fontes de eletricidade.

No setor elétrico as estruturas aninhadas na parte mais baixa tratam das relações entre as tecnologias de geração de energia com a vantagem em representar o setor de forma desagregada, ao invés de utilizar apenas "combustíveis fósseis" para todos eles. Deste modo, evita-se que se deixe de utilizar algum destes insumos caso este fique muito mais caro que os demais. Por outro lado, as energias nuclear e hidroelétrica têm estruturas mais simples, que tratam apenas das parcelas de capital e trabalho de ambas. O modelo utiliza um fator fixo para ambas que representa a matéria-prima específica da tecnologia (material nuclear e represas, respectivamente) e da região em que a planta de geração se encontra.

3.5 Comércio internacional

Todos os bens no modelo EPPA podem ser comercializados entre países. O petróleo cru é tratado como homogêneo e sujeito a tarifas de importação e custos de frete. O EPPA permite comércio de energia elétrica, porém com as devidas restrições físicas (somente regiões próximas podem vender e comprar eletricidade uns dos outros). A função CES utilizada para a produção de eletricidade limita a expansão do comércio entre países de eletricidade, tornando o modelo mais realista.

3.6 Consumo

No consumo as funções CES aninhadas também são utilizadas para explicitar as preferências dos indivíduos. A Figura 5 descreve o aninhamento do consumo das famílias. A poupança é alocada diretamente na função utilidade, tornando a decisão de consumir e investir endógena. O modelo, no entanto, exclui a poupança do cálculo do bem-estar, levando em consideração somente mudanças no consumo agregado.

A idéia é evitar dupla contagem com a mudança da poupança ao longo do tempo, uma vez que o investimento em capital é oriundo da poupança. O EPPA mede o bem-estar a partir das mudanças no consumo em cada período.

O modelo EPPA5 possui uma estrutura que inclui um aninhamento de energia e uso de transporte para as famílias. O aninhamento de energia exclui os gastos com combustíveis utilizados em transportes, que são então computados à parte. Serviços de transportes via automóvel privado são providenciados com insumos de outras indústrias, como automóveis e serviços (mecânica e seguros, por exemplo) e combustíveis.

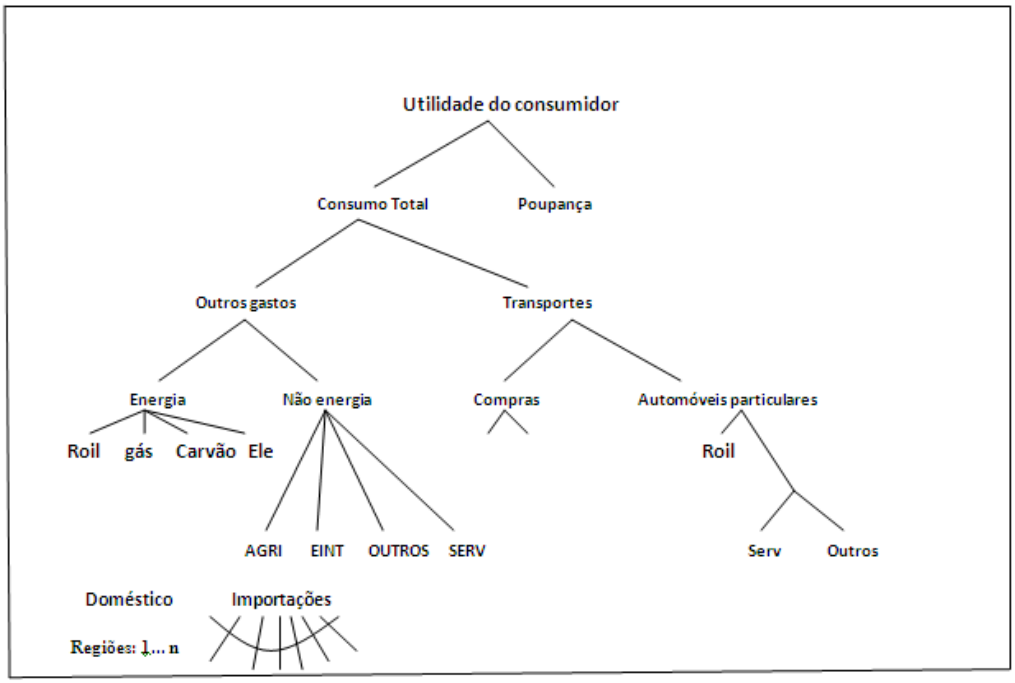

Figura 5– Estrutura aninhada do consumo
Fonte: Paltsev et al. (2005).

3.7 Mudanças no uso da terra

A Bioenergia no modelo EPPA é representada através de duas tecnologias cujas estruturas de produção serão detalhadas a seguir. A Figura 7 representa a produção de biocombustíveis. Na Figura 8 temos a produção de energia elétrica a partir dos mesmos.

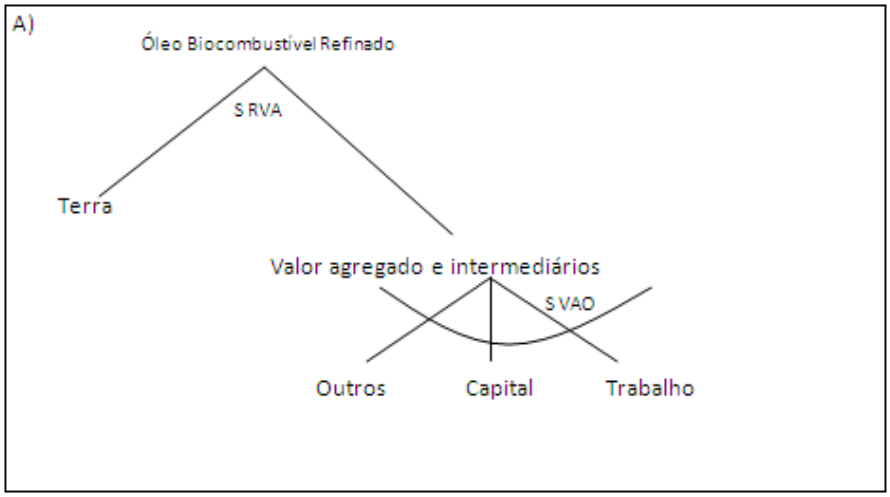

Figura 6 - Estrutura da produção de biocombustíveis
Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008).

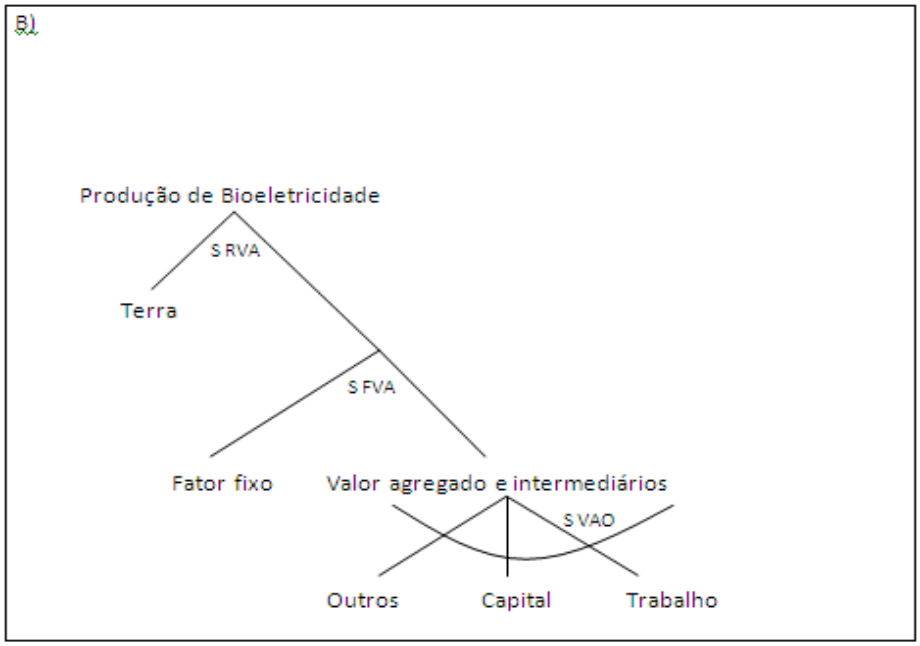

Figura 7 - Estrutura da produção de energia a partir de biocombustíveis
Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008).

Finalmente a Figura 9 nos mostra a estrutura das funções de transformação da terra. A terra é um recurso renovável com cinco diferenciações: agricultura, pastagens, florestas de manejo sustentável, florestas naturais e regiões de mata. Naturalmente, a setor agrícola e o de biomassa competem por terra. Pasto e florestas de manejo são utilizados individualmente em cada setor.

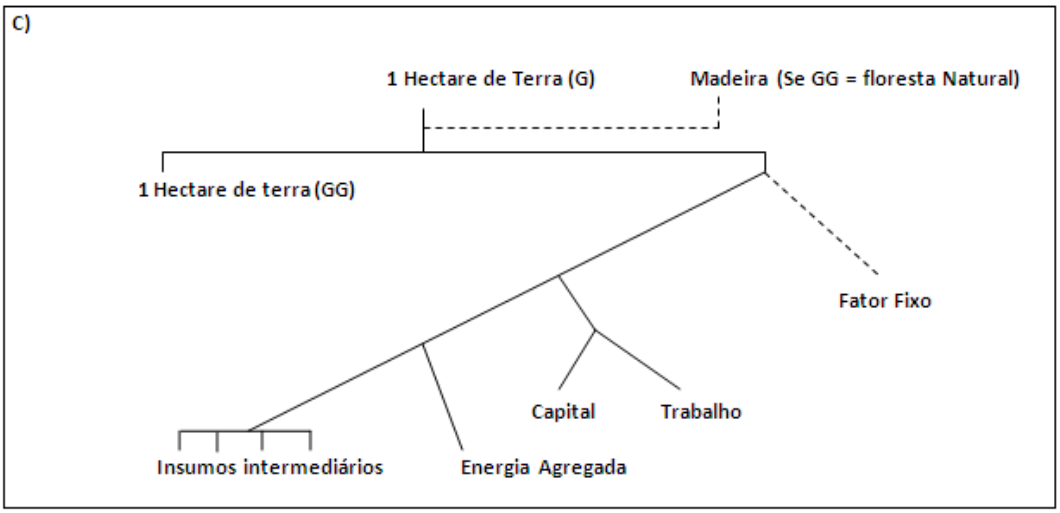

Figura 8 - Estrutura das funções de transformação da terra

Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008).

Podemos observar na Figura 9 o nó com o componente fator fixo, que impede a conversão irrestrita de floresta natural e mata em terras para produção agropecuária. A conversão é parametrizada pela elasticidade de substituição entre a terra e os demais insumos, estimada a partir das mudanças na oferta da terra nas duas últimas décadas, para então termos a resposta observada pela oferta de terra. Outra importante representação do modelo é que um tipo de terra pode ser convertido em outro, de acordo com duas condições: viabilidade econômica (consistência econômica) e consistência física, que implica no desenvolvimento dos parâmetros de mudanças no uso da terra de forma coerente com as observações da base de dados. Ou seja, a substituição entre tipos de terra deve obedecer às elasticidades e os parâmetros do modelo.

Logo, um hectare de terra pode ser convertido em outro hectare de terra e dessa forma, áreas de manejo se tornam lavouras e vice-versa. A segunda condição é alcançada porquê em equilíbrio, o custo da conversão marginal de uma terra em outra é igual à diferença do valor econômico entre ambas. O modelo também calcula o valor da renda de aluguel das terras que não estão sendo utilizadas efetivamente (florestas e pastagens sem uso). Para a separação das terras sem uso econômico das demais, utiliza-se a base de dados de Hurtt et al (2006), agrupando a terra em 6 tipos, mostrados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2- Cobertura das terras por regiões no modelo EPPA (em Mha)

Regiões	Pastagens	Lavouras	Floresta de Manejo	Matas	Florestas Naturais	Outros	Total
USA	119.2	186.6	59.8	98.8	322.9	119.6	906.88
CAN	12.1	52.8	16.9	-	352.2	464.1	898.06
MEX	59.6	21.9	29.9	15.8	67.8	7.8	202.73
JPN	0.6	4.7	4.6	-	32.0	0.6	42.44
ANZ	393.0	35.6	36.6	72.9	298.2	35.7	872.07
EUR	55.8	142.3	60.4	24.0	127.2	70.3	479.91
ROE	242.2	132.9	16.7	42.4	131.4	40.6	606.19
RUS	64.9	168.0	43.1	42.8	796.7	552.7	1668.20
ASI	5.0	71.4	11.1	-	217.0	31.8	336.38
CHN	184.8	199.5	32.3	60.3	206.0	243.1	926.09
IND	6.3	177.1	34.5	-	72.4	18.3	308.57
BRA	121.1	74.6	47.8	92.9	465.0	51.3	852.67
AFR	744.3	160.9	172.4	296.7	611.0	996.2	2981.51
MÊS	182.5	13.8	5.3	98.7	72.9	148.3	521.44
LAM	256.6	83.7	55.1	57.4	391.6	174.8	1019.18
REA	135.3	86.0	24.0	86.3	133.6	41.8	506.93

Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008).

Deve-se estimar o custo de conversão e o valor das terras não utilizadas. Para tanto, são utilizados os dados de Sohngen et al (2007). Nele o valor presente líquido (VPL) dos fluxos futuros de extração de madeira baseia-se na suposição de que os custos de exploração das áreas não-utilizadas para extração de madeira devem ser iguais ao valor da floresta existente adicionados ao valor dos futuros cortes à medida que novas árvores cresçam e possam ser cortadas novamente. O EPPA utiliza a seguinte fórmula para calcular o estoque médio florestas para cada região do modelo e seus respectivos valores:

$$NPV = X_0 + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{X_t}{(1+r)^t} \qquad (10)$$

Onde:

NPV é o valor presente líquido da floresta virgem

X_0 é valor do estoque de florestas virgens

X_t é o valor das colheitas futuras

r é a taxa de juros.

O valor de reserva da terra é da do por X_t no caso de sua posse indefinida por um agente. Neste caso, considera-se que as colheitas futuras são alguma fração de X_0 que será

dada por θ. Quando o modelo atinge seu ponto ótimo, onde a colheita de madeira maximiza os lucros considerando-se a capacidade da terra de renovar-se, uma vez que a floresta virgem já tenha sido cortada, teremos $X_t = 0$ em cada ano. Reescrevendo a equação 10 teremos o período t'que é aquele que aquele onde o modelo atinge seu ponto ótimo.

$$NPV = X_0 + \sum_{t'=1}^{\infty} \frac{\theta X_o}{(1+r)^{t'}} \qquad (11)$$

Agora, pode-se resolver a equação para deduzirmos o valor presente líquido do estoque de madeira em florestas virgens, assim como o valor da mesma após o corte. Para tanto, deve-se supor como constantes as futuras colheitas e utilizar o valor desconto infinito $\frac{1}{r}$. Resolvendo para X_0 obtém-se: $X_0 = \frac{NPV}{1+\frac{\theta}{r}}$

Como o modelo não possui apenas um tipo de terra não-utilizada, calcula-se a média ponderada entre os diferentes tipos de florestas para cada região. A única exceção é o tratamento dispensado aos campos e pastagens naturais. O EPPA assume que a renda destas é uma porcentagem da renda da terra de pastagens equivalente ao percentual da renda da terra de florestas naturais em relação às florestas de manejo sustentável. A Tabela 4 abaixo mostra os fluxos de renda por hectare de cada região.

Tabela 3 - Fluxo de renda da terra por hectare para cada região (1997 US$)

Regiões	Pastagens	Lavouras	Floresta de Manejo	Matas	Florestas Naturais
USA	73.2	150.0	20.2	11.7	3.2
CAN	43.9	44.4	53.4	-	8.5
MEX	45.4	249.8	4.9	8.2	0.9
JPN	7163.9	2073.0	102.6	-	36.9
ANZ	6.5	65.5	7.3	2.9	3.3
EUR	266.6	341.0	46.5	5.3	0.9
ROE	13.9	50.0	13.4	0.3	0.3
RUS	32.9	30.9	9.8	6.6	2.0
ASI	749.4	428.7	54.5	-	33.8
CHN	125.0	169.2	76.3	7.5	4.6
IND	393.9	249.6	17.0	-	3.7
BRA	12.9	63.6	2.0	2.5	0.4
AFR	5.1	57.7	4.1	3.4	2.7
MÊS	9.4	167.9	14.8	8.1	12.7
LAM	23.1	142.8	6.4	10.9	3.0
REA	50.5	147.8	16.0	35.8	11.4

Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008).

Agora é possível calibrar a função de conversão de florestas naturais para florestas de manejo. Para isso, é necessário dividir a produção florestal e sua demanda por terras em duas partes: valor da produção de florestas de manejo valor da produção de florestas naturais (desmatamento inicial). Seguindo a abordagem de Gurgel, Reilly e Paltsev (2008), supõe-se que, devido ao comércio mundial de mercadorias, os preços da terra oscilariam em direções similares no mundo todo. Dessa forma, utilizando-se como parâmetro a mudança de preços da terra nos EUA para todas as regiões, calcula-se a elasticidade preço da oferta da terra para cada uma delas. Essa elasticidade é utilizada para calcular a elasticidade de substituição entre fator fixo e os demais insumos intermediários , de acordo com a abordagem de Hyman et al. (2002).

A tabela 5 mostra os parâmetros calculados para o modelo. A grande vantagem desta abordagem é que a resposta da variação regional do uso da terra corresponde aos dados recentes de desmatamento, e utilização de terras e pastagens. Para o Brasil e demais países em desenvolvimento, o modelo consegue capturar as suas disposições de converter terras de forma satisfatória, ao passo que esta conversão nos países desenvolvidos não é mais observada nessas regiões.

Tabela 4 – Parâmetros para modelar uso da terra e funções de transformação

Regiões	Participação do Produto Florestal de Florestas Desmatadas (%)	Participação de terras de floresta natural no total de terras utilizadas para produção de madeira	Elasticidade de oferta da terra	Elasticidade de substituição entre fator fixo e outros insumos
USA	1,00	0,03	0,05	0,05
CAN	1,00	0,02	0,31	0,31
MEX	33,60	10,60	0,38	0,39
JPN	1,00	0,20	0,28	0,28
ANZ	8,90	4,50	0,30	0,31
EUR	1,00	0,10	0,05	0,05
ROE	1,00	0,20	0,05	0,05
RUS	1,00	0,01	0,10	0,10
ASI	45,20	8,60	0,71	0,71
CHN	1,00	0,05	0,23	0,23
IND	7,20	2,30	0,18	0,18
BRA	21,10	6,80	0,26	0,27
AFR	12,60	11,50	0,36	0,37
MES	1,00	0,80	0,41	0,41
LAM	1,00	0,70	0,70	0,72
REA	29,60	10,10	0,09	0,09

Fonte: Gurgel, Reilly e Paltsev (2008)

3.8 Implementações de políticas

O modelo EPPA permite que políticas de controle de emissões; como impostos, mercados de permissões de carbono (*cap and trade)*, cotas limite de poluição e subsídios sobre uso de energia possam ser representados. O EPPA5 também pode ser ajustado para que as alíquotas dos diferentes setores produtivos e de geração de energia possam ser fixadas para representar a composição de carbono relativa a cada combustível utilizado. Dessa forma, restrições sobre as emissões podem ser solucionadas pelo modelo, que permite representar estas restrições por região, setores produtivos e por cada gás causador do efeito estufa. Exportações e importações de licenças para poluir são contabilizadas em conjunto com os demais fluxos comerciais, e este comércio entra como parte da balança comercial, na conta de capital dos países, tal qual um ativo financeiro qualquer.

O EPPA5 permite que restrições sobre cada setor e/ou gás causador do efeito estufa sejam impostas, de maneira que se possa calcular uma solução para cada um destes. As soluções do modelo com restrições sobre esses gases são reportadas de acordo com a tonelada de carbono que se deixou de emitir, ao contrário da precificação da quantidade de carbono emitida. No entanto, ao permitir o comércio de gases entre setores e entre países, deve-se medir a que taxa esses agentes estariam dispostos a negociar. Esta taxa é chamada de preço do equivalente do carbono que mede o quanto as indústrias estão dispostas a sacrificar, em termos monetários, para poderem poluir.

O modelo permite a simulação de uma ampla variedade de políticas ambientais permitindo a representação de setores, gases, políticas regionais específicas, comércio global de emissões, e políticas híbridas onde apenas alguns setores, regiões ou gases são considerados. Isto é particularmente importante, pois obtêm-se grande flexibilidade no tocante a diferentes tipos de políticas, além da possibilidade de se fixar restrições a um determinado setor, como o de mudanças no uso da terra, no caso do Brasil e a geração de energia por térmicas a carvão, no caso da China.

Outra peculiaridade do EPPA é que o sistema de comércio de emissões operado dentro de um país ou entre países, só pode ser utilizado por aqueles que têm restrições quanto às emissões de poluentes. Países e setores que não têm restrições sobre emissões, não podem tirar vantagem do comércio de emissões, o que permite avaliar mais corretamente os benefícios do comércio de carbono, principalmente se levarmos em consideração que existem distorções nos mercados que afetam tanto regiões como setores.

3.9 Processos dinâmicos no EPPA

O EPPA5 contém seis ferramentas principais que modelam a evolução da economia ao longo do tempo:

1) Taxa de acumulação de capital
2) População e crescimento da força de trabalho.
3) Mudanças na produtividade de trabalho e da energia.
4) Mudanças estruturais no consumo.
5) Exaustão de reservas de combustíveis fósseis.

6) Possibilidade de ativação de tecnologias "*backstop*", que são fontes de energias inovadoras, em geral pouco poluentes, porém com custos elevados para serem utilizadas no presente.

3.9.1 A evolução do estoque de capital

Os investimentos em capital são tirados da base de dados do GTAP a partir da formação bruta de capital das matrizes de insumo-produto dos diferentes países e regiões. Dessa forma, especifica-se um setor que demanda bens de investimento agregado iguais aos níveis de poupança determinadas pelas funções utilidade dos agentes representativos. A acumulação de capital é calculada como investimento líquido da depreciação de acordo com a suposição padrão do estoque perpétuo.

Uma importante inovação presente no modelo EPPA diz respeito à distinção entre capital maleável e não-maleável. A porção do estoque de capital maleável utilizada em cada setor é descrita por funções do tipo CES aninhadas, com elasticidades de substituição diferentes de zero. A parte não-maleável é descrita por tecnologias Leontief, onde todas as elasticidades de substituição são iguais a zero.

Os parâmetros de produção das funções do tipo Leontieff para cada período são as parcelas atuais da produção para o período em que o capital foi colocado em uso. Desse modo, reflete-se as possibilidades de substituição descritas pelas funções CES e os preços relativos no período para o capital recém-criado na economia, enquanto mantém-se a rigidez tecnológica nas plantas produtivas mais velhas. Esta formulação implica que o EPPA exibe respostas de curto e de longo prazo para mudanças relativas nos preços da oferta.

3.9.2 População, produtividade e oferta de trabalho

A evolução de algumas variáveis importantes do modelo EPPA é determinada por relações algébricas calculadas entre períodos consecutivos do modelo em termos per capita. Nesse caso, é fundamental que o EPPA estime a trajetória da população em cada região ao

longo do tempo. O tamanho da população é especificado com uma tendência de longo prazo exógena baseada nos dados das nações Unidas (*United Nations data* - UN, 2000, 2001).

Uma inovação do EPPA5 é conseguir rastrear separadamente mudanças no tamanho da força de trabalho e mudanças no crescimento da produtividade por trabalhador. A produtividade do trabalho é modelada como aumentadora de fatores, isto não faz diferença em termos de afetar a oferta de trabalho via aumento no número de trabalhadores ou pelo aumento da produtividade por trabalhador. No entanto, esta distinção nos habilita a identificar os efeitos do crescimento populacional em separado. O crescimento da força de trabalho é computado com base na projeção da população e então é combinado com o crescimento da produtividade do trabalho para finalmente, calcular-se o fator aumentador de trabalho.

3.9.3 Melhoria autônoma na eficiência energética

Um dos fatos estilizados do desenvolvimento econômico é que os países em desenvolvimento costumam usar mais energia por unidade de produto do que os países desenvolvidos (Schmalensee *et al.*, 1998). Nas simulações usadas para analisar políticas energéticas ou climáticas é comum ajustar os modelos para incorporarem esse fato por meio de tendências temporais nos coeficientes dos insumos para energia e/ou combustíveis fósseis. A taxa de crescimento dos fatores de produção destes setores é chamada de "*autonomous energy efficiency improvement"* (AEEI), que é uma parametrização da forma reduzida da evolução não induzida de preços e mudanças tecnologicamente dirigidas na demanda por energia. O EPPA4 consegue diferenciar a taxa de AEEI entre todas as regiões e entre setores de energia ou não da economia. A eficiência no uso da energia aumenta com base no crescimento do produto per capita de cada região, baseado nos ganhos de eficiência historicamente observados nos países desenvolvidos.

3.9.4 Recursos naturais utilizados como insumos

Todas as reservas de combustíveis fósseis são modeladas no EPPA como recursos exauríveis que tem seu preço elevado à medida que vão se esgotando. Nos setores de produção de combustíveis fósseis as elasticidades de substituição foram escolhidas de forma a gerar elasticidades de oferta que corresponderiam ao valor ajustado de sua respectiva curva de oferta, de acordo com o método desenvolvido por Rutherford (1998).

A produção em um período é limitada pela substituição e pelo valor da parcela do recurso, por exemplo, o coeficiente técnico do fator fixo nas funções de produção dos setores de energia. O valor das parcelas de cada recurso foi determinado para representar diferenças chaves entre regiões e combustíveis. Por exemplo, o custo do capital, trabalho e materiais nos produtores de petróleo cru do oriente médio é baixo em relação ao preço de mercado, o que significa que estes países possuem uma parcela maior de renda para o petróleo. Do contrário, países com recursos mais escassos têm custos maiores para o mesmo preço internacional, implicando em uma margem menor.

Para o carvão, o custo de produção na maioria das regiões é constituído de trabalho, capital e materiais indicando que a parcela nos custos referentes aos recursos naturais neste setor são baixos.

3.10 Novas tecnologias

Diversas formas de geração avançada de energia foram incorporadas ao EPPA5. Essas tecnologias são ativadas quando se tornam competitivas em relação às tecnologias existentes. A competitividade das diferentes tecnologias depende dos preços determinados endógenamente para todos os insumos, pois estes preços dependem da exaustão destes recursos, políticas climáticas e outras forças que movem o crescimento econômico, como a poupança, investimento e a produtividade do trabalho.

A tabela abaixo descreve estas tecnologias. Três delas produzem substitutos para os combustíveis fósseis convencionais (gás de carvão, petróleo a partir de xisto e combustíveis refinados de biomassa). As cinco restantes são tecnologias de geração de eletricidade (biomassa, solar, eólica, ciclo combinado de gás natural com e sem captura de carbono e ciclo combinado de geração integrada de carvão gaseificado com e sem captura de carbono). Os atributos peculiares destas tecnologias são modelados por funções CES aninhadas. Óleo de xisto e biocombustíveis têm estruturas parecidas, a principal diferença entre as duas é que os

recursos para a produção de óleo de xisto é dado pelas reservas estimadas deste produto enquanto a produção de biocombustíveis depende do recurso terra (Quadro 1).

Quadro 1 - Novas Tecnologias do modelo EPPA

TECNOLOGIA	DESCRIÇÕES
Carvão gaseificado	Converte o carvão em um substituto perfeito para o gás.
Petróleo de xisto	Extrai xisto do betume, transformando-o em um substituto para o petróleo.
Combustível de biomassa	Converte a biomassa em um substituto para o petróleo refinado.
Energia de biomassa	Converte a biomassa em um substituto para a energia.
Solar e eólica	Converte a energia intermitente das fontes solares e eólicas em um substituto imperfeito para a energia.
Geração a gás avançada	Tecnologia (NGCC) - Ciclo combinado de gás natural. Transforma gás natural em energia.
Geração a gás avançada com sequestro e captura de carbono	Tecnologia NGCC que captura 90% ou mais, do CO2 emitido na geração de energia.
Geração a carvão avançada com sequestro e capura de carbono	Tecnologia (IGGCC)- Ciclo combinado de geração integrada de carvão gaseificado. Captura 90% ou mais do carbono

Fonte: Adaptado de Paltsev et al. (2005)

Além disso, os recursos para se produzir xisto são não-renováveis, enquanto que os estimados para o biocombustível é a terra, um recurso renovável com a produtividade aumentada exógenamente pela modernização da agricultura. Neste modelo, Bio-eletricidade e biocombustíveis competem entre si por terra.

Bio-eletricidade e as energias solar e eólica têm uma estrutura de produção parecida, ambas utilizam terra e uma combinação de capital, trabalho e outros insumos. A tecnologia de carvão gaseificado inclui, em sua estrutura de produção, insumos intermediários dados por funções Leontieff. Este insumo compete diretamente com Gás Natural, no modelo EPPA5.

Finalmente, as três tecnologias de combustíveis fósseis avançadas têm estruturas semelhantes às outras, no entanto são mais elaboradas que as demais. Estas tecnologias representam: energia por ciclo combinado de gás natural, enérgica por ciclo combinado de gás natural com captura e seqüestro de carbono e tecnologia de geração de energia por processo integrado de carvão gaseificado com captura e seqüestro de carbono. A estrutura de produção destes incluem ramos para descrever transmissão e distribuição, geração e captura e seqüestro. Para as demais tecnologias, como eólica, solar e bioenergia, os custos de transmissão e

distribuição estão implícitos em capital, trabalho e outros. A identificação separada daqueles componentes permite uma certa flexibilidade ao modelo. Uma importante diferença é que o carbono pode entrar na CES com a geração, tornando a taxa de captura do mesmo variável, uma vez que com preços altos de carbono se torna viável obter percentuais cada vez maiores de sequestro do mesmo.

3.11 Dados utilizados

Os dados utilizados no presente trabalho para alimentar e calibrar o EPPA são encontrados no Global Trade Analysis Project - GTAP (Dimaranan and McDougall, 2002), que é um banco de dados que considera matrizes de insumo-produto para todos os países e regiões do mundo, consumo macroeconômico regional, produção e fluxos de comércio bilateral. Da IEA (Agência de Energia Internacional) são recolhidos os dados a respeito da oferta e consumo de energia dos países e regiões do EPPA.

Os dados relativos aos gases que provocam o efeito estufa, a saber, dióxido de carbono, CO2; metano, CH4; óxido nitroso, N20; hidrofluorcarbonos; HFCs; perfluorcarbonos, PFCs; e hexafluoreto de enxofre; SF6 são obtidos da agência de proteção ambiental americana, enquanto os dados relativos aos poluentes urbanos (dióxido sulfúrico, SO2; óxidos de nitrogênio, NOx, carbono, BC; carbono orgânico, OC; amônia, NH3; monóxido de carbono, CO; e compostos orgânicos voláteis não-metano, VOC) são encontrados no banco de dados EDGAR (Olivier e Berdowski, 2001). Em relação ao Brasil, além dos dados do país nas fontes mencionados acima, foram consultadas a base de dados do IBGE, do IPEA e do Ministério de Minas e Energia.

3.12 Limitações dos modelos de Equilíbrio Geral

Os modelos de equilíbrio geral possuem algumas vantagens como sua forte fundamentação microeconômica. Um modelo de EG típico especifica o comportamento dos agentes utilizando princípios de escolha e otimização bem aceitos entre os economistas e

servem como base para trabalhos empíricos. O papel destes modelos é integrar o comportamento de todos os agentes de uma maneira sistemática, que corresponde a uma descrição de como os mercados operam no equilíbrio. No entanto, os modelos de equilíbrio geral também são alvos de críticas devidos as suas limitações, como discutido a seguir.

Uma das críticas mais frequentes diz respeito à falta de validação empírica de alguns modelos, no sentido de que normalmente não há uma medida exata do grau em que o modelo se ajusta aos dados ou aos fatos históricos. Os modelos de equilíbrio geral são muito grandes, incluem um número substancial de parâmetros e apresentam uma estrutura bastante complexa.

A maioria dos modelos não são estimados econometricamente. O modelo de Jorgenson é um dos poucos exemplos de modelos de EG baseado em parâmetros obtidos por meio de estimações econométricas. Em geral, são utilizados parâmetros estimados de forma independente, obtidos por diversos trabalhos de pesquisas econômicas e então, são calibrados de forma a representar ma situação próxima da realidade.

Devido à hipótese de lucro econômico zero, que é raramente observada em todos os mercados simultaneamente em um dado momento do tempo, os resultados dos modelos não têm a intenção de prever a realidade e sim, de indicar tendências de longo prazo, ao redor da qual a economia flutuaria.

De fato, não apenas a hipótese de lucro econômico igual a zero existe, como também a ideia de que nenhuma transação ocorre até que o equilíbrio seja atingido, ou seja, em desequilíbrio nada acontece, dessa forma, seria como se os agentes esperassem que o equilíbrio seja encontrado para então tomarem suas decisões. Atualmente, existem alguns modelos que utilizam estruturas de oligopólio como forma de amenizar a hipótese de concorrência perfeita.

Outro aspecto que enfraquece o modelo é a forma como ele lida com o progresso tecnológico. Os primeiros modelos de Shoven e Whalley não incuíam essa variável explicitamente, apenas uma simples versão do aumento de trabalho (*labour augmenting*) via progresso técnico, representado como um incremento na eficiência do trabalho ao longo do tempo. Desse modo, considerando-se que estes modelos foram desenhados para observar mudanças no longo prazo, os críticos dos modelos de equilíbrio geral consideram contraditório que sua estrutura não trate com mais cuidado as mudanças na tecnologia no longo prazo. Por outro lado, é realmente muito difícil de se prever o progresso técnico, descrever em que intensidade ele irá ocorrer e assumir que ele continuará no futuro com a mesma taxa e as características que apresenta no presente.

As soluções para esse problemas são: assumir formas mais simples de mudanças tecnológicas atribuídas exógenamente, aplicar estes modelos para questões em que tecnologia não é crucial para a análise ou modelar possíveis tecnologias futuras potenciais que são ativadas quando o preço destas se tornam competitivos em modelos aonde se entende que o progresso técnico tem um papel fundamental, como o utilizado neste trabalho.

Outro ponto importante a se destacar a respeito das críticas ao modelo é que se os agentes gastam toda a sua renda em bens e serviços não há espaço para o mercado financeiro, consequentemente, quase todos os modelos de EG existentes não incluem moeda e nem ativos monetários. Desse modo, como são estudadas as alocações de recursos no lado real da economia, mas sem sistema financeiro e políticas monetárias, não há espaço para discutir problemas relacionados à inflação.

4 Resultados

4.1 Discussão dos cenários

Nesta seção, discutir-se-á os resultados encontrados para Estados Unidos, União Europeia e Brasil para algumas das principais saídas do modelo EPPA: PIB, bem-estar, emissões de gases do efeito estufa e mudanças na produção. Primeiramente, serão apresentados os cenários utilizados neste trabalho:

Quadro 2 – Lista de cenários utilizados

Cenário	Sigla	Descrição
1	EUA_UE	Cenário onde somente Estados Unidos e União Europeia implementam políticas ambientais.
2	EUA_UE_BCA	Semelhante ao 1, mas com a tarifa de ajustamento de carbono.[8]
3	EUA_UE_BRA	Neste cenário, o Brasil passa a implementar políticas climáticas junto com Estados Unidos e União Europeia.
4	EUA_UE_BRA_BCA	Semelhante ao 3, mas com a tarifa de ajustamento de carbono.
5	EUA_UE_BRA_SECT	Semelhante ao 4, no entanto, agora o Brasil implementa metas de emissões diferenciadas por setores, de acordo com o Plano Nacional de Mudança climática.
6	EUA_UE_BRA_SECT	Semelhante ao 5, mas com a tarifa de ajustamento de carbono.

Os níveis de cortes em emissões de gases de efeito estufa nos EUA e na UE assumem um comprometimento de redução em 56% nas emissões de gases até 2050, sendo cortes de cerca de 7% em emissões em relação ao observado em 2005 a cada cinco anos a partir de 2015. Esses cortes procuram refletir de forma simplificada as discussões de políticas nessas regiões. Os cortes são implementados através de mercados de carbono amplos em cada uma

[8] As tarifas de ajustamento ao carbono são calculadas multiplicando-se o preço das permissões de carbono obtidas no cenário EUA_UE pelas emissões totais de gases de efeito estufa de cada setor e região no ano de 2010. O Apêndice 2 apresenta os valores calculados para as tarifas bilaterais de ajustamento ao carbono aplicadas pelos EUA e pela UE.

das regiões no sistema *cap and trade*, com possibilidade de trocas de permissões entre setores e gases diferentes.

O esquema de comércio de emissões da União Europeia (EU Emissions Trading Scheme - EU ETS) divide a implementação do EU ETS em três fases. O primeiro período, equivalente a três anos, estendendo-se de 1º de janeiro de 2005 até o final de 2007 correspondeu a etapa de aprendizagem do programa, crucial para a continuidade da implantação. Já o segundo período corresponde ao período base dos compromissos assumidos no Protocolo de Quioto, indo de 1º de janeiro de 2008 até o final de 2012, e os países devem limitar suas emissões cerca de 6,5% abaixo dos níveis de 2005. Na terceira etapa de implementação do EU ETS, pretende-se uma queda anual linear de 1,74% nas emissões a partir de 2013. O fator linear de 1,74% usado na terceira etapa se aplicará até o ano de 2020, quando começará o quarto período de comércio (de 2021 a 2028).

Posteriormente, essa taxa de redução deverá ser revisada até o ano de 2025. Como ainda não se determinaram metas para os anos seguintes, considerar-se-á a tendência de redução de 14% a cada década até o ano de 2050, atingindo redução de 56%, em relação às emissões de 2005, em consonância com a proposta do G8 de redução de 50% nas emissões mundiais para o período em questão. Já no caso dos EUA, as reduções procuram refletir o momento de debate em torno do assunto, uma vez que em 26 de junho de 2009, foi aprovado na *House of Representatives* um projeto de lei com o propósito de estabelecer um sistema de créditos de carbono para os EUA, similar ao EU ETS, contudo, barrado no Senado. O projeto previa reduzir as emissões de gases de efeito estufa durante o período de 2012 a 2050, sendo em 17% em 2020, com base nos valores de 2005. Já a proposta de 14% de reduções em 2020 foi defendida pela administração Obama. Ambas propostas pretendiam chegar à meta de 80% de reduções para o ano de 2050.

Nos Primeiros dois cenários de políticas, apenas EUA e UE aplicam medidas de corte das emissões dos gases do efeito estufa, sendo que o primeiro não levará em conta tarifas de ajustamento de carbono (BCA) nos países desenvolvidos e o segundo sim. Os cenários três e quatro incluirão o Brasil no esforço de redução de emissões de GEE através de um mercado amplo de créditos de carbono, em que todos os setores da economia podem negociar a compra e venda desses créditos, com exceção das emissões oriundas de mudanças no uso da terra e desmatamento, sujeitas a meta específicas para evitar o excesso de créditos de carbono nos mercados. E analogamente aos cenários um e dois, o cenário três não contará com tarifas de ajustamento de carbono, e o quarto sim, aplicadas pelos países desenvolvidos às importações de bens oriundos de todos os países que não possuem políticas de redução em emissões. As

emissões totais no Brasil devem ser reduzidas em 38.9% até 2020 em relação ao cenário de referência, de acordo com Plano Nacional de Política Climática (Governo Federal, 2008). De 2020 a 2050 considera-se a continuidade da política de redução em emissões, atingindo 50% de redução em emissões neste último ano.

Por fim, são simulados outros dois cenários como os cenários três e quatro, porém com a política de emissões brasileiras diferenciadas por setores, de acordo com o Plano Nacional de Mudanças Climáticas, no qual foi determinado um nível para reduções de emissões do desmatamento, outro para a agricultura e outro para o uso de energia. Nestes cenários considera-se que a meta brasileira de corte de emissões em 38,9% até 2020 deve ser atingida a partir de reduções em emissões do desmatamento (24,7%), da agricultura (6,1%), e do uso de energia (7,7%), de acordo com o Plano Nacional de Mudança Climática (Governo Federal, 2008). Esses limites são impostos na forma de mercados setoriais de créditos de carbono, especificados para cada setor do modelo EPPA, sem possibilidade de compra e venda de créditos entre setores. Acredita-se que essa estratégia de implementação reflita melhor os custos e impactos das diferentes políticas setoriais previstas no Plano Nacional sobre Mudança do Clima (vide nota de rodapé 1), uma vez que os mercados de emissões são considerados na literatura econômica a forma mais custo-efetiva de se atingir reduções, por gerarem ganhos de eficiência, adoção de tecnologias menos poluentes e substituição entre fontes de energia de forma a reduzir emissões. Estes dois últimos cenários serão diferenciados pela sigla SECT. Sendo assim, espera-se mensurar para a economia brasileira os impactos dos dois grupos de cenários no que diz respeito a aspectos como crescimento econômico, consumo agregado, mercados de energia, entre outros.

A Tabela 6 apresenta os níveis dos cortes em emissões implementados no modelo nas três regiões. Para os EUA e a EU os cortes representam reduções em emissões em relação às observadas no ano de 2005, enquanto para o Brasil os cortes representam reduções em emissões em relação ao cenário de referência. Dessa forma, apesar dos cortes parecerem mais intensos no Brasil, eles são menos expressivos em termos absolutos, uma vez que as emissões crescem ao longo do tempo no cenário de referência. Contudo, para se atingir a meta prevista no Plano Nacional de Mudanças Climáticas para 2020, os cortes iniciais necessários em emissões setoriais são mais pronunciados no Brasil.

Tabela 5 - – Níveis de cortes de emissões: coeficientes de redução em emissões em relação às emissões de 2005 nos EUA e Europa e às emissões do cenário de referência no Brasil.

Período	USA	EUR	Agri – Brasil	Ener- Brasil	Def - Brasil
2005	1	1	1	1	1
2010	1	1	1	1	1
2015	0,930	0,930	0,906	0,856	0,738
2020	0,860	0,860	0,789	0,699	0,357
2025	0,790	0,790	0,721	0,628	0,224
2030	0,720	0,720	0,658	0,575	0,126
2035	0,650	0,650	0,608	0,532	0,061
2040	0,580	0,580	0,588	0,504	0,010
2045	0,510	0,510	0,587	0,479	0,010
2050	0,440	0,440	0,586	0,456	0,010

Fonte: Elaboração própria

Uma observação importante sobre a projeção da política brasileira de redução em emissões projetada a partir do ano de 2020 é que, até o ano de 2040, assume-se a completa eliminação das emissões por desmatamento, os cortes em emissões crescem a uma taxa decrescente, e que, no caso da agropecuária (culturas, pecuária e silvicultura), os cortes praticamente não são incrementados a partir de 2040, como forma de compensar a eliminação completa do desmatamento. Essas hipóteses foram delineadas diante da falta de discussões e definições de metas de reduções em emissões após o ano de 2020, e poderiam ser alteradas de qualquer maneira. Assume-se aqui, portanto, que o esforço do país em reduzir emissões será contínuo, porém menos intenso com o passar do tempo.

4.2 Evolução das emissões dos gases do efeito estufa

Os gráficos 1 e 2 mostram o resultado de evolução das emissões dos EUA e da Europa ao longo do período estimado para todos os cenários. Como as metas de redução são idênticas para ambos, os gráficos são muito parecidos, já que os cortes em emissões são iguais, em termos relativos, nas duas regiões, diferindo apenas no montante absoluto que cada um contribui para a redução das emissões dos gases do efeito estufa. A contribuição americana

absoluta para a redução das emissões é maior, como era esperado, devido à maior taxa de crescimento desta economia assumida no cenário de referência no modelo EPPA e alto conteúdo de carbono presente em sua produção comparativamente à Europa. Dessa forma, o esforço de redução da economia dos EUA acaba sendo maior para uma mesma meta percentual. Percebe-se ainda pelos gráficos que as políticas são fixadas como metas quantitativas de reduções em emissões na economia da região como um todo, independente da aplicação de tarifas compensatórias ou de políticas climáticas em terceiros países.

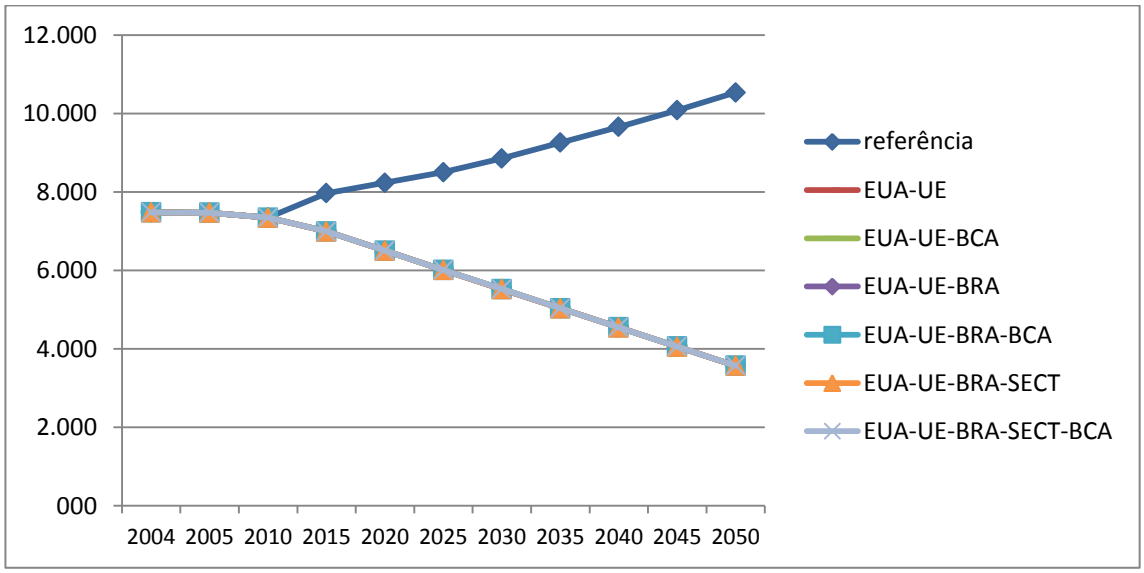

Gráfico 1 - Emissões dos Estados Unidos -mmt de CO2 equivalente
Fonte: Resultados da pesquisa

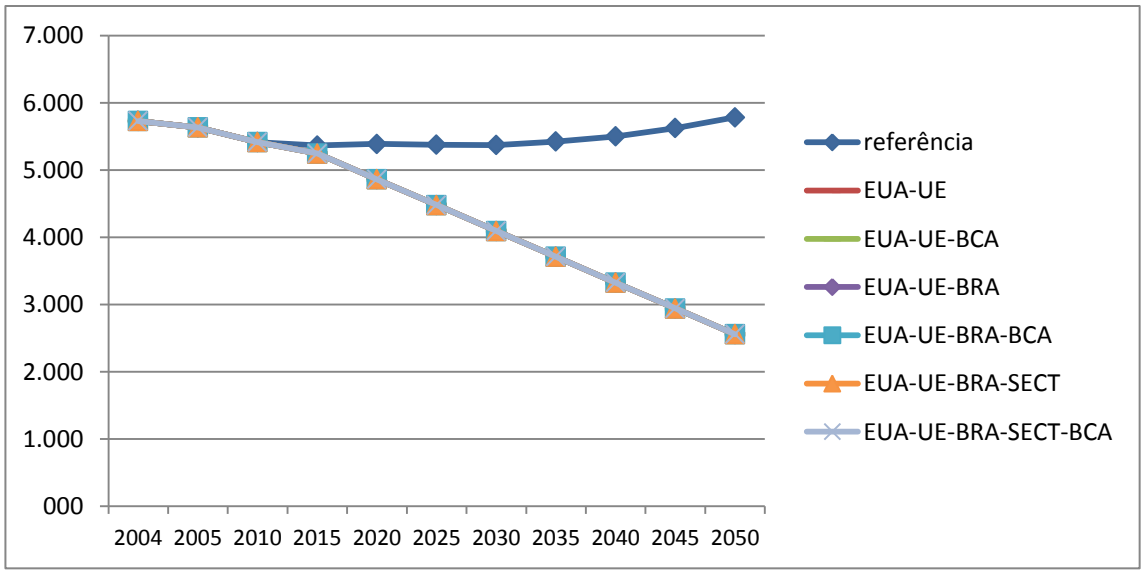

Gráfico 2 - – Emissões da União Europeia- mmt de CO2 equivalente
Fonte: Resultados da pesquisa

Observando o Gráfico 3, com a evolução das emissões brasileiras ao longo do período estudado, percebe-se que ocorre um aumento nos dois cenários em que o país não aplica

políticas climáticas, mas os EUA e a UE sim. Isto é, o Brasil aumenta suas emissões em relação ao cenário de referência de forma a preencher as lacunas deixadas pela perda de competitividade das economias europeia e americana, tanto na agricultura quanto nos setores intensivos em energia (EINT).

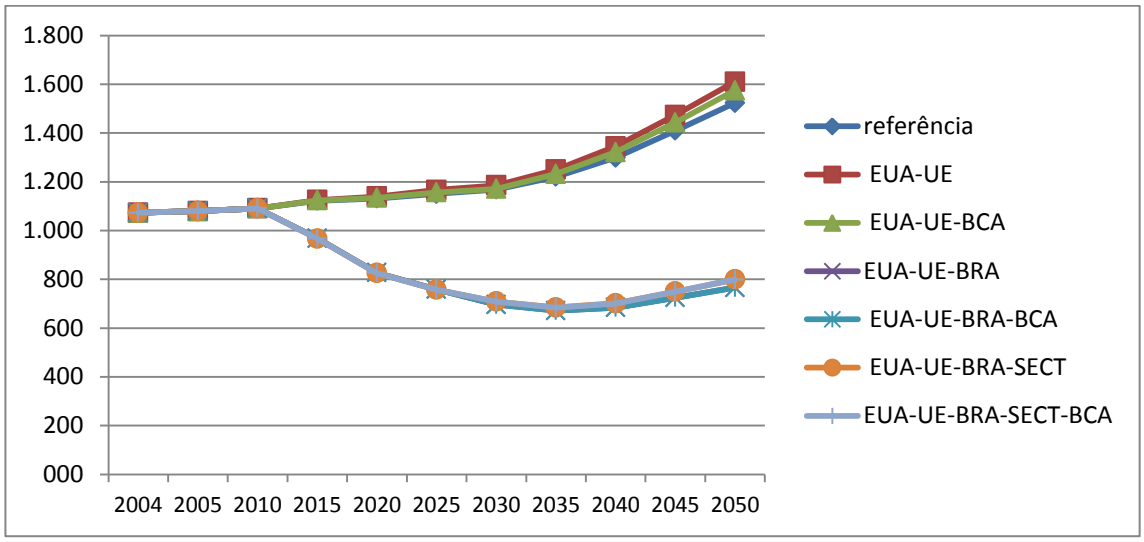

Gráfico 3 - Emissões da economia brasileira- mmt de CO2 equivalente
Fonte: Resultados da pesquisa

É importante notar no Gráfico 3 que existe uma tendência de crescimento das emissões brasileiras a partir de 2030. Este efeito deve-se, no cenário de referência, a uma tendência de aumento em emissões provenientes de mudanças no uso da terra, principal fonte de emissões do país, pela maior demanda de alimentos mundial e pela calibração do modelo à expansão do uso da terra observado desde a década de 90, bem como crescimento da demanda de energia fóssil pelos setores industriais. Já nos cenários de política, o aumento em emissões a partir de 2030 reflete tanto a tendência de aumento nas emissões do cenário de referência quanto à hipótese adotada para a definição da política brasileira pós 2020, de cortes em emissões na agricultura e no uso de energia que crescem a taxas decrescentes ao final do período considerado.

O resultado indica que as políticas climáticas brasileiras devem realmente focar na questão de mudanças no uso da terra, sendo acertada a estratégia de conter o desmatamento no longo prazo. Mas provavelmente as políticas brasileiras vão precisar ser revistas no futuro para que se pareçam mais com as adotadas nos EUA e na EU em termos de abranger os setores consumidores de energia e reduzir a taxas constantes as emissões, para que sejam mais efetivas no longo prazo.

Outros dois gráficos para emissões são importantes de serem observados: o Gráfico 4, com as emissões do resto do mundo, ou seja, das demais regiões e países do modelo EPPA, excluindo o Brasil, os EUA e a UE,e o Gráfico 5, com as emissões globais totais.

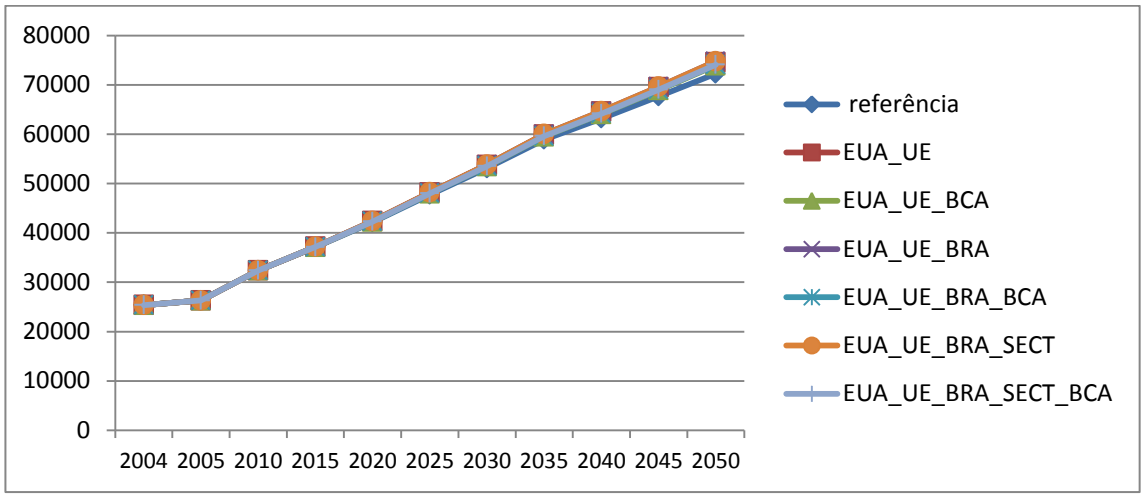

Gráfico 4 - Emissões do resto do mundo- mmt de CO2 equivalente
Fonte: Resultados da pesquisa

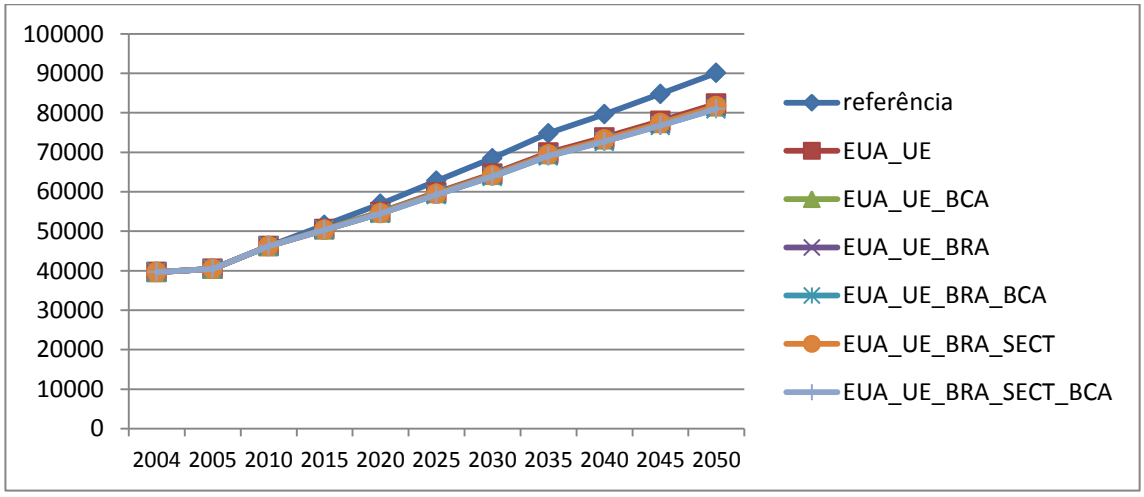

Gráfico 5 - – Emissões Globais Totais – mmt de CO2 equivalente
Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 4 é de fácil interpretação, como outros países e regiões, fora EUA, EU e Brasil, não estão obrigados a seguir nenhuma política ambiental, as emissões do resto do mundo são crescentes e ligeiramente maiores do que o cenário de referência, devido ao fato de que estes países experimentam um incremento na sua produção com a perda de competitividade das economias europeias e americana.

Já o Gráfico 5 nos indica que apesar dos esforços de redução de emissões de EUA, Europa e Brasil, não é possível inverter a tendência de crescimento dos gases causadores do efeito estufa sem que exista um comprometimento de um número maior de países. Entre os

países que deveriam estar no conjunto daqueles que implementam políticas ambientais estão China, Rússia, Japão, Coréia do Sul e Índia. Encerrando a análise das emissões globais, é importante salientar que, embora pequena e quase imperceptível no gráfico, os cenários com a tarifa de ajustamento de carbono mostram emissões um pouco menores que aquelas onde a mesma não é implementada, confirmando o que já foi discutido na revisão bibliográfica, de que esta medida, apesar de útil para conter o chamado "vazamento" de carbono, não é muito efetiva.

4.3 Variação do PIB

O Gráfico 6 abaixo mostra a variação do PIB americano em relação ao cenário de referência. É possível perceber que os diferentes cenários geram resultados muito próximos, visto que as curvas estão praticamente sobrepostas. Isto é, ocorre uma redução gradual do produto dos EUA em relação ao cenário de referência em todos os casos, dado que o país aplica políticas ambientais em todos eles. Nota-se que os cenários com a tarifa de ajustamento de carbono (BCA) não geram resultados visivelmente melhores, sugerindo que esse instrumento é ineficaz para reduzir as perdas de competitividade do país.

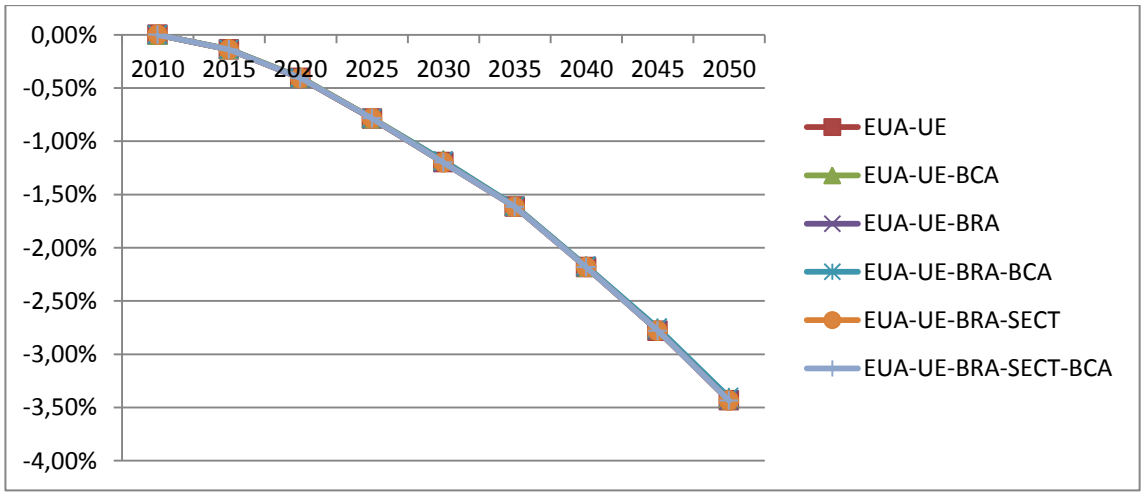

Gráfico 6 – Variação do PIB dos EUA em relação ao cenário de referência Fonte: Resultados da pesquisa

No Gráfico 7 apresentamos a situação da União Europeia para os mesmos cenários. É possível perceber que a tendência é que o grupo se comporte de forma semelhante aos EUA, com poucas diferenças entre os cenários de políticas ambientais. Também é possível observar que a tarifa de ajustamento de carbono não provoca melhorias no resultado do produto

agregado europeu, mostrando-se também ineficaz do ponto de vista de evitar a perda de competitividade do bloco.

A diferença entre o comportamento do produto americano e o da Europa é que neste último a redução é menor, ou seja, a União Europeia sofre menos impacto quando implementa políticas ambientais na mesma proporção que os EUA. Este comportamento se deve ao esforço já existente entre as principais economias do bloco, como a Alemanha, de procurar fontes alternativas da energia, bem como uma trajetória inicial mais lenta de crescimento econômico nesta região do que nos EUA, o que torna o esforço de redução em emissões em 56% até 2050 relativamente mais fácil na UE. Ainda, os EUA ainda possuem uma matriz energética mais dependente do carbono se comparado com a Europa.

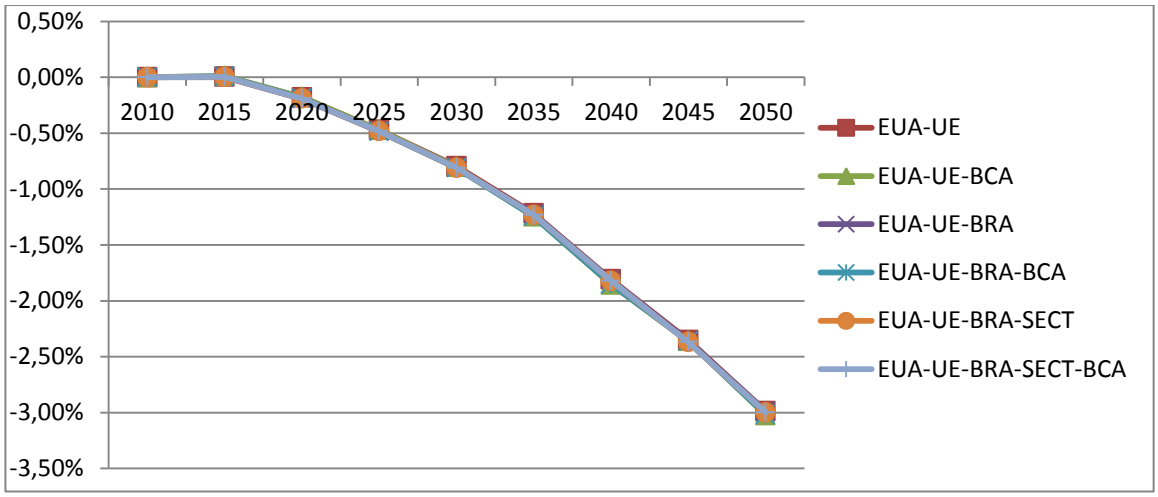

Gráfico 7 – Variação do PIB da UE em relação ao cenário de referência
Fonte: Resultados da pesquisa

O próximo gráfico mostra os resultados obtidos para a economia brasileira.

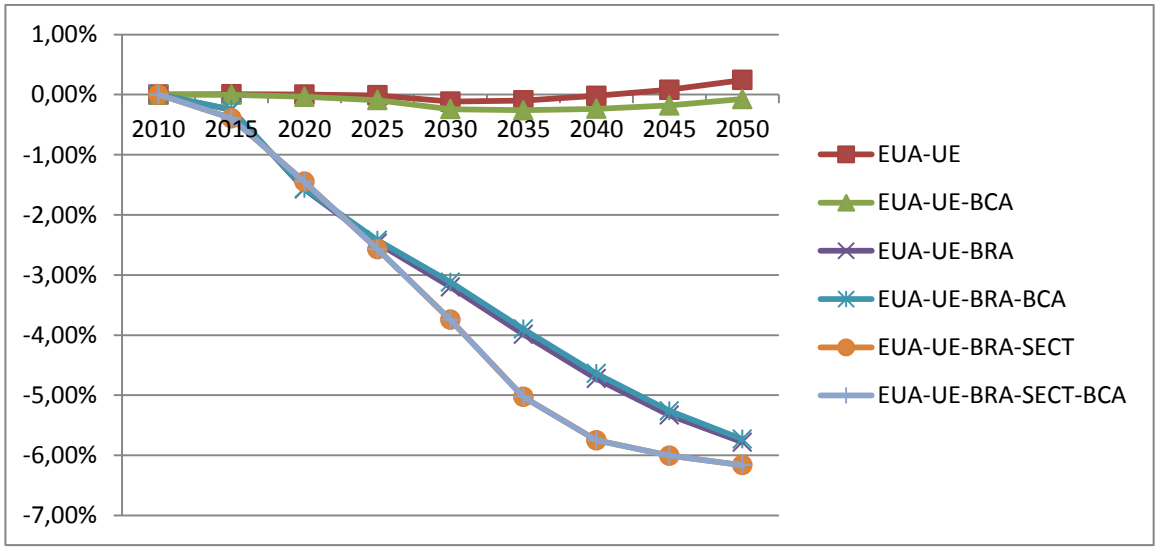

Gráfico 8 – Variação do PIB do Brasil em relação ao cenário de referência
Fonte: Resultados da pesquisa

Os impactos das políticas climáticas no PIB do Brasil são mais diversos e cabe uma análise mais detalhada. Primeiramente, vemos que as políticas ambientais quando aplicadas somente na Europa e nos EUA alteram muito pouco o comportamento do produto brasileiro ao longo dos anos. Ocorre uma pequena redução após 2025, indicando que a redução na atividade econômica das principais economias do mundo tem um peso para o país. No entanto, a recuperação posterior indica que o país consegue, aos poucos, tanto substituir os mercados europeu e americano, quanto conquistar espaço na economia dos mesmos devido à perda de competitividade da indústria local.

Quando a tarifa de ajustamento de carbono é aplicada nos EUA e na UE, sem a adoção de políticas climáticas no Brasil, a economia brasileira apresenta resultados piores, apesar de pouco expressivos no Gráfico 8. Esse resultado indica certa dependência das exportações brasileiras para estes dois blocos econômicos. Quando o país passa a aplicar também as políticas de redução dos gases do efeito estufa, observa-se um comportamento parecido com os já vistos para as economias americana e europeia, sem diferença nos resultados na presença ou ausência das tarifas de ajustamento de carbono, já que estas só se aplicam a países que não implementam reduções em emissões de gases de efeito estufa. A queda do produto brasileiro quando são aplicadas políticas climáticas é maior, em termos relativos, do que as observadas para as economias desenvolvidas.

Esse resultado reflete a hipótese de política climática aqui simulada para o Brasil, de que os cortes em emissões são mais profundos nos períodos iniciais da política e tendem a abrandar com o tempo. Isso tende a reduzir o investimento nos períodos iniciais, comprometendo a trajetória de crescimento e o nível do produto, de forma que, mesmo com restrições relativamente mais brandas no futuro, não é possível recuperar o crescimento. Além disso, a aplicação da tarifa de ajustamento de carbono nos países desenvolvidos não muda o resultado para o produto brasileiro. Isto se deve ao fato de que neste cenário, os Estados Unidos e a União Europeia aplicam esta tarifa apenas aos produtos de países que não implementam políticas climáticas, isentando o Brasil dessa barreira comercial nos cenários em que o país adota políticas climáticas.

Finalmente, os piores resultados para o PIB brasileiro encontram-se nos cenários SECT, onde o Brasil aplica metas de emissões diferenciadas por setores, de acordo com o Plano Nacional de Mudanças Climáticas, em que se determina um nível para reduções de emissões do desmatamento, outro para a agricultura e outro para o uso de energia. O resultado menos favorável deve-se à impossibilidade de comercialização de créditos de carbono entre os diferentes setores, uma vez que devem atingir níveis diferenciados de reduções, o que

impede que os setores com menores custos de abatimento contribuam com maiores reduções. Dessa forma, essa política mostra-se menos custo-efetivo que a anterior, de mercado amplo de créditos de carbono.

4.4 Variação do Bem-estar

Após a análise dos resultados do produto, podemos observar as mudanças no bem-estar para estes mesmos países. A variação no bem-estar, no modelo EPPA, é calculada a partir das mudanças no consumo[9]. No Gráfico 9 abaixo podemos visualizar os resultados para a economia americana:

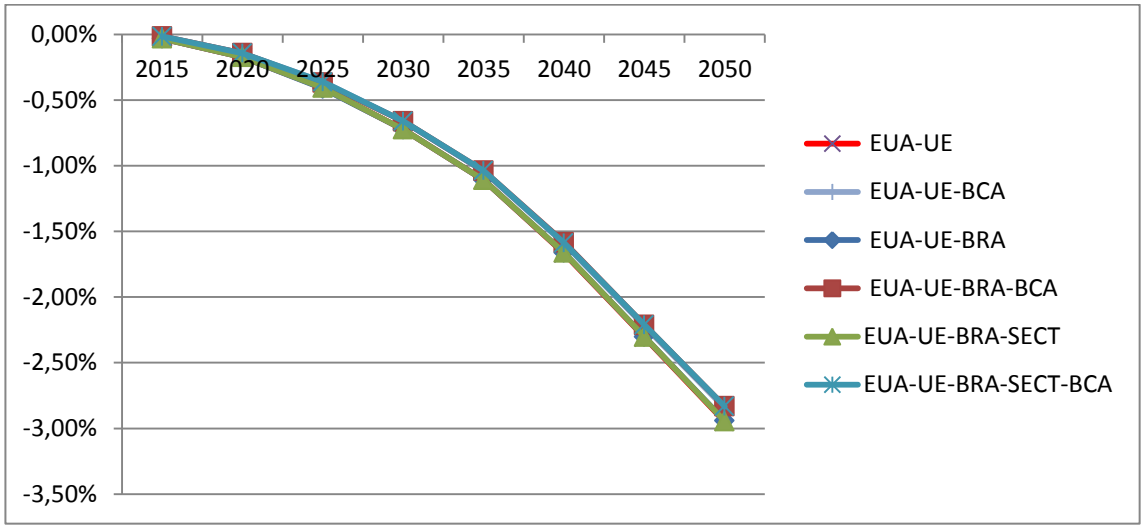

Gráfico 9 – Variação do Bem-Estar dos EUA em relação ao cenário de referência
Fonte: Resultados da pesquisa

Os resultados de bem-estar para os cenários de políticas climáticas, medido em relação ao cenário de referência, seguem a mesma direção dos observados para o PIB, como seria esperado. Todos os cenários geram reduções em bem-estar de níveis semelhantes para os países desenvolvidos. Os resultados mais negativos para os EUA (Gráfico 10) são encontrados para os cenários onde somente EUA e EU aplicam políticas ambientais sem uma tarifa compensatória de carbono, chegando a 3% de queda no final do horizonte de análise. Esses resultados indicam que a tarifa compensatória consegue diminuir ligeiramente as perdas de bem-estar, protegendo levemente a indústria americana da fuga de empregos para países

[9] Essa medida de bem-estar equivale ao cálculo da variação equivalente Hicksiana.

com políticas ambientais menos rigorosas, contudo, sem evitar perdas de bem-estar. Nota-se ainda que a adoção da política climática pelo Brasil, seja setorialmente ou via mercado de carbono amplo, não piora as perdas de bem-estar oriundas da própria política americana, consequência da baixa participação brasileira nas importações e exportações daquele país.

É interessante notar que assim como nos resultados do PIB, a economia da União europeia segue os padrões de comportamento da americana também no bem-estar. O Gráfico 10 mostra os resultados encontrados para a Europa, que evidenciam o pequeno efeito das barreiras tarifárias baseadas no conteúdo do carbono em reduzir as perdas de bem-estar. No final do período considerado as perdas representam uma queda de 2,15% no bem-estar nos cenários sem tarifas de carbono, e de 2% nos cenários com tarifas compensatórias de carbono.

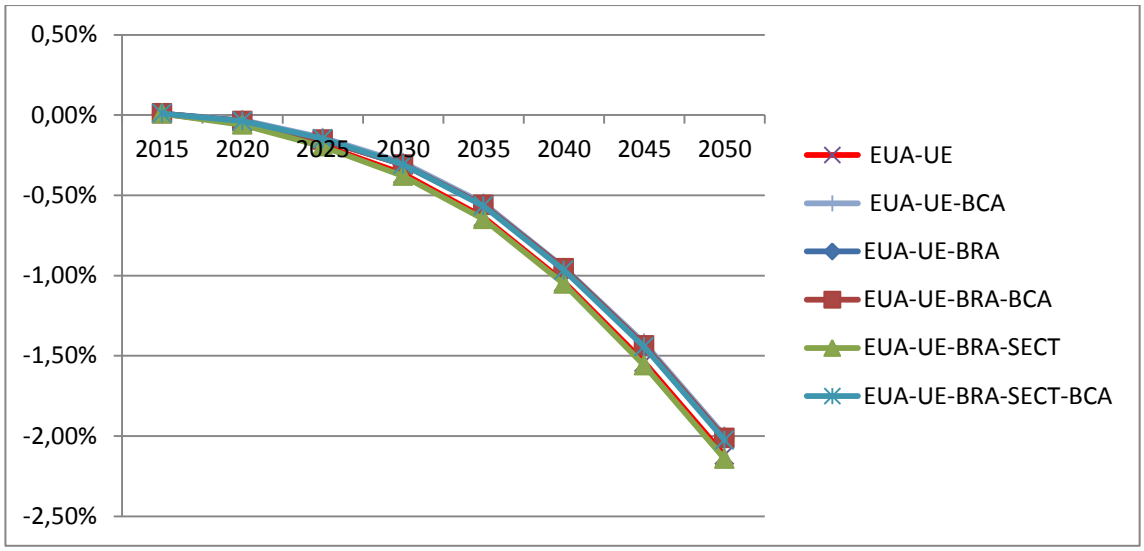

Gráfico 10 – Variação do Bem-Estar da UE em relação ao cenário de referência
Fonte: Resultados da pesquisa

Finalizando a comparação EUA x UE, percebe-se que a perda percentual de bem estar europeia em relação ao cenário de referência é menor do que a americana. Os motivos apontados para o PIB também explicam o bem-estar. A projeção de crescimento para a UE no cenário de referência é mais modesta que a dos EUA. Ainda, a economia europeia é menos intensiva em carbono e, portanto, está melhor preparada para implementar políticas ambientais ajuda o bloco a suportar melhor as perdas.

O Gráfico 11 abaixo mostra os resultados brasileiros para o bem-estar em relação ao cenário de referência.

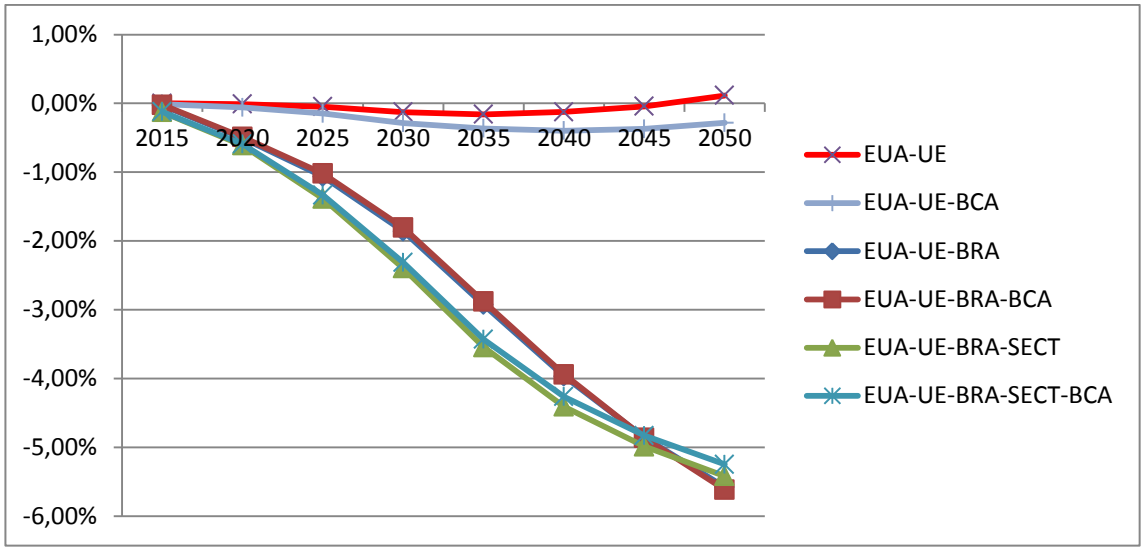

Gráfico 11- Variação do Bem-Estar do Brasil em relação ao cenário de referência
Fonte: Resultados da pesquisa

Observar-se que, assim como nos resultados do produto, a economia brasileira mostra baixa dependência das principais potências do mundo. O bem-estar brasileiro quando as políticas ambientais são aplicadas somente nos EUA e na UE reduz a partir de 2025, chegando a uma perda de 0,16% em 2035, e melhora em 2050, sugerindo que o país passa a ocupar os espaços deixados pelos setores afetados dos países desenvolvidos.

O resultado pior encontrado para o cenário com a tarifa compensatória mostra que a melhora observada anteriormente é fruto da maior participação brasileira nas importações dos EUA e da Europa, ou seja, o país ganha em ocupar o espaço deixado pela indústria local. Com a tarifa compensatória nos EUA e UE as perdas de bem-estar no Brasil atingem 0,4% em 2040. Apesar dessas perdas continuarem pouco expressivas para o Brasil, representam o dobro ou mais da queda em bem-estar quando os países desenvolvidos não aplicam tarifas compensatórias, evidenciando que tal medida de proteção tem a capacidade de afetar os fluxos comerciais e o bem-estar de países sujeitos às mesmas.

Quando o Brasil passa a implementar as políticas climáticas, ocorre uma redução acentuada no bem-estar, redução esta mais pronunciada do que na Europa ou mesmo nos EUA, demonstrando, tal qual foi exposto na explicação para o PIB, que a economia brasileira, por ter um ritmo de crescimento projetado mais acelerado e ser menos desenvolvida, sofreria mais as consequências de adotar políticas ambientais, sem que seus principais concorrentes façam o mesmo. A tarifa de ajustamento de carbono nos países desenvolvidos leva a uma reduzida melhora na situação do Brasil, uma vez que restringe o acesso naqueles países de produtos de países que concorrem com o Brasil.

Quando o país implementa políticas ambientais setoriais o impacto sobre o bem-estar é ainda pior, devido ao maior custo que as metas de reduções setoriais trazem para atingir a meta nacional de reduções em emissões, ao invés da implementação de um mercado amplo de carbono capaz de estimular maiores reduções em emissões por aqueles setores e empresas com menores custos de abatimento.

4.5 Variação na Produção

O quadro 2 contém os resultados sobre o valor da produção encontrados para os Estados Unidos, nos setores não energéticos: Culturas (agricultura, no geral), Pecuária, Silvicultura, Alimentos, EINT (*energy intensive products*), Outros Produtos Industriais (Outros) e Transportes. Como esperado, a imposição de políticas reduz o valor da produção dos setores ao longo do tempo, uma vez que aumenta os custos de uso de energia fóssil e o custo total no caso de emissões relacionadas à produção, como na agricultura.

Observando os resultados para culturas, pecuária, silvicultura e alimentos observa-se que as reduções causadas pelas políticas ambientais variam muito pouco entre os cenários de políticas. Como esperado, esse resultado reflete a perda de competitividade e dinamismo na economia norte-americana com a adoção de redução em emissões, uma vez que essa economia é intensiva em fontes de energia emissoras e sua agricultura possui poucas opções de reduzir gases de efeito estufa.

Vale ressaltar que a queda na produção norte-americana deve estar sendo compensada, em parte, pelas exportações de outros países mais competitivos no setor, como o Brasil. Percebe-se que no setor Alimentos a queda em produção não é tão grande (9% de queda em 2050) em comparação à do setor de culturas (39% de queda em 2050), pois os insumos para a produção daquele podem ser supridos pelo mercado externo. Outra observação importante é o efeito das barreiras compensatórias de carbono. Apesar de afetarem modestamente os resultados em relação aos cenários de políticas sem BCAs, percebe-se que tais barreiras revertem um pouco a forte queda de produção no setor de culturas, mas possuem o efeito contrário nos setores de pecuária e alimentos. Esse efeito é consequência da mudança relativa na competitividade dos diferentes setores, uma vez que aqueles mais intensivos em emissões na economia, como o de culturas, recebem relativamente maiores níveis de proteção com as BCAs, e portanto, seus preços domésticos ficam mais favoráveis. As tarifas compensatórias

de carbono, apresentadas no Apêndice 2, evidenciam as maiores proteções relativas recebidas pelos setores de culturas, intensivo em energia e de transportes.[10]

O setor intensivo em energia (EINT) sofre uma queda com as políticas climáticas em relação ao cenário de referência como era esperado. O importante a ser observado é que as tarifas de ajustamento de carbono possuem um efeito positivo, aumentando o valor da produção dos intensivos em energia quando é posta em prática. Os cenários onde o Brasil implementa políticas ambientais não alteram significativamente os resultados do setor, pois o país não têm muita relevância mundial nesta área.

[10] Os dados de tarifas compensatórias revelam também elevadas proteções ao setore de pecuária. Como esse setor abrange apenas a produção de animais vivos, a participação das importações na oferta dos países é quase nula, não sendo relevante o papel das tarifas compensatórias nesse caso.

Quadro 3 – Valor da produção dos Estados Unidos, em US$ Bilhões

EUA		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	201.38	220.70	236.14	254.97	293.16	335.67	389.02	454.30
	EUA_UE	193.13	209.27	221.17	229.01	240.44	250.81	269.94	279.14
	EUA_UE_BCA	194.19	211.96	225.61	234.95	246.90	258.72	280.43	291.53
	EUA_UE_BRA	193.35	210.33	222.74	230.91	242.58	253.65	273.81	283.01
	EUA_UE_BRA_BCA	194.33	212.84	226.92	236.58	248.84	261.45	284.22	295.68
	EUA_UE_BRA_SECT	193.32	210.35	222.90	231.38	243.34	254.69	275.06	284.40
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	194.30	212.87	227.10	237.09	249.62	262.50	285.46	297.07
Pecuária	Referência	127.94	137.80	147.34	159.58	180.38	202.63	230.20	266.15
	EUA_UE	127.02	135.11	142.86	151.16	162.70	173.98	189.49	204.64
	EUA_UE_BCA	127.14	135.35	143.12	151.38	162.48	173.55	189.04	203.12
	EUA_UE_BRA	127.08	135.37	143.26	151.66	163.20	174.64	190.36	205.44
	EUA_UE_BRA_BCA	127.17	135.56	143.46	151.84	162.98	174.25	189.99	204.21
	EUA_UE_BRA_SECT	127.05	135.40	143.34	151.92	163.63	175.17	190.90	205.96
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	127.15	135.59	143.53	152.08	163.37	174.73	190.48	204.69
Silvicultura	Referência	21.64	23.46	25.53	27.99	31.29	35.13	39.52	44.44
	EUA_UE	21.49	23.50	25.69	28.14	30.93	33.82	37.06	40.96
	EUA_UE_BCA	21.48	23.47	25.64	28.07	30.85	33.73	36.98	40.89
	EUA_UE_BRA	21.49	23.50	25.68	28.14	30.93	33.83	37.07	40.99
	EUA_UE_BRA_BCA	21.48	23.47	25.64	28.08	30.86	33.74	37.00	40.91
	EUA_UE_BRA_SECT	21.49	23.50	25.69	28.15	30.93	33.82	37.06	40.99
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	21.48	23.47	25.64	28.08	30.86	33.74	36.99	40.91
Alimentos	Referência	704.92	735.01	768.63	817.47	880.01	945.06	1021.14	1111.41
	EUA_UE	707.91	733.67	762.03	801.52	847.55	893.57	950.52	1012.97
	EUA_UE_BCA	707.28	731.89	758.50	795.80	839.12	882.40	937.09	993.63
	EUA_UE_BRA	708.08	734.55	763.41	803.29	849.48	895.83	953.21	1015.71
	EUA_UE_BRA_BCA	707.49	732.84	759.96	797.72	841.32	885.10	940.36	997.38
	EUA_UE_BRA_SECT	708.02	734.62	763.64	803.97	850.70	897.40	954.91	1017.58
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	707.43	732.90	760.19	798.38	842.48	886.55	941.93	999.07
EINT	Referência	2412.52	2701.03	3034.70	3457.18	3930.41	4436.85	5007.86	5652.64
	EUA_UE	2337.55	2626.48	2939.48	3321.24	3740.71	4174.09	4654.77	5188.86
	EUA_UE_BCA	2338.58	2630.19	2947.31	3335.26	3759.59	4200.34	4688.11	5231.48
	EUA_UE_BRA	2337.73	2627.66	2941.17	3322.86	3742.71	4176.00	4656.68	5190.07
	EUA_UE_BRA_BCA	2338.74	2631.33	2948.89	3336.56	3761.29	4202.12	4689.93	5233.01
	EUA_UE_BRA_SECT	2337.82	2627.88	2940.92	3322.05	3741.77	4174.59	4654.80	5187.52
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	2338.83	2631.54	2948.66	3335.79	3760.35	4200.68	4688.01	5230.41
Outros	Referência	6683.00	7382.41	8180.58	9188.40	10357.46	11659.09	13154.08	14862.92
	EUA_UE	6665.61	7418.53	8248.49	9253.71	10380.46	11599.60	12958.69	14543.12
	EUA_UE_BCA	6662.76	7410.41	8233.55	9228.54	10349.78	11560.84	12910.96	14491.18
	EUA_UE_BRA	6665.17	7416.00	8244.81	9250.79	10378.94	11599.30	12958.72	14546.46
	EUA_UE_BRA_BCA	6662.44	7408.27	8230.69	9227.38	10350.58	11563.29	12914.38	14498.14
	EUA_UE_BRA_SECT	6664.98	7415.98	8245.17	9250.85	10377.73	11597.25	12956.15	14543.52
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	6662.26	7408.27	8231.01	9227.27	10349.06	11560.79	12911.21	14494.38
Transportes	Referência	1005.59	1128.69	1266.24	1438.78	1634.35	1847.61	2086.41	2355.04
	EUA_UE	980.58	1083.89	1191.79	1329.75	1490.92	1659.19	1844.47	2039.30
	EUA_UE_BCA	981.22	1086.15	1196.66	1339.64	1503.65	1676.84	1867.07	2067.96
	EUA_UE_BRA	980.63	1084.19	1192.30	1330.09	1491.07	1658.96	1844.16	2037.74
	EUA_UE_BRA_BCA	981.28	1086.50	1197.24	1339.91	1503.81	1676.88	1867.26	2067.93
	EUA_UE_BRA_SECT	981.02	1084.51	1192.46	1330.10	1491.17	1659.01	1844.20	2037.59
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	981.68	1086.82	1197.42	1339.95	1503.91	1676.91	1867.23	2067.67

Fonte: Resultados da pesquisa

No setor de Outras Indústrias (Outros) observa-se a mesma distorção regional apontado por Bohringer e Talebi (2011), pois as tarifas de ajustamento de carbono reduzem o

valor da produção deste setor. A causa apontadas pelos autores é a de que o setor EINT responde por uma pequena parcela da economia (15%), o que torna o preço adicional nos demais setores mais pronunciados, reduzindo a competitividade dos mesmos. Em Transportes, os efeitos são semelhantes aos observados em EINT, devido à sua elevada composição de carbono, e o setor tende a se beneficiar, em termos relativos, da proteção da tarifa de ajustamento de carbono.

O quadro 3 mostra os resultados obtidos para a União Europeia. As quedas em produção setorial acontecem em todos os setores e cenários de políticas em relação ao cenário de referência, apesar das quedas serem menos pronunciadas, em termos relativos, do que as observadas nos EUA. Esse resultado é consequência do menor esforço comparativo que representam as reduções simuladas de emissões na UE em comparação às dos EUA, uma vez que as taxas de crescimento da UE no cenário de referência são menores do que as dos EUA.

Os setores agropecuário e de alimentos europeus sofrem relativamente menos com as políticas ambientais do que os norte-americanos, dada a menor importância destes setores no contexto mundial e a forte política de subsídios para o setor. Ao contrário dos subsídios americanos, que protegem o etanol de milho, o algodão e o suco de laranja, os subsídios praticados pela UE abrangem quase a totalidade da produção agrícola, passando desde a produção de alimentos até a pecuária. Este fato contribui para a menor redução do valor da produção destas atividades em relação ao observado para os EUA.

No entanto, observa-se que a tarifa de ajustamento de carbono muda a competitividade relativa dos setores europeus, tal qual ocorreu nos EUA. No setor Outras Indústrias o valor da produção é menor com a taxa do que na ausência desta. Padrões semelhantes aos observados na economia americana estão nos setores Intensivos em Energia e Transportes, que dado a sua maior intensidade de carbono, se beneficiam da tarifa de compensação, apresentando resultados melhores quando esta é implementada.

Quadro 4 – Valor da produção da Europa, em US$ Bilhões

EUROPA		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	266.16	284.15	301.42	320.93	345.45	375.01	414.53	458.46
	EUA_UE	265.82	283.07	299.00	316.75	339.09	364.57	386.71	409.04
	EUA_UE_BCA	265.82	285.12	304.52	326.61	354.58	390.22	419.18	449.95
	EUA_UE_BRA	266.00	283.93	300.30	318.30	340.72	366.40	389.46	411.69
	EUA_UE_BRA_BCA	266.00	285.75	305.31	327.40	355.07	390.25	419.09	449.17
	EUA_UE_BRA_SECT	265.98	283.94	300.42	318.59	341.29	367.17	390.57	412.94
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	265.99	285.77	305.48	327.78	355.83	391.73	420.57	450.96
Pecuária	Referência	194.47	203.59	211.69	221.14	240.57	263.97	297.65	344.89
	EUA_UE	194.07	202.59	210.19	218.69	236.68	257.28	284.81	321.46
	EUA_UE_BCA	194.07	202.66	210.31	218.83	236.47	257.13	282.61	316.25
	EUA_UE_BRA	194.13	202.87	210.68	219.27	237.28	258.11	286.08	323.07
	EUA_UE_BRA_BCA	194.14	202.94	210.80	219.41	237.08	258.05	283.88	318.09
	EUA_UE_BRA_SECT	194.09	202.90	210.78	219.56	237.84	258.94	287.08	324.25
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	194.10	202.97	210.89	219.68	237.60	258.93	284.76	319.10
Silvicultura	Referência	41.67	45.38	49.14	53.29	58.44	64.06	70.77	78.37
	EUA_UE	41.54	45.22	48.91	52.93	57.92	63.29	68.85	74.05
	EUA_UE_BCA	41.53	45.19	48.84	52.83	57.79	63.12	67.83	72.99
	EUA_UE_BRA	41.54	45.22	48.90	52.92	57.92	63.30	68.87	74.01
	EUA_UE_BRA_BCA	41.53	45.19	48.84	52.83	57.79	63.14	67.93	73.11
	EUA_UE_BRA_SECT	41.54	45.22	48.90	52.92	57.91	63.28	68.82	73.97
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	41.53	45.19	48.84	52.83	57.79	63.12	67.87	73.05
Alimentos	Referência	1216.50	1200.69	1183.65	1175.28	1189.36	1213.12	1258.09	1322.85
	EUA_UE	1214.36	1198.15	1180.31	1170.26	1182.21	1201.94	1237.22	1289.86
	EUA_UE_BCA	1214.28	1196.93	1177.41	1165.42	1174.65	1191.76	1223.09	1270.75
	EUA_UE_BRA	1214.81	1200.36	1183.78	1174.45	1186.69	1206.88	1242.85	1296.00
	EUA_UE_BRA_BCA	1214.75	1199.26	1181.07	1169.84	1179.44	1197.19	1229.26	1277.81
	EUA_UE_BRA_SECT	1214.61	1200.52	1184.37	1175.99	1189.61	1210.66	1246.96	1300.66
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	1214.54	1199.41	1181.64	1171.36	1182.28	1200.94	1233.11	1282.11
EINT	Referência	3083.41	3382.79	3695.99	4036.81	4427.56	4848.01	5334.95	5896.27
	EUA_UE	3089.01	3379.34	3675.15	3992.02	4345.67	4713.46	5140.36	5631.13
	EUA_UE_BCA	3089.81	3381.40	3678.98	3997.65	4354.11	4725.75	5159.51	5657.29
	EUA_UE_BRA	3089.12	3379.97	3675.87	3992.66	4346.67	4714.38	5140.39	5630.49
	EUA_UE_BRA_BCA	3089.91	3382.07	3679.80	3998.57	4355.61	4727.43	5160.62	5658.39
	EUA_UE_BRA_SECT	3088.96	3380.02	3675.60	3991.96	4345.61	4712.88	5138.45	5628.10
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	3089.74	3382.12	3679.55	3997.88	4354.49	4725.64	5158.44	5655.60
Outros	Referência	5893.25	6497.25	7123.23	7815.74	8609.72	9469.82	10466.03	11609.12
	EUA_UE	5881.70	6481.91	7098.39	7779.76	8560.37	9396.67	10337.33	11404.72
	EUA_UE_BCA	5881.05	6475.95	7083.46	7754.38	8520.72	9336.38	10261.50	11310.92
	EUA_UE_BRA	5881.07	6478.47	7093.14	7774.31	8555.60	9392.51	10333.95	11402.38
	EUA_UE_BRA_BCA	5880.44	6472.77	7078.99	7750.26	8518.09	9335.55	10262.98	11314.85
	EUA_UE_BRA_SECT	5880.47	6478.27	7093.46	7773.72	8553.15	9388.82	10329.70	11397.42
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	5879.84	6472.60	7079.28	7749.49	8515.32	9331.20	10258.20	11309.12
Transportes	Referência	1394.98	1531.71	1672.12	1826.87	2012.53	2217.63	2456.09	2732.55
	EUA_UE	1399.38	1526.84	1650.94	1783.20	1933.67	2090.62	2285.77	2507.93
	EUA_UE_BCA	1399.61	1527.08	1651.28	1783.36	1934.80	2094.12	2294.65	2518.77
	EUA_UE_BRA	1399.54	1527.72	1652.44	1784.81	1934.82	2091.15	2284.52	2506.25
	EUA_UE_BRA_BCA	1399.78	1527.97	1652.73	1784.93	1935.82	2094.32	2292.95	2515.96
	EUA_UE_BRA_SECT	1400.90	1528.59	1652.58	1785.08	1935.23	2091.57	2284.73	2506.21
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	1401.13	1528.83	1652.91	1785.23	1936.20	2094.58	2293.00	2515.65

Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando os resultados brasileiros (Quadro 4) percebe-se que os setores relacionados ao uso da terra são beneficiados com as políticas ambientais quando estas são praticadas

somente nos EUA e na EU. Os setores de Culturas, Pecuária e Alimentos apresentam ligeira queda no valor da produção nas primeiras décadas de aplicação das políticas, porém melhoraram os seus valores da produção a partir de 2040. Esse resultado indica inicialmente uma menor demanda pelos produtos exportados brasileiros por conta do menor crescimento que as políticas provocam nos EUA e UE, contudo, dado o elevado grau de competitividade da economia brasileira no setor, o país passa a substituir os mercados deixados pelos países desenvolvidos, principalmente pelos EUA, importante fornecedor de alimentos no mercado mundial.

No entanto, pode-se observar que quando o Brasil implementa políticas ambientais, ocorre uma queda na produção em relação ao cenário de referência. Isto se deve ao fato de que, se a agropecuária, em geral, é um setor bastante competitivo na economia brasileira, por outro também é um dos maiores responsáveis pelas emissões de gases do efeito estufa, o que explica a queda no valor da produção quando simulamos políticas climáticas para o Brasil. Vale notar também que nos cenários onde a política ambiental brasileira é setorial, o resultado é ainda pior, pois este setor absorveria uma parcela ainda maior de responsabilidade na redução das emissões, o que nos demais cenários era compartilhado com outros setores da economia brasileira via mercado de créditos de carbono.

Visualizando o resultado dos setores intensivos em energia (EINT), percebe-se que o valor da produção melhora com a introdução das políticas climáticas nos países desenvolvidos. A tarifa compensatória de carbono reduz muito pouco o resultado. Esses efeitos devem-se à menor competição que o produto doméstico passa a enfrentar com o produto importado dos países desenvolvidos. Já sob a aplicação da política nacional de mudança climática, a produção brasileira reduz em relação ao cenário de referência, sendo tal redução menos pronunciada a partir de 2030 quando do cumprimento de metas setoriais de redução em emissões. Esse resultado indica que esse setor sofre cortes em emissões sob o mercado amplo de carbono mais pronunciadas do que sob a política setorial, sinal de que as metas definidas setorialmente não estão equilibradas em relação à contribuição de cada setor para o total de emissões.

Em Transportes, observam-se efeitos parecidos ao da EINT. A diferença é em relação ao cenário com políticas setoriais, que apresentam resultados bem parecidos com os da política ampla de mercados de carbono, indicando que os cortes em emissões que devem ser observados nesse setor são similares, independente da política ser setorial ou nacional.

Com relação ao setor Outros, este aumenta a produção quando o país não aplica políticas climáticas enquanto os EUA e UE implementam-nas. A distorção da tarifa de

ajustamento de carbono melhora, mesmo que levemente, a produção deste setor, uma vez que a baixa intensidade de carbono no mesmo o favorece com tarifas relativamente menores que as sofridas pelos setores mais intensivos em carbono, conferindo alguma vantagem em competitividade relativa. Quando o Brasil aplica políticas climáticas, a produção deste setor é afetada negativamente, mesmo que pouco, em relação ao cenário de referência, sendo os efeitos mais pronunciados no caso da política ampla de mercado de carbono. Isso indica que as metas setoriais estabelecidas no Plano Nacional de Mudanças Climáticas atribuem cortes em emissões mais modestos nesse setor em relação à média de cortes da economia.

Quadro 5 - Valor da produção do Brasil, em US$ Bilhões

BRASIL		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Culturas	Referência	53.06	59.33	65.23	71.59	83.98	98.98	111.69	129.95
	EUA_UE	53.29	58.92	64.80	71.19	84.16	100.45	122.86	153.99
	EUA_UE_BCA	53.21	58.40	63.80	69.81	82.31	97.73	119.05	148.95
	EUA_UE_BRA	51.69	50.52	51.56	54.23	62.29	72.57	86.51	106.49
	EUA_UE_BRA_BCA	51.69	50.59	51.73	54.61	62.90	73.45	87.56	107.92
	EUA_UE_BRA_SECT	51.81	49.93	49.63	50.20	54.22	61.84	73.74	89.56
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	51.81	49.96	49.67	50.22	54.22	61.79	73.65	89.40
Pecuária	Referência	21.63	23.76	26.36	29.22	32.93	36.88	40.01	43.84
	EUA_UE	21.45	23.47	26.08	28.94	32.70	36.77	41.78	47.69
	EUA_UE_BCA	21.40	23.36	25.92	28.76	32.48	36.50	41.43	47.30
	EUA_UE_BRA	20.89	20.75	21.78	23.53	26.27	29.29	32.96	37.47
	EUA_UE_BRA_BCA	20.88	20.72	21.77	23.54	26.28	29.29	32.95	37.43
	EUA_UE_BRA_SECT	21.06	20.48	21.05	21.68	22.76	24.87	28.22	32.10
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	21.06	20.48	21.05	21.67	22.76	24.86	28.22	32.09
Silvicultura	Referência	0.90	0.93	1.03	1.17	1.32	1.51	1.66	1.88
	EUA_UE	0.80	0.92	1.04	1.17	1.31	1.49	1.75	2.05
	EUA_UE_BCA	0.80	0.93	1.05	1.18	1.31	1.50	1.75	2.06
	EUA_UE_BRA	0.79	1.05	1.21	1.40	1.58	1.78	2.00	2.27
	EUA_UE_BRA_BCA	0.79	1.05	1.21	1.40	1.57	1.77	1.99	2.26
	EUA_UE_BRA_SECT	0.79	1.04	1.19	1.37	1.57	1.80	2.02	2.27
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	0.79	1.04	1.19	1.37	1.57	1.80	2.03	2.27
Alimentos	Referência	118.72	129.71	143.59	158.80	177.63	197.33	212.45	230.82
	EUA_UE	117.28	127.86	141.67	156.78	175.52	195.34	219.29	246.47
	EUA_UE_BCA	117.30	127.97	141.87	157.06	175.92	195.92	219.92	247.46
	EUA_UE_BRA	115.14	116.71	123.50	133.09	147.02	162.12	180.30	201.86
	EUA_UE_BRA_BCA	115.09	116.53	123.31	132.91	146.77	161.65	179.56	200.70
	EUA_UE_BRA_SECT	115.76	115.54	120.17	125.14	132.35	143.70	160.55	179.67
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	115.72	115.45	120.07	124.98	132.17	143.48	160.26	179.27
EINT	Referência	206.98	234.41	270.08	310.02	358.31	409.84	449.12	496.25
	EUA_UE	210.90	236.41	271.35	311.49	359.91	413.74	474.84	542.40
	EUA_UE_BCA	210.88	236.46	271.38	311.38	359.70	413.27	474.06	541.12
	EUA_UE_BRA	209.61	228.56	259.05	294.08	332.45	374.92	424.90	480.21
	EUA_UE_BRA_BCA	209.62	228.54	259.02	293.82	331.92	374.16	424.17	479.50
	EUA_UE_BRA_SECT	208.83	226.85	258.50	296.67	338.50	385.40	440.20	501.92
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	208.84	226.91	258.65	296.76	338.79	385.99	441.12	503.48
Outros	Referência	436.11	491.33	558.67	632.46	719.02	818.07	918.29	1026.11
	EUA_UE	430.60	483.27	548.52	621.48	706.92	805.29	921.66	1053.10
	EUA_UE_BCA	430.74	483.87	549.63	623.13	709.02	808.19	925.38	1057.65
	EUA_UE_BRA	432.66	493.72	562.87	631.38	705.69	788.85	888.30	999.98
	EUA_UE_BRA_BCA	432.61	493.49	562.04	629.56	702.76	784.65	882.93	993.04
	EUA_UE_BRA_SECT	433.13	493.24	559.81	630.56	712.84	802.92	907.71	1028.23
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	433.07	492.96	559.19	629.77	711.93	801.90	906.83	1027.31
Transportes	Referência	54.04	61.63	71.91	83.61	96.98	111.80	127.00	143.81
	EUA_UE	53.76	61.59	72.42	85.08	99.56	116.09	134.93	156.22
	EUA_UE_BCA	53.74	61.38	71.81	83.86	97.49	112.73	130.42	150.28
	EUA_UE_BRA	52.90	56.62	63.82	74.00	86.13	99.95	116.35	135.03
	EUA_UE_BRA_BCA	52.87	56.54	63.78	73.97	86.13	100.04	116.40	135.19
	EUA_UE_BRA_SECT	48.92	54.21	63.31	73.54	85.29	99.10	115.92	135.05
	EUA_UE_BRA_SECT_BCA	48.92	54.19	63.26	73.49	85.30	99.23	116.12	135.46

Fonte: Resultados da pesquisa

A seguir, serão analisadas as mudanças em exportações e importações em relação ao cenário de referência, nas regiões implementadoras de políticas climáticas. As mudanças são

mensuradas como variações percentuais em relação aos níveis de exportações e importações observados no cenário de referência.

4.6 Importações e exportações – setor culturas

Os Gráficos 12 e 13, que serão apresentados a seguir, mostram a evolução das importações e das exportações do setor de culturas ao longo do período para a economia americana. O que chama a atenção é que as políticas ambientais aumentam consideravelmente as importações americanas, chegando a uma diferença de quase 50% em 2050. No entanto, as tarifas de compensação não só mitigam este efeito, como ajudam a reduzir a importações americanas de bens agrícolas até 2040. A partir daí os cenários voltam a acusar importações maiores do que as projetadas pra o cenário de referência.

Parte desse resultado é influenciado pela política simulada para o Brasil, que assume a partir de 2035 que a intensificação dos cortes em emissões são cada vez menos expressivas nesse setor de forma a compensar o fim do desmatamento, tornando-o relativamente menos afetado pela política climática em relação ao mesmo setor nos países desenvolvidos. Como a tarifa compensatória ao carbono nos EUA é nula para o Brasil quando este adota políticas climáticas, o país volta a ganhar espaço nas importações americanas. Mesmo assim, a tarifa pode ser considerada como favorável para proteger o setor norte-americano de culturas, por provocar uma mudança bastante considerável no nível das importações em todo o período analisado.

Analisando as exportações do setor de culturas, todos os cenários apresentam o mesmo comportamento, de forte queda nas exportações de bens agrícolas pelos EUA, consequência dos maiores custos de produção e queda de competitividade que a política climática impõe à produção. As tarifas compensatórias provocam uma pequena piora nas exportações comparando com os cenários em que não estas não são utilizadas. Este comportamento se dá pelo direcionamento da produção para o mercado interno, de forma a compensar as menores importações, tornando mais difícil exportar os excedentes.

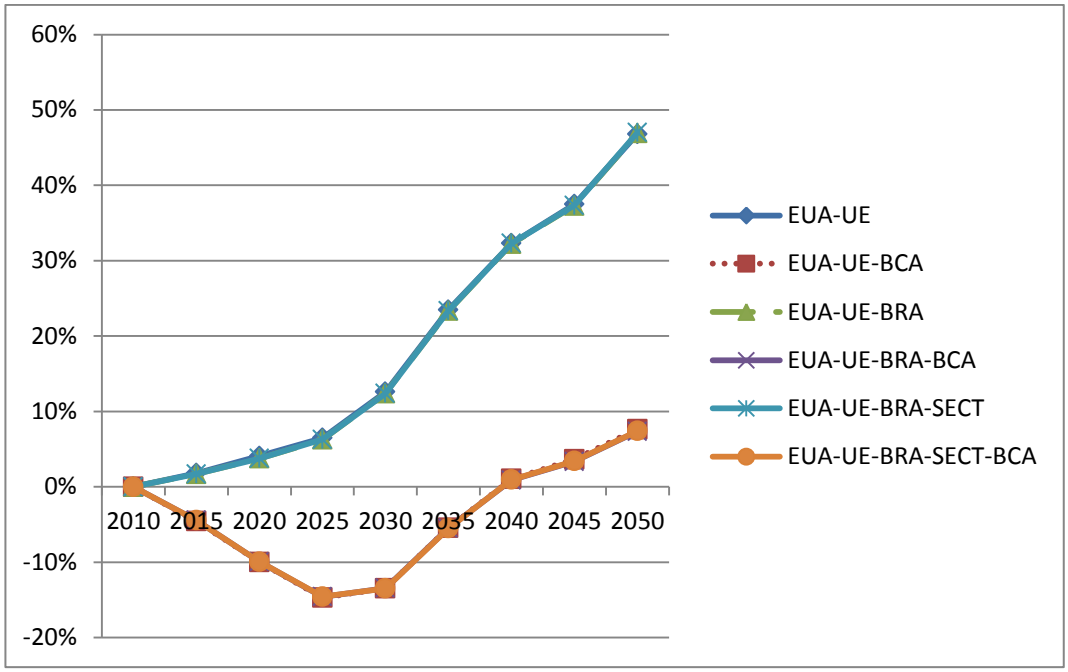

Gráfico 12 – Importações do setor culturas (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

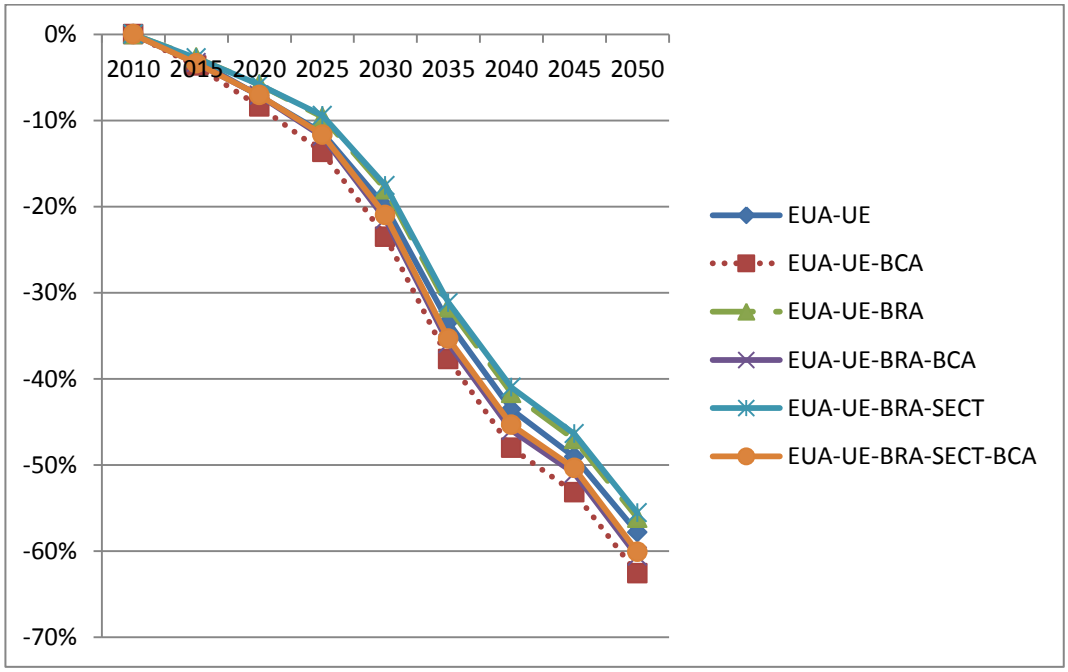

Gráfico 13 – Exportações do setor culturas (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

Os Gráficos 14 e 15 que apresentam os resultados deste mesmo setor para a Europa mostram a mesma tendência que a economia americana. No entanto, é possível perceber que o setor culturas na União Europeia é bem menos afetado pelas políticas climáticas em termos percentuais, já que o aumento em importações e queda nas exportações são menores que da economia americana, e só se tornam mais pronunciados a partir de 2040. Isto corrobora a hipótese de que a proteção que a agricultura possui no continente evita com que este seja

muito afetado pela redução dos gases do efeito estufa. Ainda, é importante observar a variação na inclinação das curvas de mudanças em exportações e importações a partir de 2040.

Esse resultado é consequência da política climática simulada para o Brasil, que prevê menores incrementos nos cortes em emissões da agricultura no decorrer do tempo. Dessa forma, o setor de culturas no Brasil se torna relativamente menos impactado pela cobrança sobre emissões que o setor europeu, ganhando espaço nas importações e competindo fortemente com as exportações daquele bloco, mesmo na presença de tarifas compensatórias. Essas fortes mudanças nas tendências das exportações e importações revelam o importante papel do Brasil como exportador para os mercados europeus e competidor nos mercados mundiais de produtos agrícolas, apesar de serem uma consequência direta das hipóteses assumidas na implementação do cenário de política climática brasileira pós 2020.

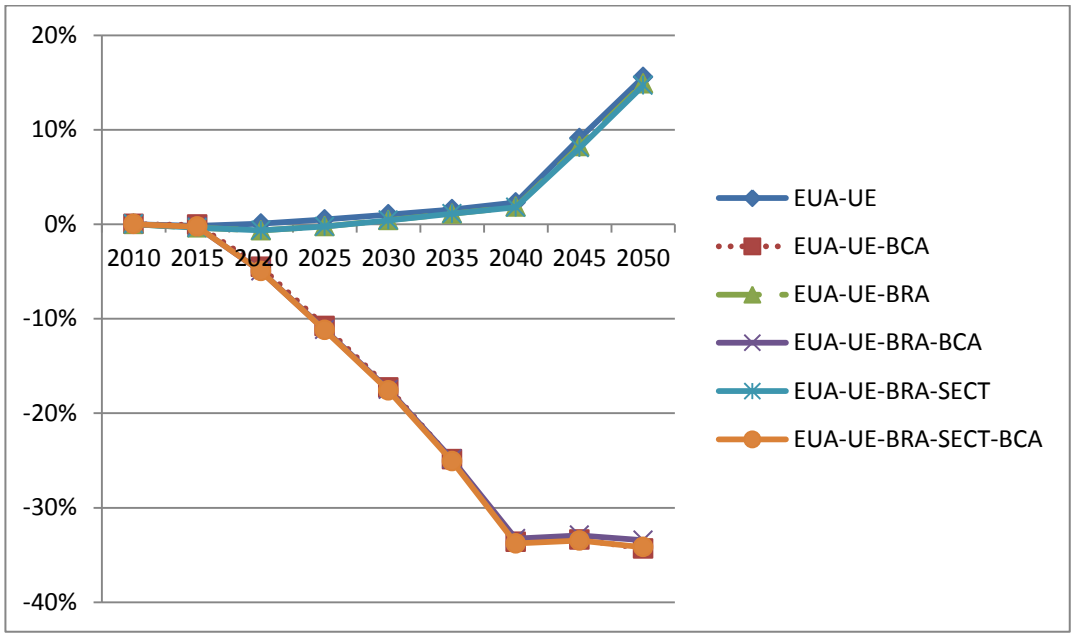

Gráfico 13 – Importações do setor culturas (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

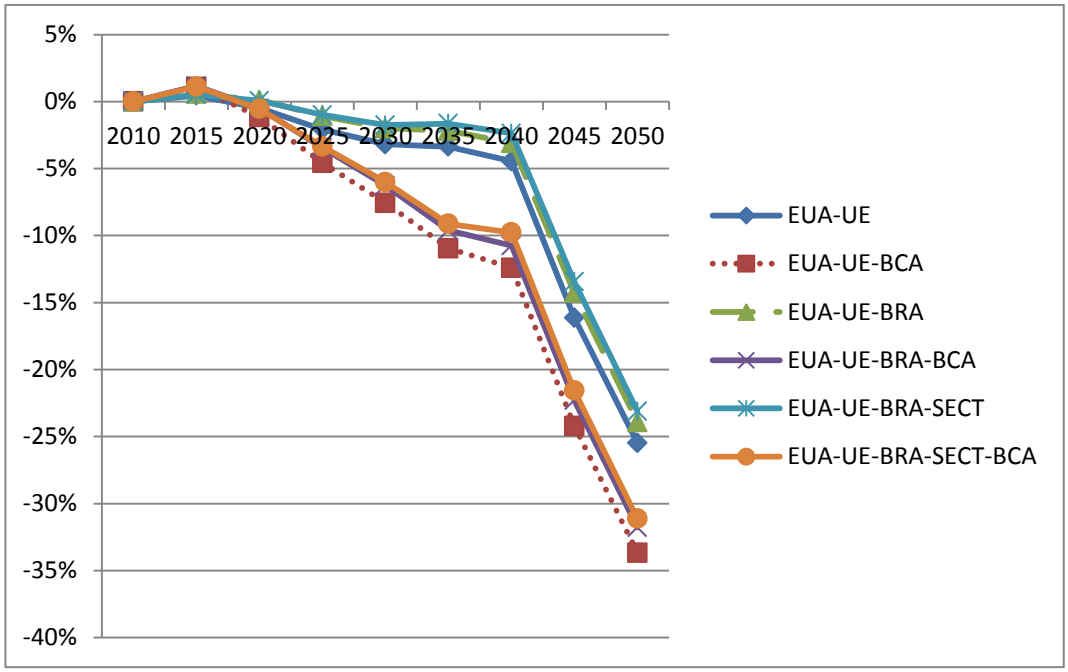

Gráfico 14 – Exportações do setor culturas (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

Os resultados para a economia brasileira, mostrados nos gráficos 16 e 17, mostram que o setor culturas se beneficia quando EUA e EU aplicam políticas climáticas. Os benefícios são menores quando EUA e EU aplicam tarifas compensatórias de carbono, revelando que o Brasil é afetado negativamente pelas tarifas de carbono. No entanto, dada a elevada participação do setor nas emissões brasileiras, quando o Brasil passa a aplicar políticas climáticas, o desempenho passa a ser muito pior do que o observado no cenário de referência, com quedas em exportações de até 70% e aumentos em importações em até 90% dos valores observados no cenário de referência.

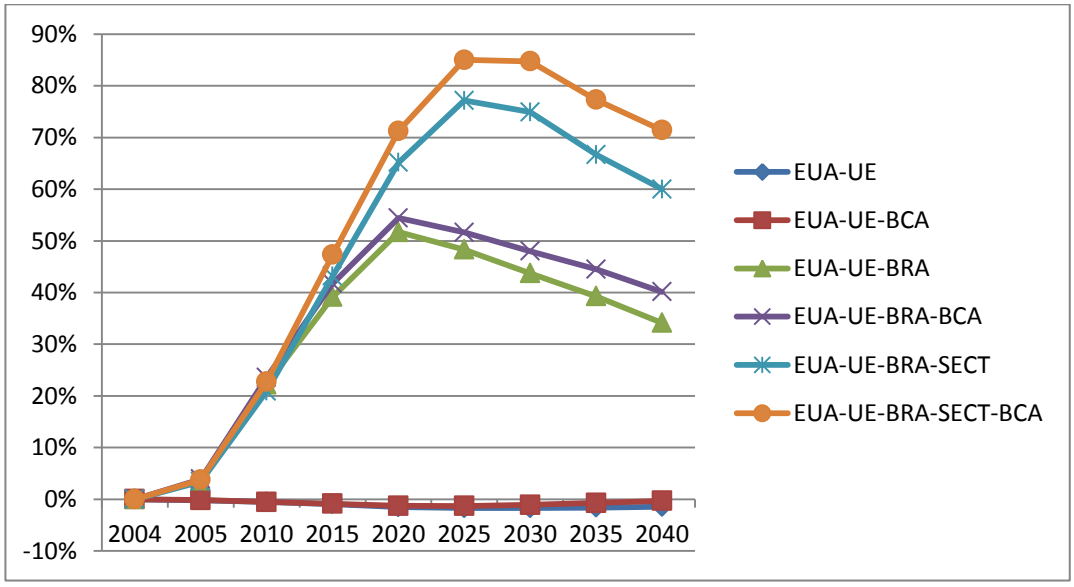

Gráfico 15 – Importações do setor culturas (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

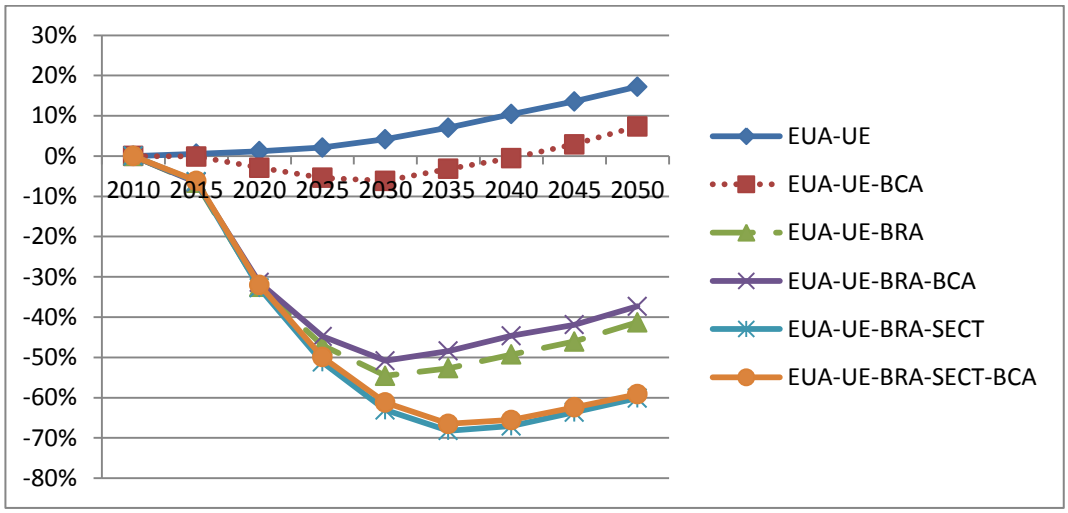

Gráfico 16 – Exportações do setor culturas (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

Os cenários com políticas setoriais, como já foi discutido anteriormente, apresenta os piores números para o país, pois afeta muito mais a agricultura do que no cenário de política climática ampla com comércio de carbono entre todos os setores. Vale ressaltar que a menor intensificação dos cortes em emissões na agricultura a partir de 2035, assumido por hipótese na simulação do cenário de forma a compensar o desmatamento zero, reverte a tendência das mudanças em exportações e importações, uma vez que permite um ganho relativo de competitividade em relação aos demais setores da economia e da produção de culturas nos EUA e na UE.

4.6.1 Importações e exportações – setor pecuária

Os resultados para a pecuária mostram o mesmo comportamento que os observados para o setor culturas, pois ambos têm muitas semelhanças operacionais. Desta forma, os gráficos têm o mesmo formato, diferindo apenas na magnitude dos efeitos. Os resultados são um pouco piores para os EUA e um pouco melhores para a UE. No Brasil, chama a atenção o

aumento das importações deste setor, chegando a 400% de diferença em relação ao cenário de referência.[11]

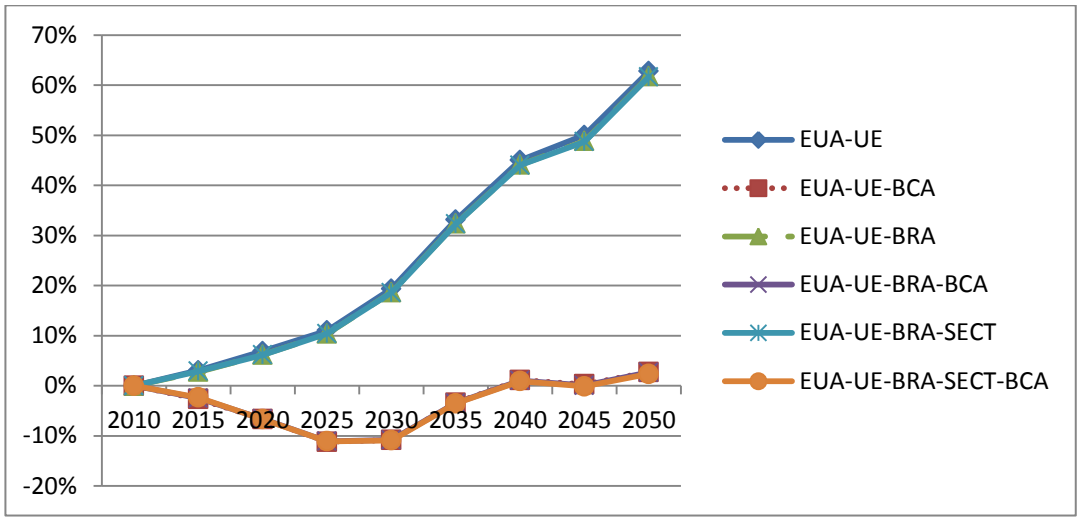

Gráfico 17 – Importações do setor pecuária (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

[11] Deve-se ressaltar que este setor inclui apenas animais vivos, e portanto, os fluxos comerciais são bastante modestos e representam percentuais muito reduzidos do valor da produção.

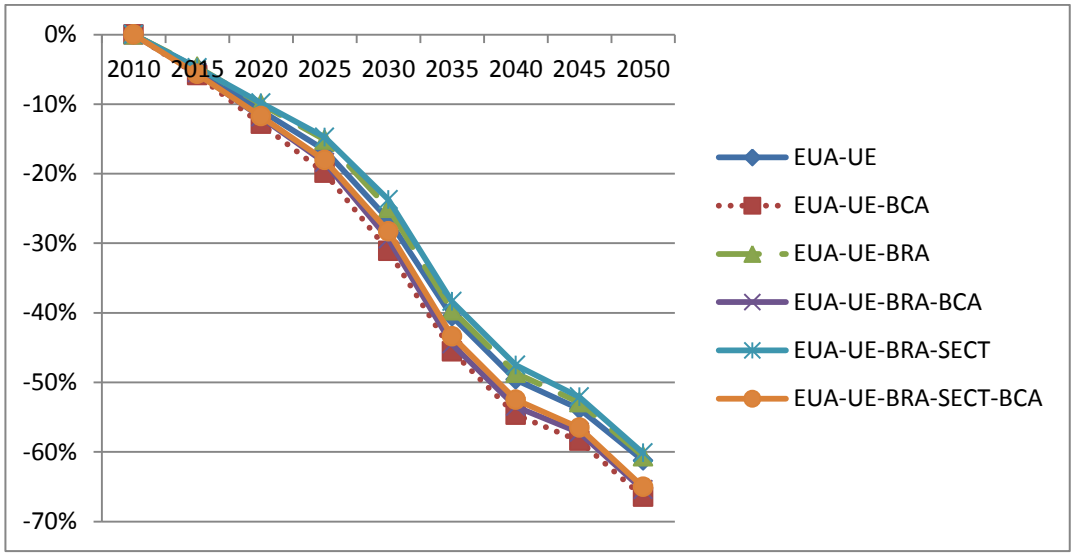

Gráfico 18 – Exportações do setor pecuária (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

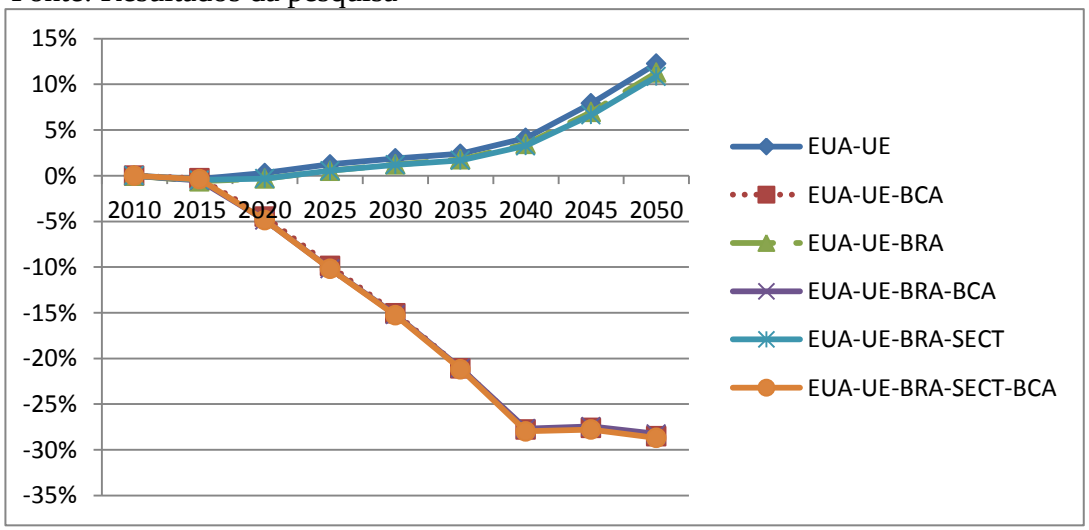

Gráfico 19 – Importações do setor pecuária (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

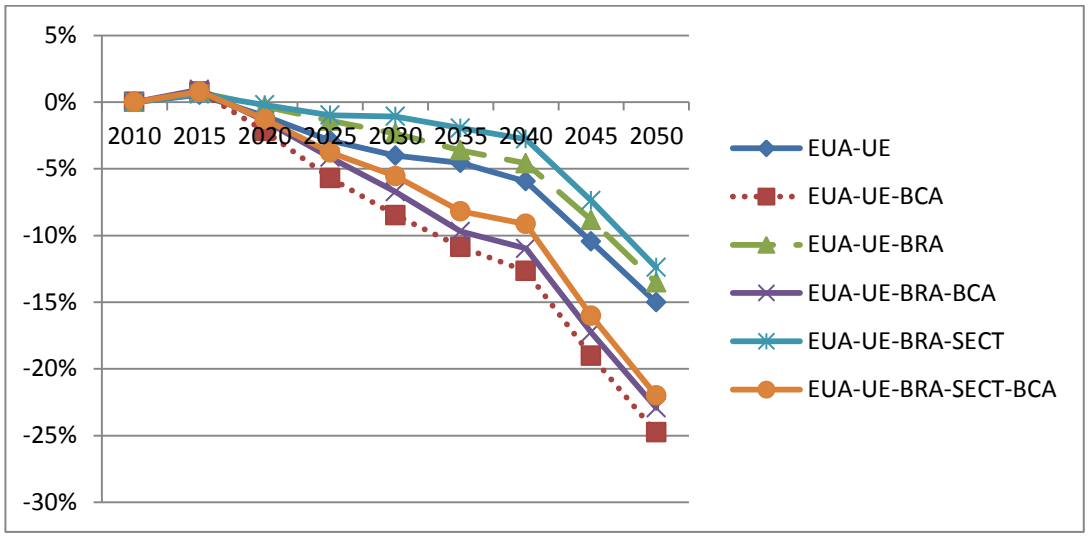

Gráfico 20 – Exportações do setor pecuária (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

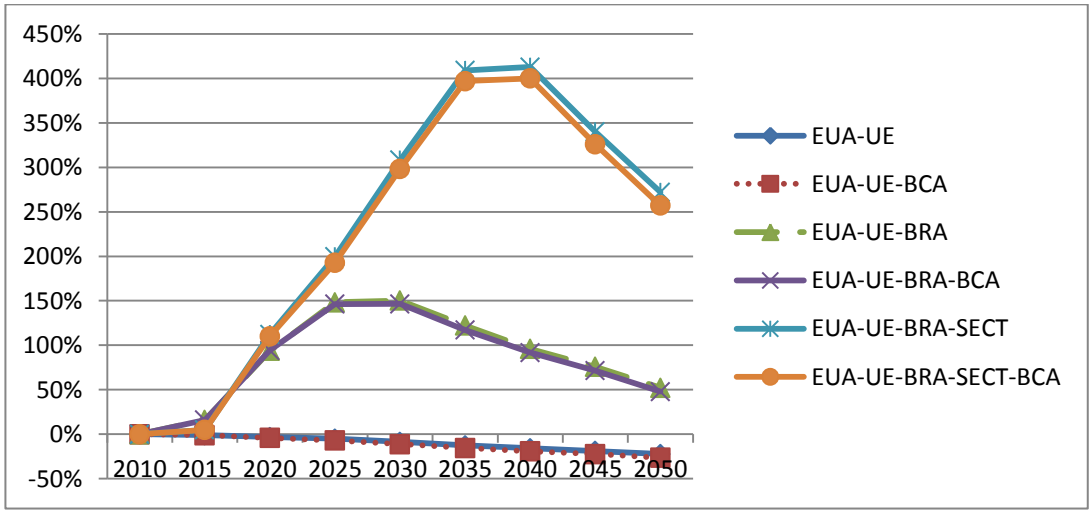

Gráfico 21 – Importações do setor pecuária (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

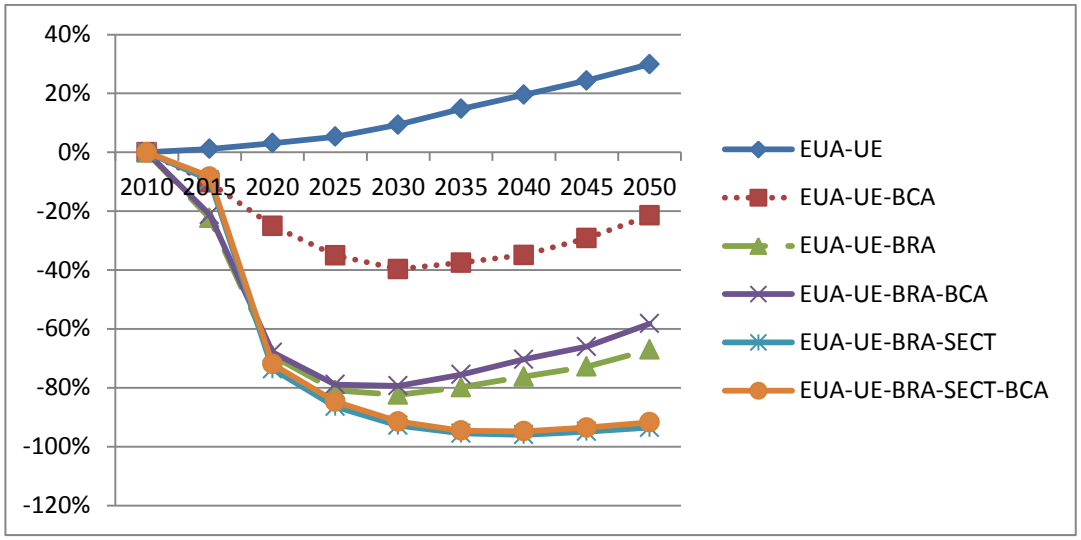

Gráfico 22 – Exportações do setor pecuária (Brasil)

Fonte: Resultados da pesquisa

4.6.2 Importações e exportações – setor alimentos

Os resultados para o setor Alimentos para os EUA mostram a redução na competitividade deste setor. No Gráfico 24, observa-se que os cenários com tarifas compensatórias de carbono aumentam as importações de alimentos pelo país, levando ao efeito contrário esperado da tarifa. Isso ocorre na medida em que setores mais intensivos em emissões, como a agropecuária e a indústria intensiva em energia, acabam recebendo maior proteção relativa pela tarifa compensatória de carbono, enquanto setores como os de alimentos, com menores emissões por dólares, ficam relativamente menos protegidos. O Gráfico 25 mostra que as exportações têm queda maior na presença da tarifa compensatória de carbono, o que pode ser explicado pelo direcionamento da produção para o consumo doméstico, diante da maior queda na produção quando da implementação das tarifas compensatórias de carbono.

Analisando os Gráficos 26 e 27, que mostram a evolução das importações e exportações deste mesmo setor para a Europa, vemos que a aplicação da política climática leva a uma tendência de queda nas importações de alimentos, como resultado da queda na atividade econômica da região. Assim como nos EUA, as tarifas compensatórias pioram os resultados (aumentam importações e reduzem exportações). Isso significa que as tarifas compensatórias para o setor de alimentos são relativamente menores do que para outros

setores da economia, diminuindo a proteção relativa neste setor. Por outro lado, as exportações reduzem por conta da menor produção doméstica na presença das tarifas compensatórias.

No entanto, devido ao fato de a União Europeia ser um mercado mais fechado, o efeito é bem menor, se comparamos com os resultados da economia americana. Finalmente, é importante ressaltar o papel que a implementação da política climática no Brasil tem sobre o resultado comercial europeu. Na presença de política climática, o Brasil perde competitividade e reduz suas exportações para a UE, contribuindo para uma queda mais forte nas importações dessa região, mas aumento nas exportações de alimentos da mesma.

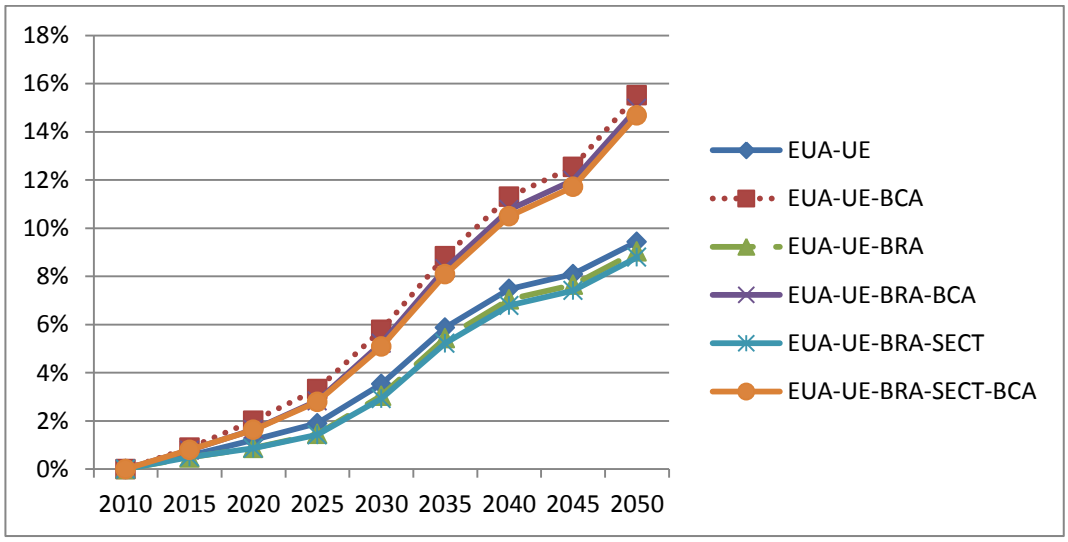

Gráfico 23 – Importações do setor alimentos (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

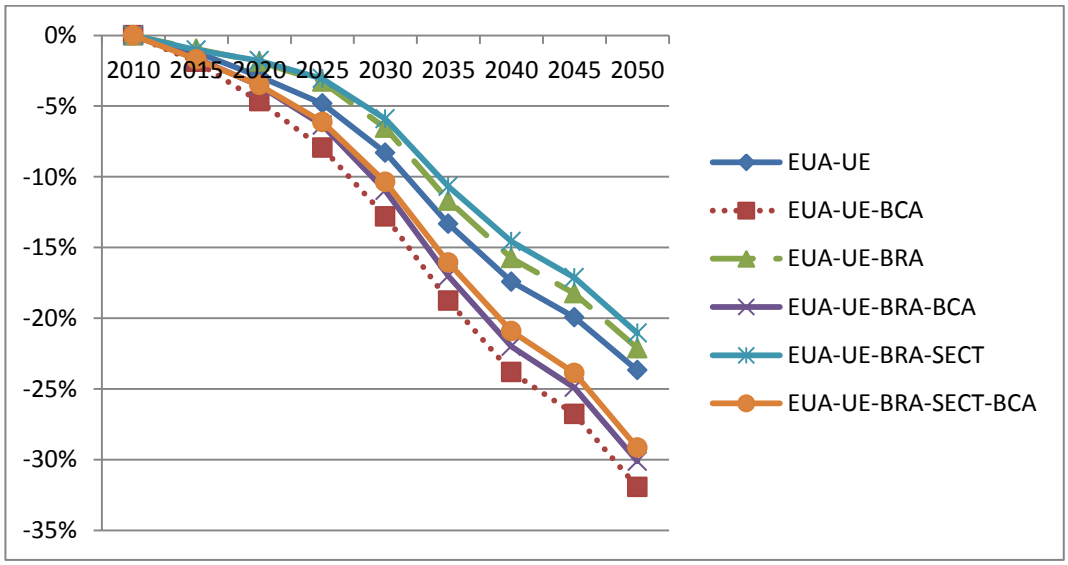

Gráfico 24 – Exportações do setor alimentos (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

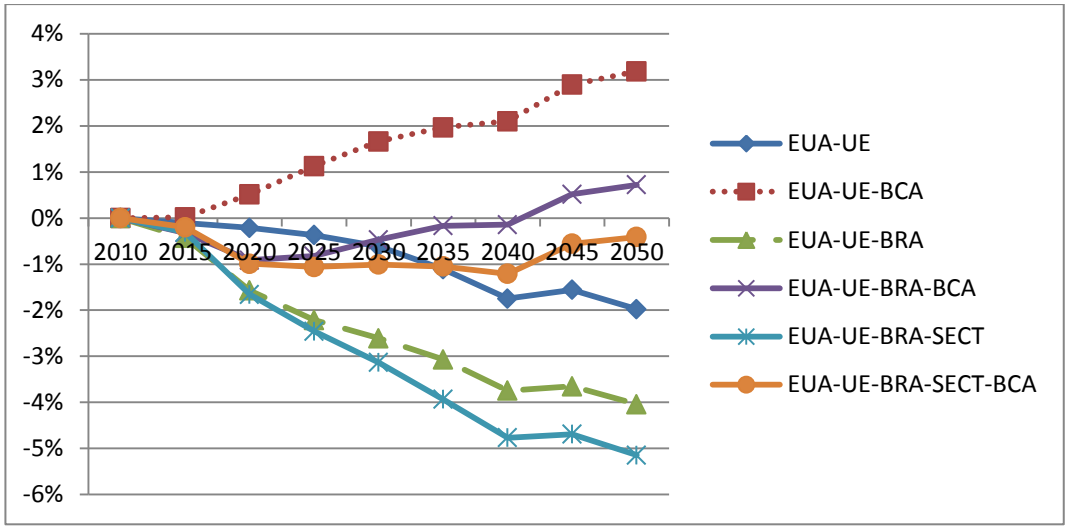

Gráfico 25 – Importações do setor alimentos (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

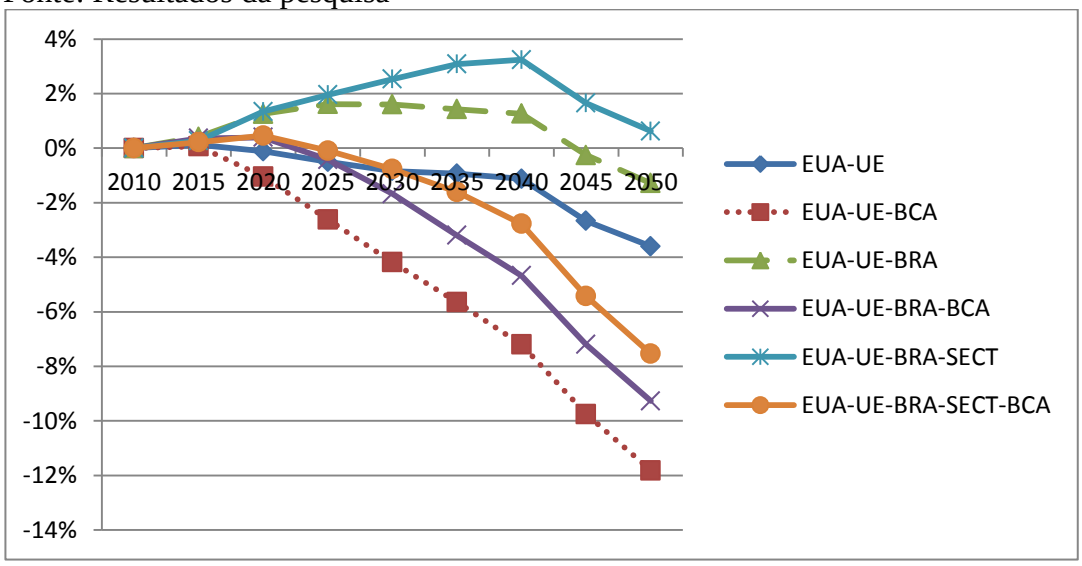

Gráfico 26 – Exportações do setor alimentos (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

As importações e exportações brasileiras do setor de alimentos, repetem em algum grau os padrões observados em culturas e pecuária. No entanto, é importante frisar que as mudanças só ocorrem quando o país implementa políticas climáticas, pois nos cenários onde apenas EUA e EU implementam-nas, a variação com relação ao cenário de referência é muito pequena. As políticas climáticas no Brasil afetam negativamente o desempenho do setor, tornando maiores as importações e bem menores as exportações.

O Brasil, a exemplo dos Estados Unidos sofre maiores reduções neste setor do que a União Europeia, devido em parte à ausência de uma forte política de apoio ao setor. O efeito de perda de competitividade devido à tarifa de ajustamento de carbono para este setor no

Brasil é muito pequeno. Novamente, percebe-se que as políticas setoriais pioram o cenário para este setor na economia brasileira, pois tornam mais caros os seus principais insumos.

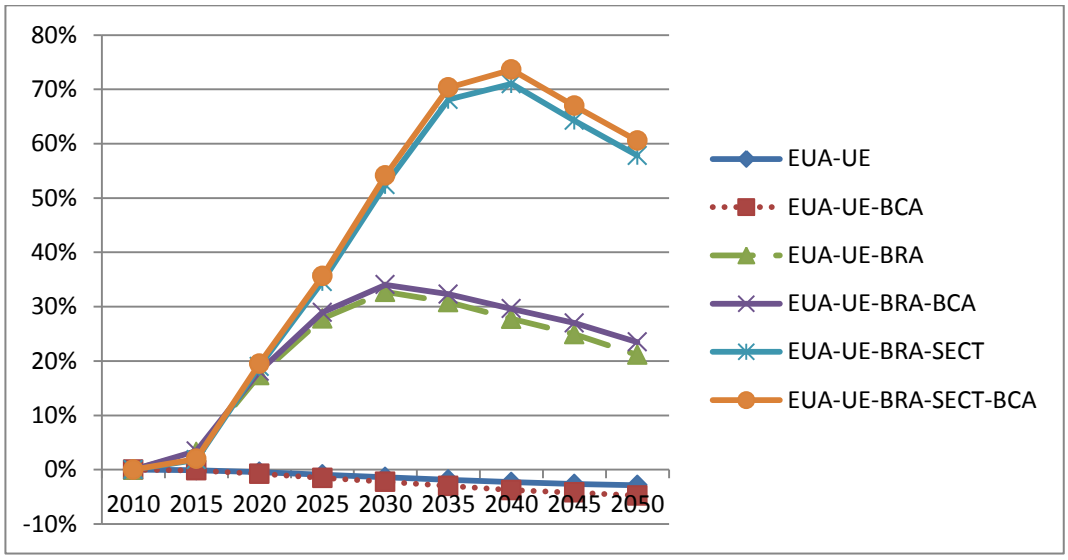

Gráfico 27 – Importações do setor alimentos (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

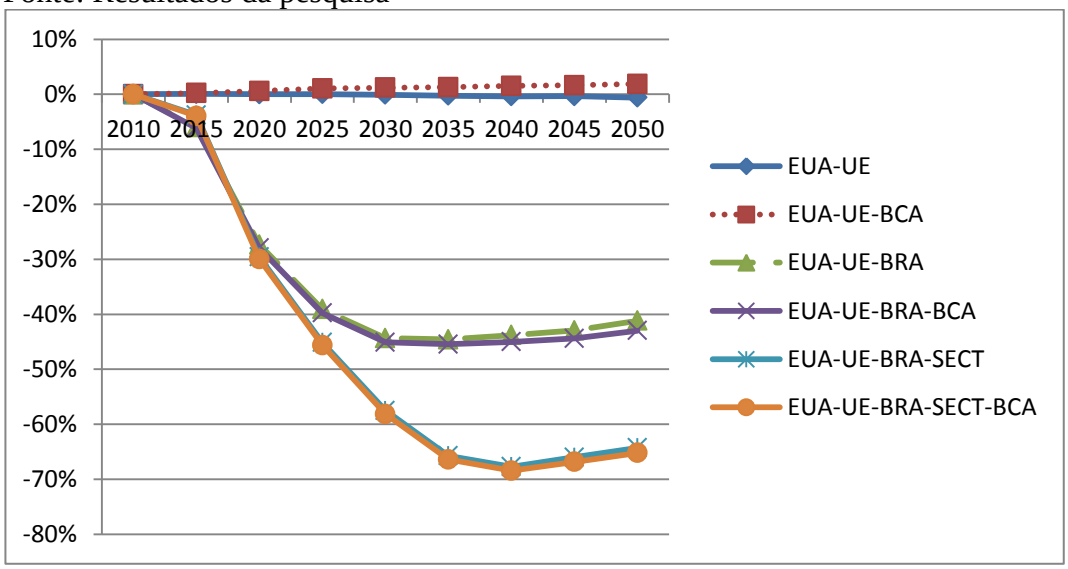

Gráfico 28 – Exportações do setor alimentos (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

4.6.3 Importações e exportações – setor EINT

Nos Gráficos 30 e 31, visualiza-se o comportamento das importações e exportações americanas do setor de bens intensivos em energia (EINT). As importações aumentam consideravelmente na presença das políticas ambientais e as tarifas de ajustamento de carbono

ajudam a mitigar este efeito, fazendo com que os bens importados deste setor diminuam a partir de 2025, uma vez que esse setor é o que deve receber maiores proteções baseadas no conteúdo de carbono. Nas exportações, observamos o mesmo efeito de perda de competitividade que ocorreu nos setores ligados à agricultura. Na presença da tarifa compensatória, os bens intensivos em energia exportados pelo país diminuem ainda mais, de forma a compensar as menores importações com o direcionamento de produção para o mercado doméstico.

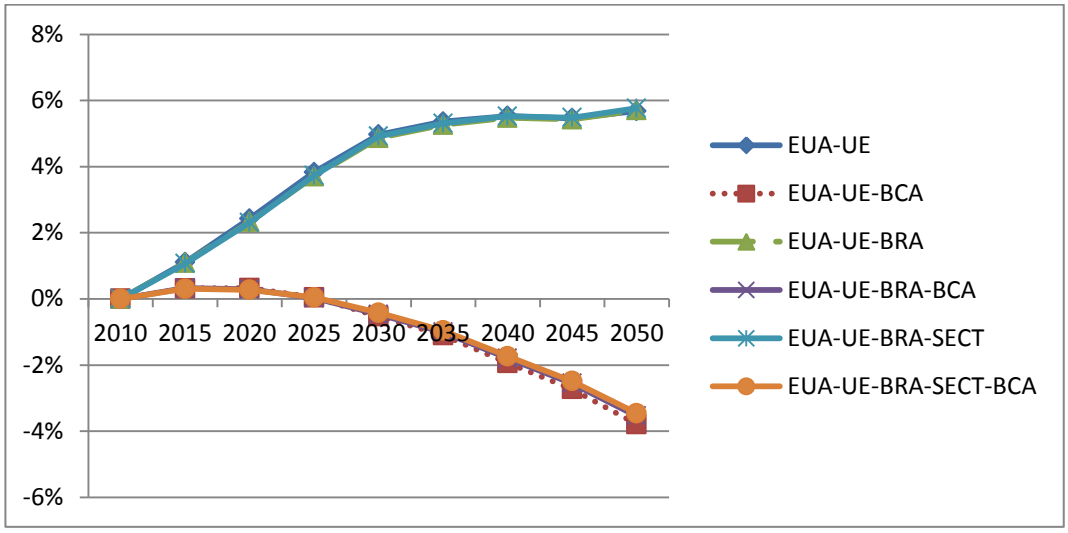

Gráfico 29 – Importações do setor EINT (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

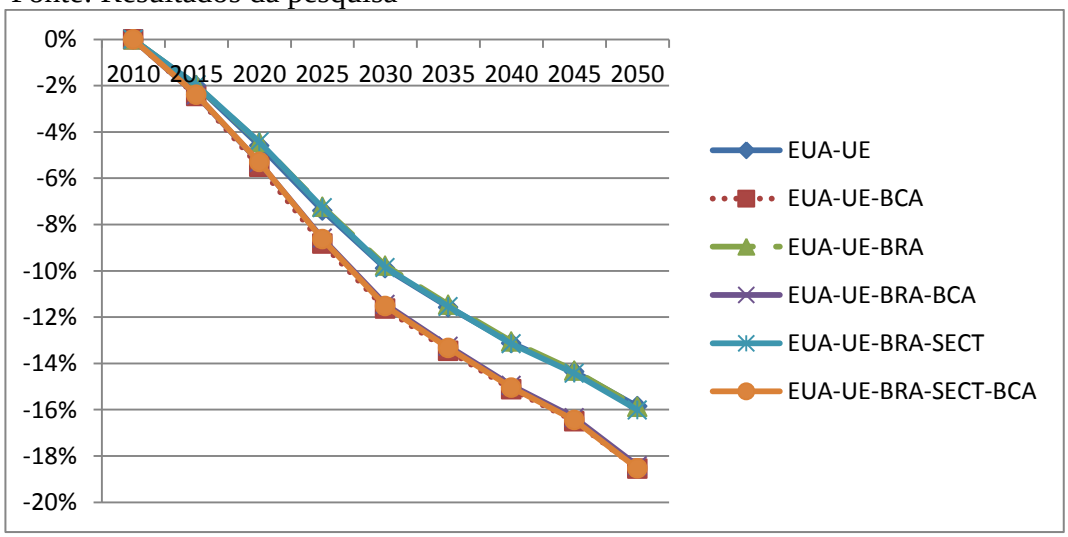

Gráfico 30 – Exportações do setor EINT (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

Nos Gráficos 32 e 33 têm-se as informações do mesmo setor para a Europa. Para as importações de intensivos em energia, observa-se que, na presença de políticas ambientais, ocorre uma redução nas primeiras décadas que é revertida a partir de 2030. O efeito inicial

parece resultar da queda na atividade econômica, sendo que tal queda no consumo não é compensada pelas importações e sim pela substituição por outros produtos mais baratos e menos intensivos em energia. Ainda, o Quadro 8 mostra que a redução na produção da Europa com relação ao cenário de referência é pequena nas primeiras décadas, indicando uma menor necessidade de importações diante da queda na atividade econômica. Contudo, com a intensificação da política ao longo dos anos as empresas europeias de intensivos em energia perdem competitividade e as importações crescem. A imposição das tarifas compensatórias protege o setor efetivamente contras as importações, uma vez que, dado o maior conteúdo de carbono na produção, esse setor recebe em geral maiores tarifas.

O comportamento das exportações é semelhante ao observado nos EUA, com as tarifas de ajustamento provocando perda de competitividade da economia europeia no setor. Predomina aqui o efeito de desvio da produção para o mercado doméstico, uma vez que as tarifas compensatórias reduzem as importações destes bens.

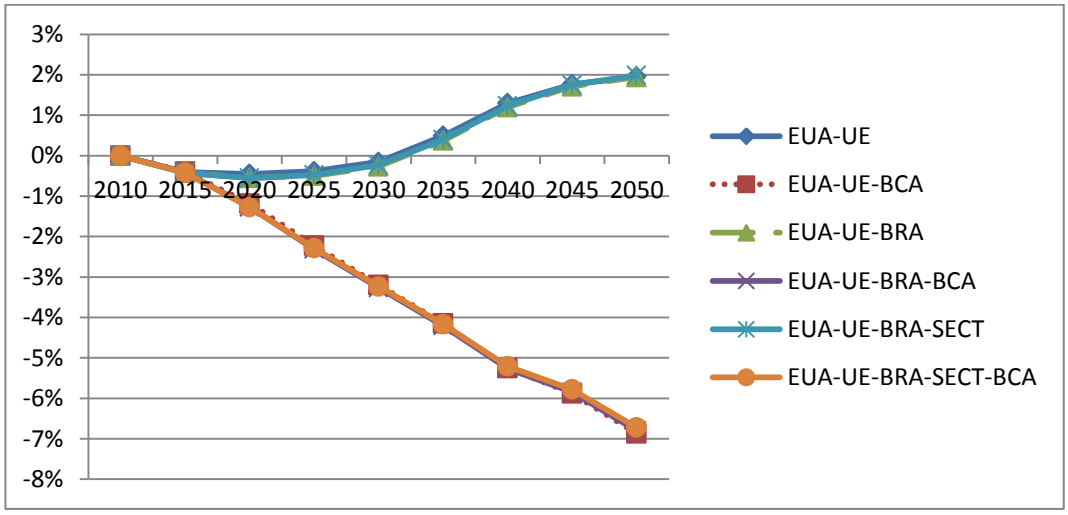

Gráfico 31 – Importações do setor EINT (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

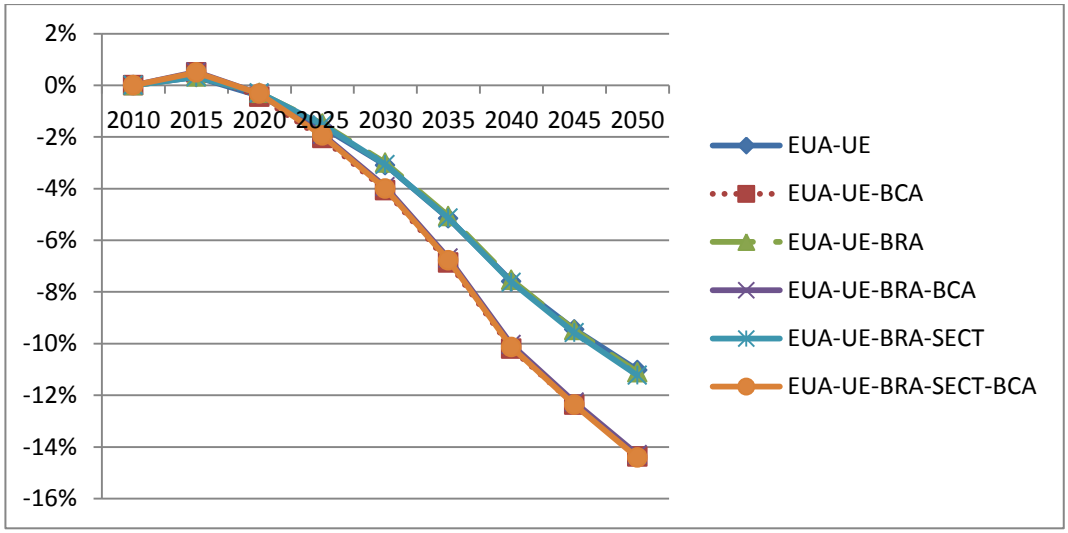

Gráfico 32 – Exportações do setor EINT (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 34 apresenta os resultados obtidos para as importações da economia brasileiro no setor EINT. Primeiramente, é possível observar que as políticas ambientais praticadas fora do país reduzem as importações brasileiras, pois EUA e EU estão entre os principais fornecedores destes produtos para o Brasil. No entanto, é interessante analisar o resultado quando o país passa a implementar políticas ambientais. No início, ocorre um pequeno aumento das importações, que logo é revertido para uma queda que em 2050 chega a ser bastante acentuada em alguns cenários. Esse resultado reflete que os cortes em emissões simulados para a economia brasileira são relativamente mais acentuados em relação aqueles implementados nos países desenvolvidos até meados do período de análise considerado, revertendo depois a cortes mais brandos. Dessa forma, o setor sofre uma forte perda de competitividade no início de implementação das políticas, mas essa perda é posteriormente revertida, uma vez que o setor passa a ser relativamente menos penalizado por suas emissões no Brasil do que nos países desenvolvidos.

Percebe-se também a reversão mais forte quando da aplicação da política setorial em relação à política de mercado amplo de carbono, que indica que a aplicação dos mesmos cortes em emissões nos diversos setores da economia, sem possibilidade de comércio de créditos de carbono, favorece relativamente o setor intensivo em energia, já que este possui maior consumo de energia e maiores emissões por valor produzido do que os demais setores. Dessa forma, o efeito da política sobre esse setor é menor que nos demais setores, favorecendo o ganho relativo de competitividade em relação ao mesmo setor nas economias dos países desenvolvidos.

No Gráfico 35 apresentam-se as exportações deste mesmo setor para o Brasil. As exportações crescem quando apenas EUA e EU implementam políticas ambientais, tanto pelo fornecimento de produtos para esses países quanto pela substituição dos mesmos no fornecimento para terceiros países. No entanto, a tarifa de ajustamento de carbono diminui um pouco o aumento em exportações, evidenciando que a mesma é capaz de proteger em algum grau o setor nos países desenvolvidos. Contudo, esse efeito é modesto, uma vez que o Brasil possui uma matriz energética mais limpa, sofrendo tarifas compensatórias menores que outros países e regiões, como a China, a Índia e a Ásia, e ainda, continua substituindo os EUA e a UE nas exportações mundiais.

Quando o Brasil passa a implementar a política climática ocorre uma esperada redução nas exportações. No entanto, é importante observar que para o cenário de políticas setoriais, a queda em exportações ao longo do tempo em relação ao cenário de referência tende a diminuir, uma vez que este setor é relativamente menos afetado pela política que outros setores consumidores de energia diante de uma mesma meta comum de redução em emissões, por ser mais intensivo no uso desta energia. Quando a política climática brasileira é simulada na forma de um mercado amplo de carbono, o setor intensivo em energia perde competitividade ao longo do tempo, por ser aquele que precisa arcar com os maiores custos com créditos de carbono. Esse resultado revela a importância de se considerar, caso se opte por cortes setoriais ao invés de mercados amplos de carbono, cortes em emissões diferenciados por setores de acordo com suas intensidades em emissões.

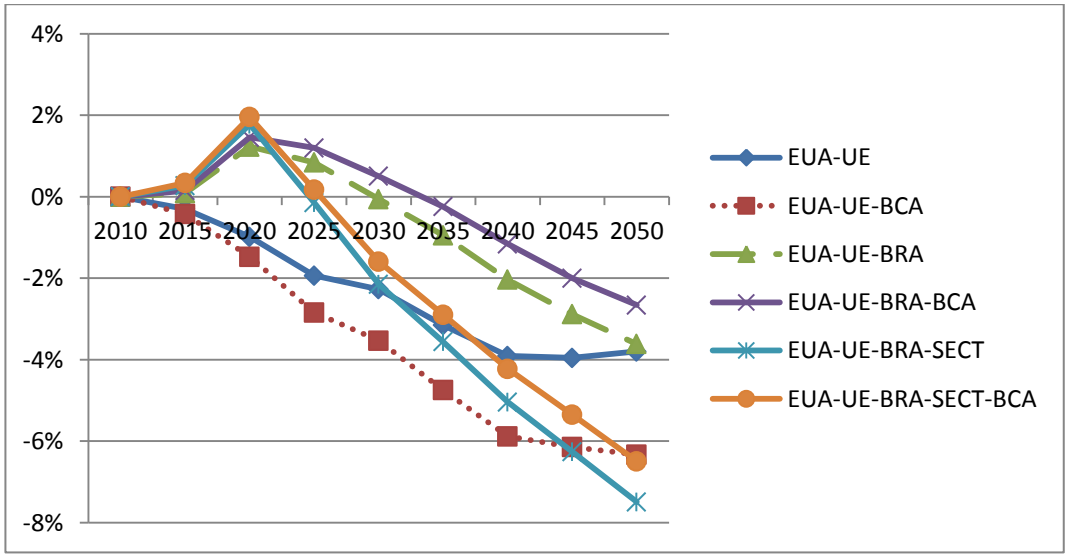

Gráfico 33 – Exportações do setor EINT (Brasil)

Fonte: Resultados da pesquisa

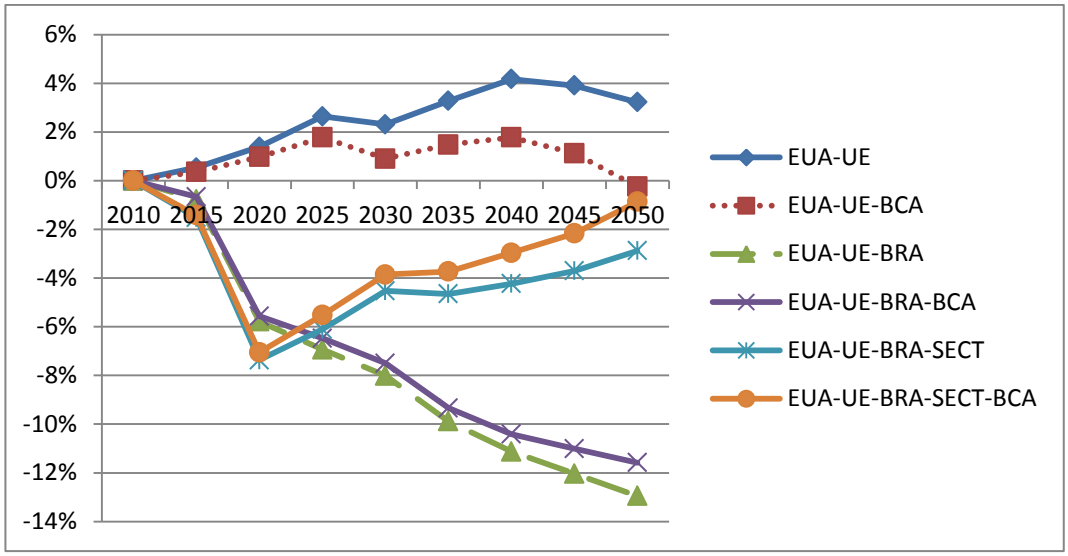

Gráfico 34 – Exportações do setor EINT (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

4.6.4 Importações e exportações – setor Outros

Os Gráfico 36 e 37 mostram a evolução das importações e exportações do setor Outros para a economia americana. É curioso observar que as importações caem com as políticas ambientais, diferentemente do observado para os demais setores. Dois efeitos estão por trás dessas mudanças. O primeiro deve-se ao aumento da produção que este setor experimenta em relação ao cenário de referência, como observado na Tabela 3, consequência da migração de fatores produtivos dos demais setores da economia para este, que é o menos intensivo em emissões, e portanto, o menos afetado pela cobrança de permissões às emissões. O segundo efeito, predominante mais ao final do período analisado, reflete a queda do consumo interno americano e menor crescimento desta economia como um todo.

As tarifas compensatórias reduzem ainda mais as importações, uma vez que representam maiores custos na importação. As exportações, por sua vez, aumentam um pouco e se mantém assim, por boa parte do período quando não há tarifas de ajustamento de carbono. O efeito se deve ao direcionamento de recursos para este setor, que possui baixo conteúdo de carbono. A queda, a partir de 2040, reflete a queda na produção deste setor, consequência do menor crescimento da economia americana, bem como da perda de competitividade provocada pela necessidade de redução de emissões, mesmo de um setor de baixo conteúdo de carbono.

É possível observar também o quanto as tarifas de ajustamento de carbono distorcem o mercado americano. Apesar de melhorar o resultado dos setores com alto conteúdo de carbono, a piora nos setor de outros produtos industriais é visível, pois não só as exportações aumentam menos inicialmente, como também a queda posterior é mais rápida e acentuada. Isso reflete que as tarifas compensatórias revertem a competitividade relativa dos setores de acordo com a intensidade de carbono dos mesmos, favorecendo aqueles setores mais poluidores.

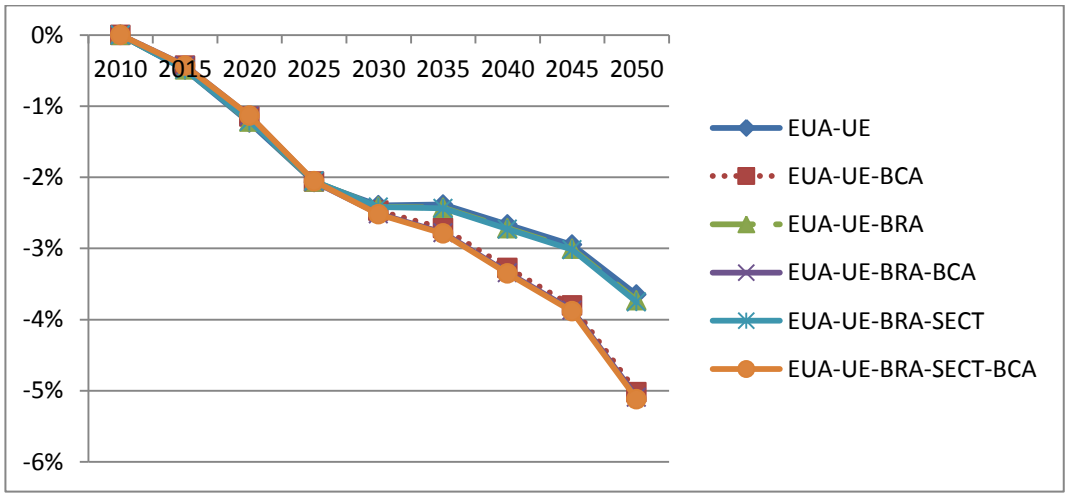

Gráfico 35 – Importações do setor Outros (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

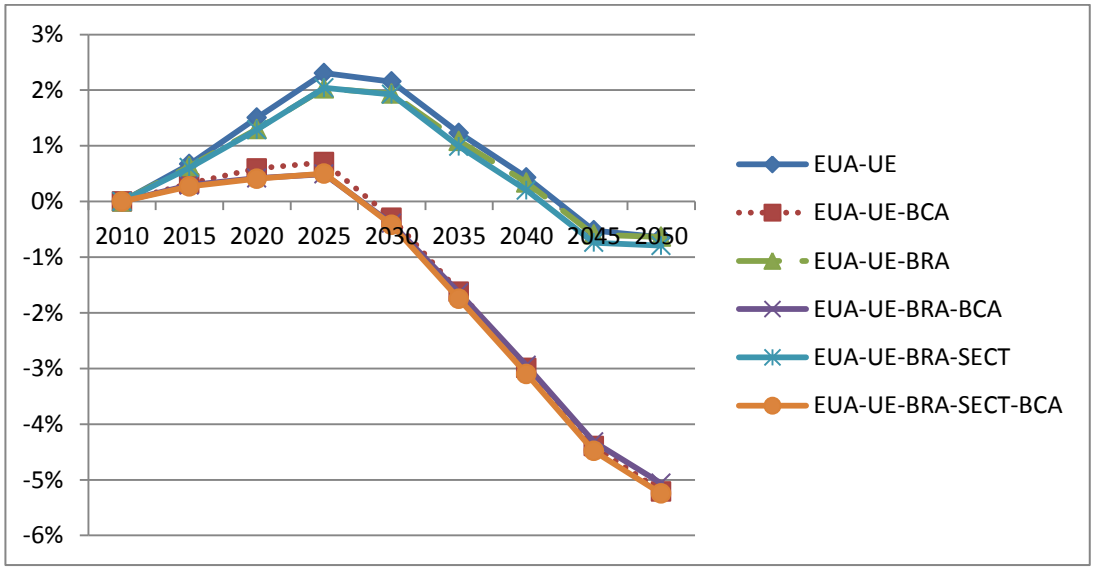

Gráfico 37 Gráfico 36 – Exportações do setor Outros (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

Os Gráficos 38 e 39 apresentam os resultados de mudanças em importações e exportações para o mesmo setor para a Europa. Predomina um efeito de queda nas

importações deste setor, consequência do efeito de redução na demanda e no crescimento da região. As distorções causadas pela tarifa de ajustamento de carbono permitem inicialmente um pequeno aumento nas importações quando são implementadas, revelando uma menor proteção relativa que essas tarifas proporcionam a este setor, já que o mesmo possui baixa intensidade de emissões.

Contudo, esse efeito se reverte no decorrer do horizonte de análise, sugerindo que o encarecimento das importações em termos absolutos pela aplicação da tarifa, bem como a queda no consumo do bloco, predomina sobre o efeito relativo de menor proteção. Nas exportações, a política climática também tem o efeito de provocar quedas, que são bem maiores na presença da tarifa compensatória. A queda nas exportações acompanha o decréscimo em produção, que é mais acentuado na presença de barreiras comerciais baseadas no conteúdo de carbono, uma vez que essas barreiras privilegiam os setores intensivos em emissões em detrimento daqueles menos intensivos, que perdem recursos produtivos para os primeiros.

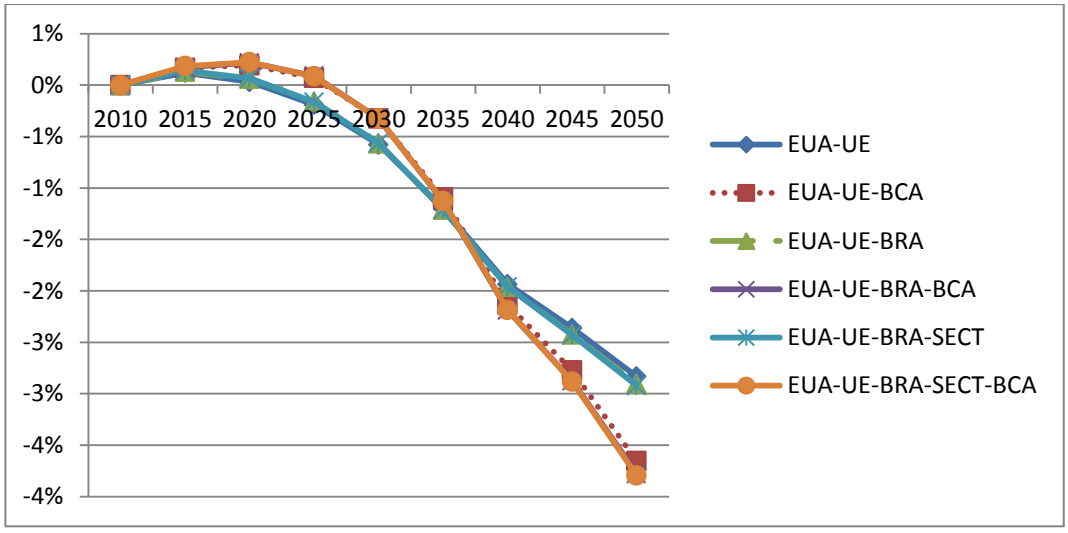

Gráfico 37 – Importações do setor Outros (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

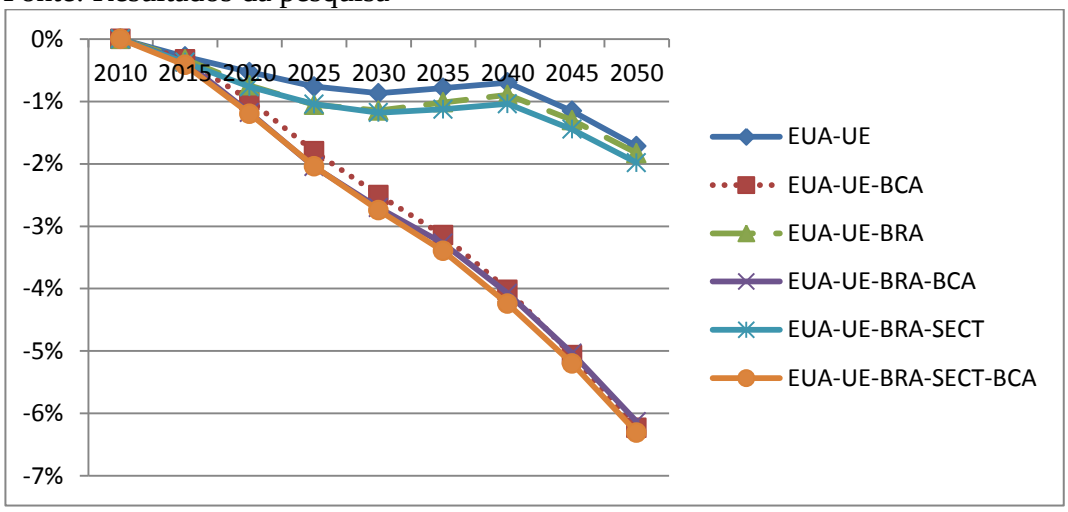

Gráfico 38 – Importações do setor Outros (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

Os Gráficos 40 e 41 mostram os resultados do setor de Outros Setores Industriais para a economia brasileira. No cenário onde EUA e EU implementam políticas sozinhos, percebe-se um pequeno aumento nas importações brasileiras. Esse resultado revela que o aumento na produção e nas exportações norte-americanos desse setor devem contribuir para uma queda no preço mundial e aumento nas compras brasileiras. No entanto, quando a tarifa de ajustamento é posta em prática, a perda de competitividade da economia americana neste setor faz com que as importações brasileiras sejam menores.

Quando o país passa a implementar políticas climáticas, ocorre queda nas importações, uma vez que este setor é menos intensivo no uso de energia e em emissões, e portanto, tende a atrair recursos produtivos de outros setores e aumentar sua produção. Nota-se ainda as mudanças nas trajetórias de queda nas importações. Quando a política climática brasileira é

implementada através de um mercado de carbono abrangente, o setor Outros mostra uma recuperação nas importações, indicando uma perda de competitividade no Brasil, enquanto que sob políticas setoriais de corte em emissões o país mantém a queda em importações por maior tempo. Esses resultados revelam a importância dos efeitos das políticas climáticas sobre a competitividade relativa dos setores, uma vez que indicam que os setores industriais, sejam intensivos ou não em energia, perdem competitividade em relação aos setores agrícola e de alimentos sob um mercado amplo de carbono, enquanto o efeito contrário é observado sob metas setoriais de cortes em emissões como as definidas no Plano Nacional de Mudanças Climáticas.

No Gráfico 41 percebe-se um aumento das exportações, refletindo o aumento na produção deste setor, o que por sua vez contribui para as quedas observadas nas importações. Observamos que as tendências de recuperação das importações e de queda nas exportações a partir de meados do período analisado refletem a participação de outros países na produção mundial. A princípio, o Brasil, junto dos EUA, têm aumentos na exportações deste setor tanto porquê a Europa reduziu sua produção quanto porquê, com as políticas afetando os outros setores, ocorre um redirecionamento de recursos para aqueles que têm baixo conteúdo de carbono.

Com o aumento dos preços no mercado internacional, passa a ser mais atraente para os outros países ingressarem neste mercado e, aos poucos, irem reduzindo a participação dos EUA e do Brasil nas exportações mundiais do setor Outros. Finalmente, podemos observar que as políticas setoriais para o país melhoram os resultados da balança comercial neste setor, ao contrário do que aconteceria na agricultura.

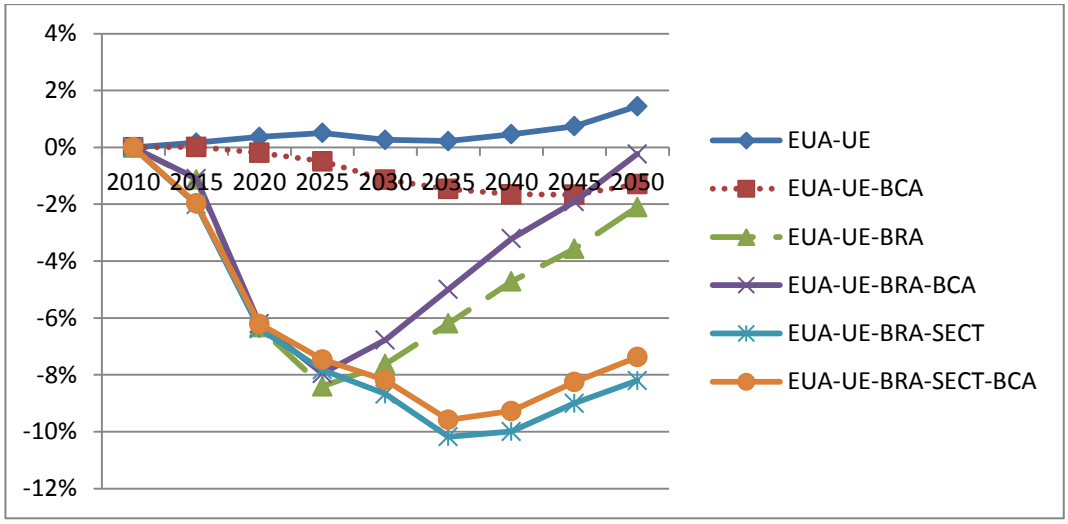

Gráfico 40 – Importações do setor Outros (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

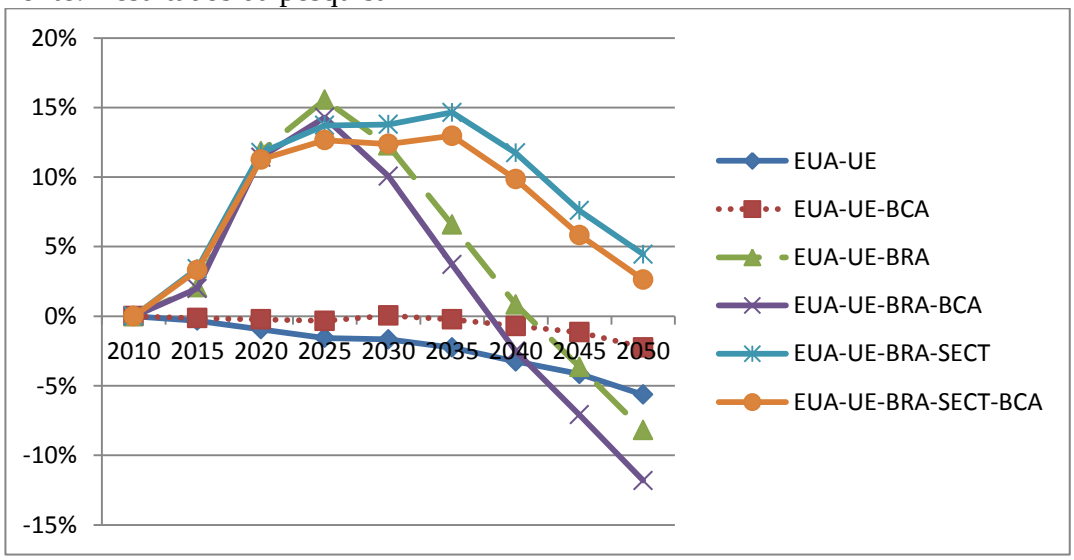

Gráfico 39– Exportações do setor Outros (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

4.6.5 Importações e exportações – setor Transportes

O último setor a ter as importações e exportações analisadas é o de transportes. A seguir os Gráficos 42 e 43 mostram os resultados obtidos para a economia americana.

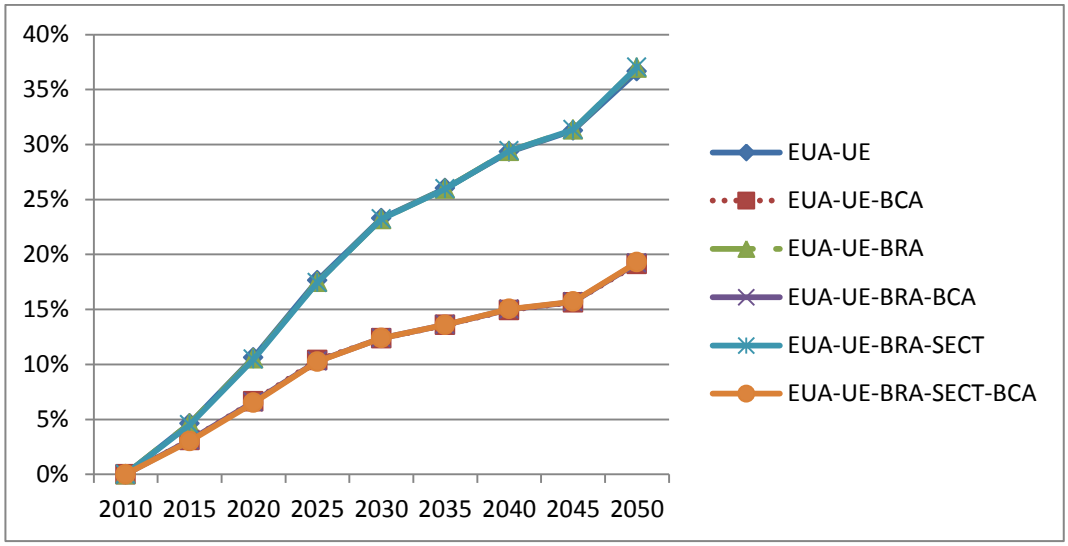

Gráfico 40 – Importações do setor Transportes (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

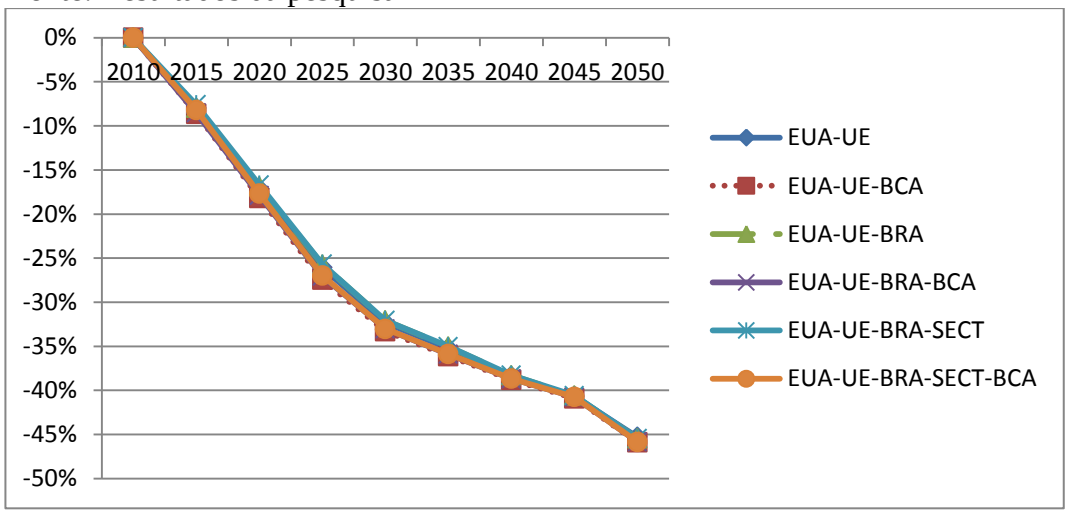

Gráfico 41 – Importações do setor Transportes (EUA)
Fonte: Resultados da pesquisa

As importações aumentam, como era esperado, pois este é um setor muito intensivo em carbono. As tarifas de ajustamento ajudam a reduzir o aumento em importações, mas não conseguem eliminar a tendência. Analisando as exportações, percebe-se o efeito contrário, de forte queda das mesmas, pois o país passa a ter essa produção encarecida. No entanto, nota-se que neste setor, as tarifas de ajustamento não provocam redução ainda maior de competitividade nas exportações, como ocorria nos bens intensivos em energia, por exemplo. Esse resultado indica que o maior aumento na produção doméstica americana na presença de tarifas compensatórias é suficiente não só para compensar os menores volumes de importações como também para sustentar as exportações no mesmo nível que seria observado sem a proteção tarifária compensatória.

Os Gráficos 44 e 45 mostram os resultados deste setor para a Europa. Podemos observar que os mesmo padrões da economia americana se repetem para o bloco europeu. Aumento nas importações, com a tarifa de ajustamento efetivamente ajudando a mitigar este efeito. E queda nas exportações, com ausência de perda maior de competitividade causada pela tarifa de ajustamento de carbono. Na Europa, somente nas décadas finais ocorre um pequeno deslocamento nas exportações, mostrando que a imposição da tarifa chega a fazer com que o setor perca mais em exportações. Esse resultado deve-se à um deslocamento mais forte da produção europeia para o mercado doméstico, diante do menor aumento nas importações.

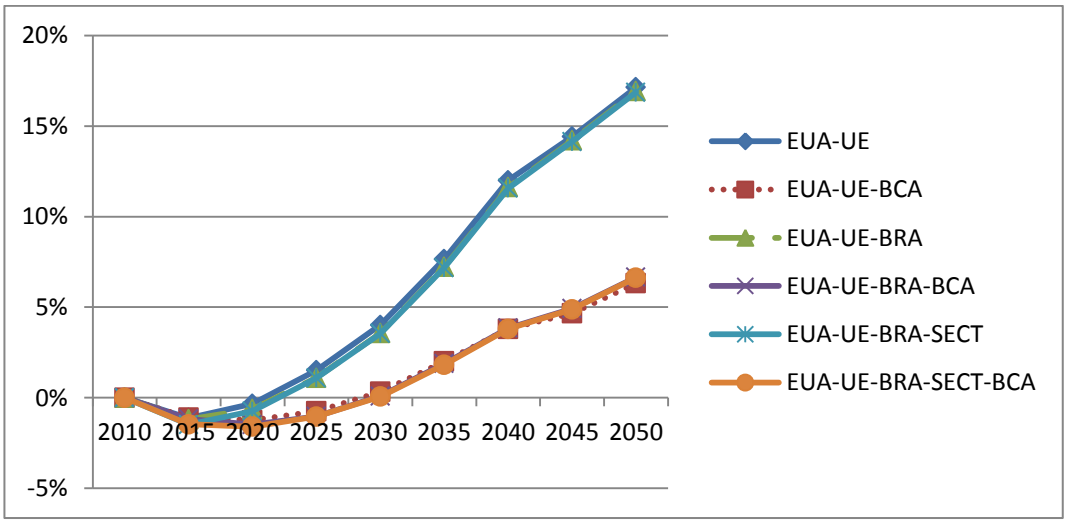

Gráfico 42 – Importações do setor Transportes (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

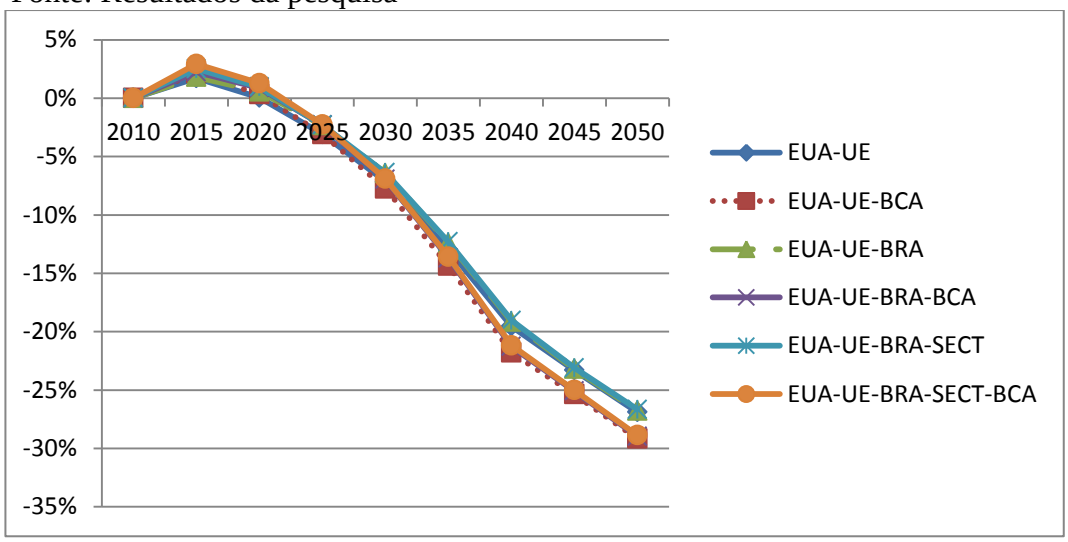

Gráfico 43 – Exportações do setor Transportes (Europa)
Fonte: Resultados da pesquisa

Finalmente, os Gráficos 46 e 47 mostram os resultados obtidos para o Brasil. No Gráfico 45 observamos que a política climática adotada pelos principais países desenvolvidos faz com que a indústria doméstica tenha maior participação na produção nacional, uma vez

que reduz as importações. Por outro lado, quando o país passa a implementar as políticas ambientais ocorre um aumento substancial nas importações, principalmente nos primeiros anos. Isto se deve ao fato do setor estar entre os principais emissores do país, fazendo parte do Plano Nacional de Mudanças Climáticas como grande consumidor de energia.

No caso das políticas setoriais o aumento nas importações é mais expressivo nos primeiros períodos de implementação da política, indicando que a política setorial penaliza relativamente mais esse setor do que outros nesses anos iniciais, já que o aumento em importações seria menos expressivo sob um mercado amplo de carbono. Parte desse resultado deve-se à elevada participação de biocombustíveis nesse setor, o que faz com o que o mesmo seja relativamente menos intensivo em emissões no ano inicial de implementação da política, e portanto, mais impactado negativamente se sujeito à mesma redução de emissões de outros setores mais intensivos em emissões.

O menor aumento em importações ao longo horizonte temporal do modelo indica dois efeitos diferentes. O primeiro, que a queda na atividade econômica diminui a demanda pelos serviços do setor, e o segundo, que a política brasileira tende a se tornar mais branda ao longo do tempo em relação às políticas observadas nos países desenvolvidos.

No que diz respeito às exportações, a adoção de políticas climáticas nos EUA e na UE favorece as exportações brasileiras desse setor, o que indica substituição dos serviços dos países desenvolvidos na oferta mundial de transporte, bem como maiores vendas para esses países. Contudo, a tarifa compensatória de carbono nos países que implementam políticas climáticas é capaz de anular completamente o aumento nas exportações brasileiras. Quando o Brasil adota políticas climáticas, contudo, o setor de transportes é duramente afetado em suas exportações. Os efeitos negativos são maiores nos primeiros períodos no caso da política setorial, como já discutido no caso das importações. Ao longo do tempo, contudo, as quedas nas exportações são gradativamente reduzidas, reflexo da política implementada no modelo de metas de reduções em emissões que se tornam relativamente mais brandas ao longo do tempo em relação às metas dos países desenvolvidos.

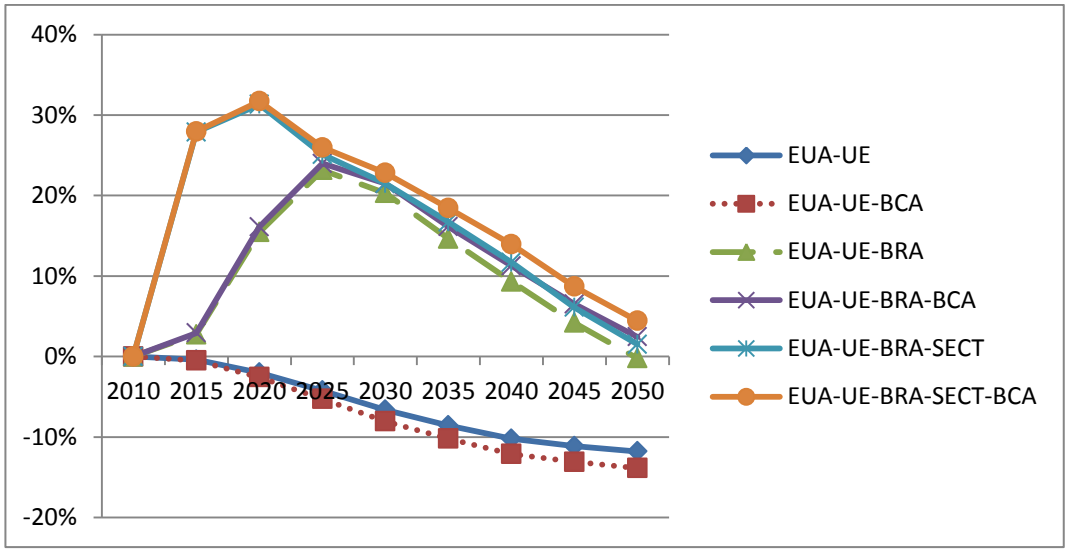

Gráfico 44 – Importações do setor Transportes (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

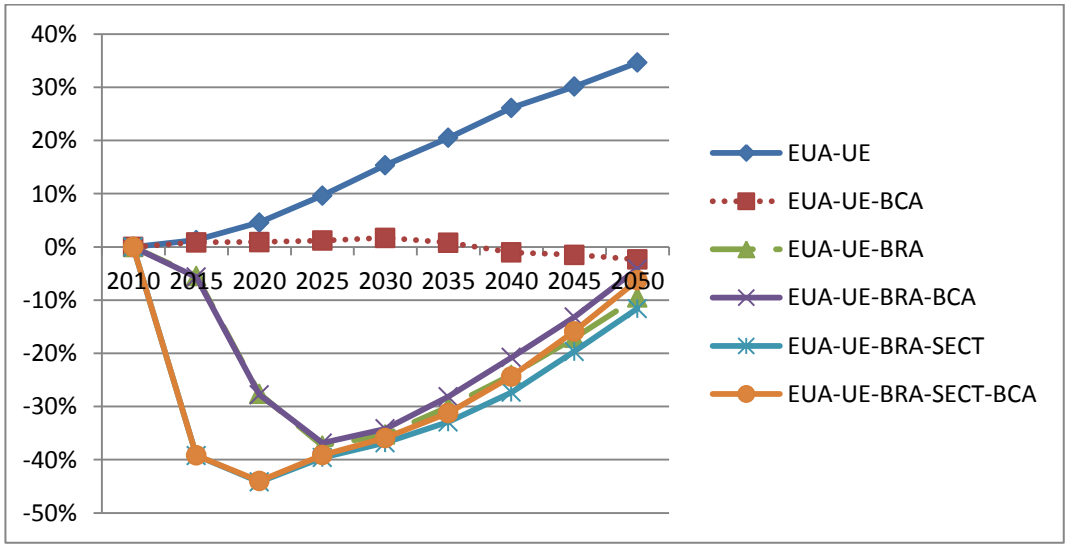

Gráfico 45 – Exportações do setor Transportes (Brasil)
Fonte: Resultados da pesquisa

5 Conclusões

As políticas climáticas são uma realidade no mundo devido às necessidades de cortes de emissões de gases geradores do efeito estufa. O acúmulo destes gases na atmosfera pode ter conseqüências graves para a economia mundial no longo prazo, de forma que um esforço de redução de emissões, mesmo que provoque uma queda no PIB e no bem estar das economias, é desejável.

No presente trabalho foram mensurados os impactos que políticas ambientais aplicadas nos Estados Unidos e na Europa poderiam ter no Brasil. Também foram simulados cenários em que a economia brasileira participaria deste esforço de redução de emissões de carbono, considerando a hipótese de políticas ambientais setoriais e a redução nas emissões de desmatamento como previsto no Plano Nacional de Mudanças Climáticas, bem como a implementação de um mercado de carbono amplo na economia, com comércio de créditos de carbono. Ainda, procurou-se mensurar como tarifas de ajustamento de carbono impostas pelos países desenvolvidos poderiam influenciar nos resultados.

Os resultados encontrados evidenciam que as políticas ambientais afetam negativamente o produto e o bem-estar de todos os países onde é aplicada, como seria esperado. No entanto, nas economias maduras analisadas, a queda não ultrapassa os 3%, enquanto que para o Brasil este número quase atinge os 6%, tanto no PIB quanto no Bem-estar (desvio do PIB em 2050). Esses resultados decorrem em parte da política simulada para o Brasil, mais restritiva em emissões que as políticas aplicadas nos países desenvolvidos na primeira década de implementação. Contudo, evidenciando que os países em desenvolvimento estão sujeitos a consequências mais severas das políticas ambientais do que economias maduras, reforçando a hipótese da necessidade de considerar responsabilidades diferenciadas na definição de metas de reduções em emissões.

A tarifa de ajustamento de carbono mostra-se pouco capaz de fazer com que as quedas em PIB e Bem-estar sejam menores nos Estados Unidos e na União Europeia. Mas a tarifa foi capaz de proteger, em níveis diferentes, os setores agrícolas, intensivos em energia e transportes da concorrência internacional, melhorando o resultado de mudanças em produção destes setores. No entanto, esta mesma tarifa também distorceu os mercados internos daqueles países, fazendo com que os setores menos intensivos em carbono perdessem tanto no valor da produção quanto participação nas exportações mundiais. Dados os efeitos modestos em

termos agregados e nas emissões dos países, conclui-se que as tarifas compensatórias de carbono são um tipo de instrumento de baixa eficácia e efetividade.

A aplicação da tarifa pelos países desenvolvidos, contudo, afeta os países que não implementam políticas climáticas. No cenário em que o Brasil não adota nenhuma política, a tarifa compensatória afeta negativamente a economia e as exportações de diversos setores. Já os cenários em que o país aplica políticas ambientais setoriais se mostraram muito mais danosos para a economia brasileira do que os demais. Tal cenário impacta negativamente todos os setores da economia. Além disso, as políticas setoriais no Brasil também pioram os resultados de bem-estar na Europa e nos Estados Unidos, por conta do aumento dos preços dos alimentos, o que reduziu o consumo destes blocos econômicos.

Analisando os resultados das emissões, percebe-se que o esforço conjunto de cortes em emissões apenas pelo Brasil, EUA e UE não é capaz de frear o crescimento das emissões mundiais. A causa é o aumento acelerado nas emissões das principais economias em desenvolvimento, como México, Rússia, China e Índia.

Este resultado só corrobora a hipótese de que Estados Unidos e Europa, sozinhos, não conseguem atingir as metas de redução de emissões globais. A responsabilidade deve ser estendida a outros países. Além disso, dado o maior impacto que as políticas ambientais tiveram no Brasil, fica bastante claro que as responsabilidades devem ser diferenciadas. Economias maduras podem cortar emissões sem que uma parte substancial do seu PIB seja sacrificada, enquanto os países em desenvolvimento reduzem suas possibilidades de crescimento e de diminuir pobreza e desigualdade se fizessem o mesmo.

Os mecanismos de desenvolvimento limpo e os créditos de carbono podem ser uma alternativa para que as nações menos desenvolvidas consigam crescer com menos emissões de poluentes. Os países desenvolvidos, todos eles, devem buscar fixar e atingir metas de redução em emissões. Os Brics podem também buscar metas mais ousadas. Os resultados ruins para o Brasil podem ter sido por que seus principais concorrentes não estavam implementando políticas ambientais, bem como pelas hipóteses por trás da implementação de um cenário de longo prazo para a política climática nacional, na realidade ainda limitada ao horizonte de 2020. Um futuro estudo incluindo outros importantes emissores, como Japão, Coreia do Sul, Rússia, China e Índia pode contribuir para elucidar essas questões. No entanto, percebe-se, pelo presente estudo, o risco para o Brasil de se engajar em um esforço de redução de metas de emissão sem que todos os Brics e os países desenvolvidos façam o mesmo, uma vez que o resultado para a economia brasileira seria desfavorável do ponto de vista econômico.

A implementação de políticas climáticas setoriais apresentou resultados piores para o Brasil. Esse resultado sugere que políticas definidas setorialmente seriam menos desejáveis no aspecto de custo-efetividade, uma vez que não permitem aproveitar todo o potencial de setores com menores custos de abatimento de gases de efeito estufa. Ainda, a distribuição de metas de reduções de emissões diferenciadas por setor dificilmente atribuiria a cada um deles a parcela desejável de contribuição para a redução total. Dessa forma, afetar os principais setores responsáveis pelas exportações brasileiras não parece ser uma estratégia razoável.

A modernização da nossa agricultura, com a eliminação do desmatamento e da expansão desordenada da fronteira agrícola, principalmente na região norte, podem apresentar resultados mais favoráveis, se um único mercado de emissões for delineado para a economia como um todo. A grande vantagem do país está no fato de que a maior parte de suas emissões vem da expansão desordenada da agricultura, principalmente na Amazônia. Corrigindo este problema, as metas brasileiras podem ser atingidas sem com reduções menos pronunciadas na produção agrícola.

Finalmente, apesar das tarifas de ajustamento de carbono terem poucos efeitos agregados em reverter a perda de competitividade e evitar vazamentos de emissões, percebe-se que possuem relevância em proteger setores intensivos em emissões dos países desenvolvidos. Dessa forma, podem tornar-se um importante elemento no convencimento do empresariado local em direção ao aceite e apoio às políticas climáticas nos países desenvolvidos. Como é mais fácil convencer as indústrias a fazerem um esforço de redução de emissões com proteção alfandegária, corre-se o risco das políticas climáticas aumentarem as barreiras comerciais, principalmente para produtos de países em desenvolvimento, mais relutantes na adoção de cortes em emissões.

Ainda assim, este trabalho não analisa os impactos que ocorreriam na economia dos EUA, EU e Brasil caso a temperatura mundial aumente. Isto é, apesar dos resultados desfavoráveis para as políticas climáticas, não foi feita uma análise contrafactual para discutir se os resultados encontrados ainda seriam melhores do que aqueles que observaríamos caso nada fosse feito e o clima global realmente aumentasse na proporção que estimam os cientistas.

Referências Bibliográficas

ADKINS, L; GARBACCIO, R; MUN, H; MOORE,E; MORGENSTERN,R. Trade Effects and Emissions Leakage Associated with Carbon Pricing Policies IN**:** 14th ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, Venice, Italy, 2011.

BABIKER, M.; JACOBY, H.D. Developing country effects of Kyoto-type emissions restrictions. **MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change**, n.53, out 1999.

BABIKER, M.J; ECKAUS, R.S. Rethinking the Kyoto emissions targets. **MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change**, n. 65, ago 2000.

BÖHRINGER, C.; ALEXEEVA-TALEBI,V. Unilateral Climate Policy and Competitiveness: The Implications of Differential Emission Pricing, **Oldenburger Diskussionspapiere**, V-338-11, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, mar. 2011.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2007**: Ano base 2006. Rio de Janeiro, **Empresa de Pesquisa Energética**, 192p., 2007. (http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=12399&download). Acesso em 14 de junho de 2011.

_____, Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima** (PNMC), Brasília, DF, 2008. 146 p.

CARON, J. Estimating Carbon Leakage and the Efficiency of Border Adjustments in General Equilibrium - Does Sectoral Aggregation Matter? IN**:** 14th ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, Venice, Italy, 2011.

COASE, R. The Problem of Social Costs, **Journal of Law & Economics** n3 p. 1-44, out. 1960.

DIAZ, M. D. C.; SCHWARTZMAN, S. Carbon offsets and land use in the Brazilian Amazon. In: Moutinho, P. e Schwartzman, S. (eds.) **Tropical Deforestation and Climate Change, Environmental Defense Fund**, Washington, DC, USA, p. 93-100, 2005.

DIMARANAN, B.; MCDOUGALL, R. **Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP5 Data Base.** Purdue University, West Lafayette, Indiana, Center for Global Trade Analysis, 2002.

DINIZ, E. M., Lessons from the Kyoto Protocol. **Ambiente & Sociedade**, v. 10 (1), p. 27-38, 2007.

FEIJÓ, T.; PORTO Jr.,S. Protocolo de Quioto e o Bem Estar Econômico no Brasil Uma Análise Utilizando Equilíbrio Geral Computável. **Análise Econômica (UFRGS)**, Porto Alegre, v. 51, p. 127-154, 2009.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; ROCHA, M. T. Avaliação Econômica de Políticas PúblicasVisando Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. IN: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2007, Londrina. **Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, 2007. p. 1-27.

GUILHOTO, J. J.; LOPES, R.;SEROA DA MOTTA, R. Impactos **ambientais e regionais de cenários de crescimento da economia brasileira, 2002-12.** Rio de Janeiro: IPEA, 2002 (Texto para Discussão 892).

HILGEMBERG, E. M.; GUILHOTO, J. J. M. Uso de combustíveis e emissões de CO2 no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. **Nova Economia**, Rio de Janeiro, 16 (1), p. 49-99, 2006.

HUGHES, L.; McMICHAEL, T. The Critical Decade: Climate Change and Health. **Climate Commission Secretariat** (Department of Climate Change and Energy Efficiency). Commonwealth of Australia, 2011.

HURTT, G.C.; FROLKING, S.; FEARON, M.G.; MOORE, B.; SHEVLIAKOVAS, E.; MALYSHEV, S.; PACALA, S.W.; HOUGHTON, R. A. The underpinnings of land-use history: three centuries of global gridded land-use transitions, wood harvest activity and resulting secondary lands. **Global Change Biology**, v 12, p. 1208-1229, 2006.

HYMANN, C. R.; REILLY, J.M.; BABIKER, M.H.; MASIN, A.D.; JACOBY, H.D. Modeling non-CO2 greenhouse gas abatement. **Environmental Modeling and Assessment,** v.8, p. 175-186, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. **Summary for policy makers**, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 2007b. (http://www.ipcc.ch). Acesso em 13 de abril de 2010.

JACOBY, H.D; BABIKER, M.H; PALTSEV, S.; REILLY, J.M. **Sharing the burden of GHG reductions.** MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, n.167, nov 2008.

JACOBY, H.D.; ELLERMAN, A.D. The safety valve and climate policy. **Energy Policy**, 32(4): 481-491, 2004.

JACOBY, H.D.; REINER,D.M. CO2 emissions limits: Economic adjustments and the distribution of burdens. **Energy Journal**, Vol. 18 Issue 3, p. 28-31, 1997.

JEHLE, G.A; RENY, P.J. **Advanced Microeconomic Theory**, 2dn. ed. Addison Wesley, 2000.

JORGENSON, D.W.; GOETTLE, R.J.; WILCOXEN, P.J.; SING HO, M. **The economic costs of a market-based climate policy**. Arlington: The Pew Center on Global Climate Change, White Paper, Apr 2008.

LIMA, E.M.C. **Impactos de políticas climáticas internacionais sobre a economia brasileira**. 2011. Tese (Mestrado) – Faculdade de economia, administração e ciências contábeis –USP, Ribeirão Preto.

LOPES, R.L. **Efeitos de uma restrição na emissão de CO_2 na economia brasileira**. 2003. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, Piracicaba.

MAS-COLLEL, A; WHINSTON, M.D; GREENE, J.R. **Microeconomic Theory**, Oxford University press, EUA, 1995.

METCALF, G.E.; PALTSEV, S; REILLY, J.M.; JACOBY, H.D; HOLAK, J. **Analysis of U.S. greenhouse gas tax proposals**. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, n. 160, abr 2008.

Ministry of foreign affairs of Japan, **G-8 HOKKAIDO SUMMIT 2008**. http://www.mofa.go.jp/policy/environment/warm/coolearth50/initiative.pdf Acesso em: 2 de setembro de 2010.

MOREIRA, H. M., GIOMETTI, A. B. O Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, v. 30 (1), p. 9-47, 2008.

PALTSEV, S.; REILLY, J.M; GURGEL, A.C. **Potential land use implications of a global biofuels industry**. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, n. 155, mar. 2008.

PALTSEV, S.; REILLY, J.M; JACOBY, H.D.; GURGEL, A.C.; METALF, G.E.; SOKOLOV, A.P.; HOLAK, J.F. Assessment of U.S. GHG cap-and-trade proposals. **Climate Policy**, v. 8, p. 395-420, 2008.

PALTSEV, S.; REILLY, J.; JACOBY, H.; ECKAUS, R.; MCFARLAND, J.; SAROFIM, M.; ASADOORIAN, M.; BABIKER, M. **The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model**: Version 4. **MIT** Joint Program on the Science and Policy of Global Change, n. 125, ago 2005.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono**: uma aplicação do modelo CERT. 2003, 196 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, jan 2003.

RUTHERFORD, T.F. Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax. **Computational Economics Kluwer Academic Publishers**. 14**:** 1–46, 1999.

SCHLAMADINGER, B.; BIRD, N.; JOHNS, T; BROWN, S; CANADELL, J; CICCARESE, L. A synopsis of land use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto protocol and Marrakech Accords. **Enviromental Science and Policy**, [Oxford], v. 10,n. 27, p. 1-282, 2007a.

SCHLAMADINGER, B.; JOHNS, T.; CICCARESE, L.; BRAUN, M.; SATO, A.; SENYAZ, A. et al. Options for including land use in climate agreement post-2012: improving the

Kyoto protocol approach**. Enviromental Science and Policy**, [Oxford], v. 10, p. 295-305, 2007b.

SHOVEN, J. B.; WHALLEY, J. **Applying general equilibrium**. 3.Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 299 p.

SOKOLOV, A.P.; STONE, P.H.; FOREST, C.E.; PRINN, R.G.; SAROFIM, M.C.; WEBSTER, M.; PALTSEV, S.; SCHLOSSER, C.A.; KICKLIGHTER, D.; DUTKIEWICZ, S.; Reilly, J.; WANG, C.; FELZER, B.; Jacoby. H.D. **Probabilistic forecast for 21st century climate based on uncertainties in emissions (without policy) and climate parameters**. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, n.169, jan 2009.

SILVA, J.G.D. **Impactos econômicos de políticas de mudança climática na economia brasileira**: um estudo a partir de um modelo de equilíbrio geral computável, 2010. Tese (Mestrado) – Faculdade de economia, administração e ciências contábeis – Ribeirão Preto.

TIETENBERG, T; LEWIS,L: **Enviromental economics and policy**, e.6, Prentice Hall, 2009.

TOURINHO, O.A.F.; DA MOTTA, R.S.; ALVES, Y.L.B. **Uma aplicação ambiental de um modelo de equílibrio geral**. Rio de Janeiro: IPEA, 2003. (Texto para discussão n. 976).

UNITED STATES CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE – **The economics of Climate Change**: A Primer. Abril 2003. http://www.cbo.gov/ftpdocs/41xx/doc4171/04-25-ClimateChange.pdf. Acesso em: 4 de março de 2011.

VARIAN, H.R. **Microeconomic analysis**, 3rd. ed. W. W. Northon & Company, 1992

VIOLA, E. The international regime on climate change and Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol.17 (50), p. 26-46, 2002.

VIOLA, E. O Brasil na arena internacional da mitigação da mudança climática. Rio de Janeiro: **Centro de Estudos de integração e Desenvolvimento**. Jan. 2009. Caderno 44. Disponível em: <http://www.cindesbrasil.org>. Acesso em 23 de Julho de 2010.

_____. Brazil in the context of global governance politics and climate change, 1989-2003. **Ambiente & Sociedade**, vol.7 (1), p. 27-46, 2004.

VIGUIER L., M. BABIKER and J. REILLY, 2003: The costs of the Kyoto Protocol in the European Union. **Energy Policy**, 31(5): 393-483.

WASHINGTON, W. M.; KNUTTI R.; MEEHL G. A.; TENG, H.; TEBALDI H., C.; LAWRENCE, D.; BUJA, L.; STRAND, W.G.: How much climate change can be avoided by mitigation? , **Geophysical. Research Letters**. , *36* , L08703, doi:10.1029/2008GL037074, 2009.

WEITZEL, M.; PETERSON, S. The carbon content of trade: Under border tariff adjustments and a global carbon regime. **Kiel working paper**, 1732, p.20, 2011.

WINCHESTER, N; PALTSEV, S; REILLY J.M. Will border carbon adjustments work? **The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy**, 11(1) (Topics), Article 7. [A], 2011.

YU, CHANG MAN. **Sequestro florestal do carbono no Brasil**: Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas./ Chang Man Yu – São Paulo: Annablume, IEB, 200.

APÊNDICE 1- Dados da Trajetória de Referência do Modelo EPPA e comparações com outras fontes

Tabela 6– Taxas anualizadas de crescimento para algumas regiões, modelo EPPA e FMI.

Países	2004/2005	2005/2012	2010/2015
Brasil-FMI	3,16%	4,37%	4,20%
Brasil-EPPA	13,25%	3,71%	3,85%
EUA-FMI	6,49%	3,01%	4,19%
EUA-EPPA	3,03%	0,92%	3,01%
China-FMI	11,30%	11,18%	9,52%
China-EPPA	4,06%	9,16%	7,74%
Europa-FMI	4,49%	3,39%	4,29%
Europa-EPPA	1,94%	0,59%	1,90%
Emergentes-FMI	19,34%	14,53%	9,78%
Emergentes-EPPA	5,93%	4,98%	4,51%
Desenvolvidos-FMI	4,72%	3,54%	4,08%
Desenvolvidos-EPPA	2,41%	0,77%	2,36%
BRIC-FMI	21,07%	18,37%	11,14%
BRIC-EPPA	6,14%	7,08%	6,48%

Fonte: Resultados do modelo e FMI (2010)

A tabela 6 acima compara as taxas anualizadas de crescimento geradas pelo EPPA com as obtidas pelo FMI em diferentes países e regiões. Os dados do FMI são de 2004 até 2009, de 2010 em diante os dados são previsões feitas pelo órgão. Como os valores estão em US$ existe uma discrepância dos dados do EPPA com os do FMI devido à variação cambial, principalmente no Brasil, na China, nos mercados emergentes e nos BRIC. As estimativas do FMI com as do EPPA para 2010/2015 são mais razoáveis, o que indica que as simulações do EPPA seguem as previsões daquela instituição. Ainda, é preciso fazer uma comparação relacionando a participação de cada país e região no PIB mundial de forma a verificar o ajuste do EPPA à realidade, conforme feito na tabela 7 abaixo.

A tabela nos mostra que o EPPA faz previsões razoavelmente próximas às do FMI, pois as discrepâncias em relação aos dados do FMI são pequenas. Contudo, observa-se que

para os BRIC, China e Brasil, o modelo subestima a participação destes no PIB mundial, enquanto dá um peso maior para Europa e EUA. Percebe-se que o FMI considera uma mudança rápida e brusca na participação dessas diferentes regiões, com crescimento da participação dos países em desenvolvimento e forte declínio da participação dos países desenvolvidos. Dessa forma, as previsões do EPPA são mais conservadoras quanto às mudanças na composição do PIB mundial.

Tabela 7 – Participação no PIB mundial

Países	2004	2005	2010	2015
Brasil-FMI	1,58%	1,95%	3,32%	3,63%
Brasil-EPPA	1,52%	1,67%	1,83%	1,91%
EUA-FMI	28,18%	27,74%	23,30%	21,06%
EUA-EPPA	29,07%	29,02%	27,73%	27,78%
China-FMI	4,59%	4,95%	9,34%	11,78%
China-EPPA	4,57%	4,60%	6,51%	8,17%
Europa-FMI	31,32%	30,26%	25,88%	23,51%
Europa-EPPA	31,88%	31,58%	29,59%	28,08%
Emergentes-FMI	21,59%	23,81%	33,98%	41,09%
Emergentes-EPPA	23,23%	23,84%	27,74%	29,87%
Desenvolvidos-FMI	74,46%	72,08%	62,13%	55,89%
Desenvolvidos-EPPA	76,77%	76,16%	72,26%	10,13%
BRIC-FMI	9,21%	10,36%	17,44%	21,78%
BRIC-EPPA	9,10%	9,35%	12,02%	14,21%

Fonte: Resultados do modelo e FMI (2010)

A tabela 8 abaixo compara as áreas de plantio do EPPA e as obtidas pelo IBGE para o Brasil no ano de 2005. Os dados para a área de cana-de-açúcar foram obtidos da ÚNICA, e refletem a área total de cana-de-açúcar, independente do destino desta, enquanto o EPPA só apresenta a área de cana destinada à produção de etanol. Nesta tabela observa-se que o EPPA parece subestimar a área reservada à pecuária. Isso acontece uma vez que o modelo distingue pastagens plantadas de pastagens naturais, estas últimas sendo incluídas na categoria "Campos e Pastagens Naturais" no EPPA.. Fora isso as estimativas para lavou e cana-de-açúcar estão razoáveis e necessitaram apenas de pequenos ajustes.

Tabela 8 – Áreas de plantio (ha)

Ano base:2005	EPPA	Brasil	Brasil/EPPA
Lavouras	71.669.846,91	76.697.324,00	7,01%
Pecuária	121.078.100,27	177.700.472,00	46,77%
Cana-de-açúcar	2.951.953,19	3.050.000,00	3,32%
Total (lavouras + pecuária)	192.747.947,18	254.397.796,00	31,98%

Fonte: Resultados do modelo, IBGE (2005), Única (2005)

Com relação às áreas de vegetação natural, os dados para o Brasil foram extraídos do Ministério do Meio-Ambiente para 2010, como pode ser visualizado na Tabela 9. A primeira vista chama atenção a discrepância entre "Florestas Plantadas". No entanto, a diferença ocorre porque o modelo EPPA considera todas as áreas de florestas secundárias, como áreas reflorestadas e de regeneração de mata nativa, neste item, enquanto o MMA utiliza apenas as áreas de eucalipto, pinus e outras culturas florestais. Como não foi possível encontrar valores relativos às "Florestas Plantadas" nos dados do Brasil, foi utilizado a estimativa do EPPA sem mudanças. Ainda, a categoria de Caatinga+pampa+pantanal foi interpretada, no caso do EPPA, como a categoria de "Campos e Pastagens Naturais". Dessa forma, acredita-se que parte desta categoria no EPPA equivale a áreas de pastagens na classificação do IBGE, o que reduziria as diferenças entre EPPA e IBGE no que diz respeito às categorias de pastagens e de Caatinga+pampa+pantanal.

Tabela 9 – Áreas de florestas

Ano base:2010	EPPA	Brasil	Brasil/EPPA
Florestas plantadas	50.619.000,00	67.182.500,00	32,72%
Caatinga+pampa+pantanal	92.859.100,03	58.903.042,00	-36,57%
Amazônia + cerrado + mata atlântica	463.157.500,41	450.900.503,00	-2,65%

Fonte: Resultados do modelo, Ministério do Meio Ambiente.

Dados sobre as emissões de CO_2 relativas ao Brasil foram retirados do inventário brasileiro de emissões de 2005 (Tabela 10). A comparação das estimativas do EPPA com os dados brasileiros reflete um bom ajuste do modelo ao inventário brasileiro, com algumas poucas diferenças consideráveis no caso das emissões das residências. As emissões

residenciais apresentam uma diferença maior uma vez que o modelo EPPA desconsidera o uso da lenha como fonte de energia.

Tabela 10 – Emissões brasileiras de CO_2

Ano base: 2005	EPPA	Brasil	Brasil/EPPA
Agropecuária	13.360,58	14.808,00	10,83%
Energia	351.240,01	346.990,00	-1,21%
Transportes	135.282,89	136.155,00	0,64%
Residências	6.681,93	15.429,00	130,91%
Indus. Cimento	14.518,76	14.349,00	-1,17%
Desmatamento	1.253.171,00	1.202.134,00	-4,07%
Combustíveis Fósseis + Agr.	366.057,65	333.077,00	-9,01%
Combustíveis Fósseis + Ind. + Agr.	380.576,41	358.515,00	-5,80%
CO2 Total	1.633.757,62	1.574.562,00	-3,62%

Fonte: Resultados do Modelo, EPE (2005)

A tabela 11 apresenta o total de gases de efeito estufa estimado pelo EPPA para o Brasil. O mesmo se ajusta razoavelmente bem aos dados do inventário brasileiro de emissões para o ano de 2005. O Modelo EPPA sobre-estima as emissões da agropecuária e do uso de energia, contudo, não apresenta emissões de tratamentos de resíduos, o que compensa o excesso de emissões naqueles setores.

Tabela 11 – Emissões Totais de gases do efeito estufa em mil toneladas de CO_2 equivalente

Ano base:2005	EPPA	Brasil	Brasil/EPPA
Agropecuária	633.131,45	480.945,00	-24,04%
Energia	445.720,18	362.032,00	-18,78%
Indústrias	36.944,24	37.097,00	0,41%
Mudanças no uso da terra	1.253.171,00	1.267.889,00	1,17%
Tratamentos de resíduos	-	48.945,00	-
Gases Totais	2.332.022,63	2.196.908,00	-5,79%

Fonte: Resultados do Modelo, EPE (2005)

Tabela 12 – Desagregação setorial EPPA

Agricultura	Outros	EINT	Transportes	Serviços
Arroz	Minerais	Papel e celulose	Rodoviário e ferroviário	Comércio
Trigo	Carne	Química - Borracha - Plásticos	Hidroviário	Comunicações
Cereais	Produtos derivados de carne	Mineração	Aeroviário	Serviços Financeiros
Vegetais, frutas e nozes	Óleos vegetais e gorduras	Metais ferrosos	-	Seguros
Sementes oleaginosas	Laticínios	Metais	-	Negócios
Cana de açúcar	Arroz processado	Produtos metálicos	-	Entretenimento
Fibras vegetais	Açúcar	-	-	Administração Pública
Plantações	Alimentos	-	-	-
Cavalos	Bebidas e cigarros	-	-	-
Produtos de origem animal	Têxteis	-	-	-
Leite	Vestuário	-	-	-
Seda	Produtos de couro	-	-	-
Florestas	Produtos de madeira	-	-	-
Pescados	Autopeças e motores	-	-	-
-	Equipamentos de transporte	-	-	-
-	Equipamentos eletrônicos	-	-	-
-	Máquinas e equipamentos	-	-	-
-	Manufaturas	-	-	-
-	Água	-	-	-
-	Construção	-	-	-
-	Imóveis	-	-	-

APÊNDICE 2- Tabelas de tarifas compensatórias dos EUA e da Europa

Tabela 13 - Tarifas compensatórias dos EUA (2020 a 2050)

2020	Agri	EINT	ELEC	Alim.	Flores.	Pec.	Outros	Petr.	Serv.	Tran.
AFR	18,5	1,9	38,6	3,8	0,2	18,4	1,7	14,8	0,1	3,4
ANZ	7,3	1,8	23,8	11,1	0,6	9,1	2,2	8,7	0,0	1,8
ASI	11,3	3,6	19,0	3,0	3,1	4,5	2,1	7,3	0,1	3,1
BRA	34,6	2,3	1,2	9,0	0,6	29,3	1,8	7,4	0,0	5,7
CAN	4,6	1,1	12,5	3,8	0,3	4,3	0,2	8,3	0,1	3,7
CHN	11,9	4,9	57,2	4,8	1,2	5,4	3,9	18,5	0,1	1,5
EUR	6,6	1,7		5,0	0,3	0,2	1,7	2,1		
IND	6,5	3,3	33,1	2,8	0,0	16,2	4,0	7,8	0,1	1,4
JPN	3,4	2,6	5,7	5,9	0,7	2,1	1,7	11,9	0,0	0,9
LAM	11,9	2,0	14,4	7,6	0,6	13,5	6,0	6,9	0,1	3,3
MES	4,5	7,0	25,1	8,9	0,1	3,4	1,5	11,7	0,2	5,8
MEX	3,2	1,0	20,8	2,9	0,2	5,8	0,1	10,4	0,1	5,4
REA	17,4	7,2	19,3	1,3	0,2	11,2	11,2	7,1	0,4	2,3
ROE	32,3	4,1	22,7	7,6	0,6	6,9	6,2	13,9	0,6	2,1
RUS	13,0	3,4	43,0	2,0	1,6	7,3	4,3	11,2	0,3	5,4

2030	Agri	EINT	ELEC	Alim.	Flores.	Pec.	Outros	Petr.	Serv.	Tran.
AFR	39,9	4,9	114,8	4,0	0,5	46,3	2,1	43,6	0,3	8,6
ANZ	16,1	2,8	68,8	11,3	1,3	21,5	2,3	23,8	0,1	4,6
ASI	24,3	5,8	51,6	3,3	32,4	11,5	2,3	18,0	0,2	7,9
BRA	53,7	4,6	0,0	9,2	1,6	66,5	1,9	20,1	0,0	14,3
CAN	10,2	2,7	42,4	3,9	0,9	10,3	0,4	25,5	0,3	9,2
CHN	24,3	7,5	159,2	5,4	1,9	12,9	4,8	52,1	0,3	3,7
EUR	6,6	1,7		5,0	0,3	0,2	1,7	2,1		
IND	10,7	6,7	96,3	3,3	0,0	37,8	4,5	20,4	0,1	3,2
JPN	4,5	3,5	16,6	6,0	1,3	4,8	1,8	34,7	0,1	2,1
LAM	26,8	4,9	43,3	7,9	1,3	32,8	6,2	19,6	0,2	8,3
MES	11,3	17,3	73,4	9,7	0,3	9,6	2,1	34,5	0,4	15,0
MEX	7,3	2,6	62,0	3,0	0,7	14,6	0,4	35,1	0,1	14,9
REA	41,9	15,6	58,3	1,7	0,3	27,7	11,8	20,2	0,8	5,6
ROE	38,7	9,5	73,1	8,1	1,3	16,3	6,8	40,2	1,4	5,4
RUS	18,3	8,2	127,6	2,4	4,1	17,6	4,7	32,7	0,7	14,4

2040	Agri	EINT	ELEC	Alim.	Flores.	Pec.	Outros	Petr.	Serv.	Tran.
AFR	54,2	6,9	182,9	4,1	0,7	65,7	2,3	73,5	0,4	11,7
ANZ	21,5	3,4	107,4	11,4	1,8	28,9	2,4	38,7	0,1	6,2
ASI	34,0	7,2	76,9	3,5	64,9	16,7	2,5	28,5	0,3	11,1

BRA	65,1	6,2	0,0	9,3	2,4	87,2	2,0	33,2	0,1	19,9
CAN	13,5	3,7	73,9	3,9	1,2	13,7	0,5	41,7	0,4	12,6
CHN	32,2	8,6	235,0	5,6	2,3	17,8	5,6	80,0	0,4	4,7
EUR	6,6	1,7		5,0	0,3	0,2	1,7	2,1		
IND	13,8	8,7	149,7	3,6	0,0	53,8	5,0	32,4	0,2	4,2
JPN	5,1	4,0	26,5	6,1	1,8	6,4	1,8	57,2	0,1	2,9
LAM	34,6	6,9	72,0	8,0	1,8	43,2	6,3	32,9	0,3	11,4
MES	15,1	24,7	116,8	10,3	0,4	13,1	2,5	59,1	0,6	21,4
MEX	9,6	3,8	99,9	3,1	0,8	19,9	0,7	62,5	0,2	22,2
REA	59,2	20,4	90,0	1,9	0,4	39,3	12,2	32,0	1,0	7,3
ROE	42,5	13,3	122,9	8,5	1,8	21,6	7,2	67,2	1,9	7,7
RUS	21,6	12,0	202,4	2,6	6,0	23,6	4,9	54,7	1,0	21,4

2050	**Agri**	**EINT**	**ELEC**	**Alim.**	**Flores.**	**Pec.**	**Outros**	**Petr.**	**Serv.**	**Tran.**
AFR	72,4	9,4	280,3	4,2	1,0	90,9	2,6	120,7	0,5	15,7
ANZ	28,4	4,2	162,4	11,5	2,5	38,1	2,5	61,3	0,1	8,3
ASI	48,0	9,0	112,8	3,8	128,4	24,1	2,7	44,7	0,4	14,9
BRA	83,1	8,2	0,0	9,4	3,3	120,0	2,1	53,3	0,1	27,0
CAN	17,9	4,8	121,8	3,9	1,8	17,9	0,6	65,8	0,5	16,6
CHN	45,0	9,7	335,2	5,8	3,0	25,9	6,8	119,2	0,4	5,7
EUR	6,6	1,7		5,0	0,3	0,2	1,7	2,1		
IND	18,1	11,1	226,3	3,9	0,0	76,1	5,7	50,2	0,2	5,2
JPN	6,0	4,7	41,2	6,2	2,4	8,6	1,8	91,6	0,2	3,9
LAM	44,8	9,4	117,4	8,2	2,5	57,5	6,5	53,4	0,4	15,2
MES	20,4	34,6	180,4	11,0	0,6	18,2	3,0	98,5	0,8	29,6
MEX	14,0	5,3	154,7	3,2	1,0	30,2	1,1	106,4	0,2	32,2
REA	84,3	25,8	133,8	2,1	0,6	56,3	12,6	48,2	1,1	9,3
ROE	47,7	18,3	193,8	9,1	2,5	28,6	7,7	108,7	2,6	10,5
RUS	25,9	17,2	313,5	3,0	8,9	31,6	5,3	88,9	1,4	30,8

Tabela 14 - Tarifas compensatórias da Europa (2020 a 2050)

2020	**Agri**	**EINT**	**ELEC**	**Alim.**	**Flores.**	**Pec.**	**Outros**	**Petr.**	**Serv.**	**Tran.**
AFR	6,5	0,6	10,2	20,2	0,2	5,9	0,2	4,4	0,0	0,9
ANZ	6,5	1,4	6,3	22,1	3,3	2,8	1,1	2,8	0,0	0,5
ASI	9,8	2,2	5,0	17,1	1,3	3,4	2,4	2,6	0,0	0,8
BRA	14,5	1,5	0,3	41,6	0,4	13,4	1,2	1,5	0,0	1,5
CAN	9,4	1,1	3,3	18,8	2,1	6,7	1,3	5,2	0,0	1,0
CHN	27,7	3,6	15,1	17,9	1,0	2,3	3,9	4,8	0,0	0,4
IND	9,3	1,2	8,7	16,9	1,1	8,0	4,3	1,7	0,0	0,4
JPN	6,7	2,6	1,5	13,1	0,4	3,2	3,8	3,4	0,0	0,2
LAM	30,1	0,6	3,8	16,5	1,3	11,3	0,3	1,9	0,0	0,9
MES	5,4	2,5	6,6	15,4	1,7	2,2	0,7	4,1	0,0	1,5
MEX	16,5	0,3	5,5	6,1	0,8	17,2	0,2	2,8	0,0	1,4
REA	9,3	2,2	5,1	11,7	0,1	4,9	3,9	1,7	0,1	0,6

ROE	6,3	1,6	6,1	21,2	0,3	2,2	0,8	3,6	0,2	0,6
RUS	21,1	1,9	11,4	10,1	0,4	3,8	0,9	5,4	0,1	1,4
USA	10,2	1,7		17,7	1,0	4,1	1,6	1,7		

2030	**Agri**	**EINT**	**ELEC**	**Alim.**	**Flores.**	**Pec.**	**Outros**	**Petr.**	**Serv.**	**Tran.**
AFR	18,8	2,3	51,7	20,3	0,4	21,9	0,4	19,9	0,1	3,9
ANZ	11,6	1,9	31,0	22,2	3,7	10,0	1,2	11,0	0,0	2,1
ASI	17,2	3,5	23,2	17,3	15,1	7,3	2,5	8,4	0,1	3,6
BRA	25,7	2,8	0,0	41,7	0,9	35,5	1,2	8,4	0,0	6,4
CAN	12,6	2,0	19,1	18,8	2,4	10,2	1,4	14,5	0,1	4,1
CHN	35,0	5,2	71,7	18,3	1,4	6,6	4,3	23,3	0,1	1,7
IND	11,8	3,1	43,4	17,2	1,1	20,6	4,5	8,6	0,1	1,4
JPN	7,3	3,0	7,5	13,2	0,7	4,7	3,8	15,7	0,0	1,0
LAM	38,8	2,3	19,5	16,6	1,7	22,5	0,4	8,7	0,1	3,7
MES	9,3	8,2	33,1	15,9	1,8	5,6	1,0	16,1	0,2	6,8
MEX	18,9	1,2	27,9	6,1	1,0	22,3	0,3	15,8	0,1	6,7
REA	23,3	6,9	26,3	11,9	0,2	14,3	4,3	8,8	0,3	2,5
ROE	9,9	4,7	33,0	21,5	0,7	7,7	1,1	17,8	0,6	2,4
RUS	24,1	4,6	57,5	10,3	1,8	9,7	1,1	16,8	0,3	6,5
USA	10,2	1,7		17,7	1,0	4,1	1,6	1,7		

2040	**Agri**	**EINT**	**ELEC**	**Alim.**	**Flores.**	**Pec.**	**Outros**	**Petr.**	**Serv.**	**Tran.**
AFR	39,4	5,1	133,7	20,5	0,7	49,1	0,7	53,5	0,3	8,6
ANZ	19,7	2,8	78,5	22,3	4,4	21,3	1,3	28,2	0,1	4,6
ASI	30,2	5,6	56,2	17,6	47,9	14,2	2,7	20,6	0,2	8,1
BRA	43,3	5,0	0,0	41,9	1,9	69,1	1,3	23,1	0,0	14,5
CAN	17,7	3,5	54,0	18,9	2,9	15,6	1,6	33,5	0,3	9,2
CHN	46,6	7,3	171,8	18,8	2,0	13,8	5,3	58,1	0,3	3,4
IND	16,1	6,2	109,4	17,7	1,1	42,6	5,1	22,7	0,1	3,0
JPN	8,3	3,8	19,4	13,3	1,4	7,2	3,9	41,7	0,1	2,1
LAM	51,7	5,1	52,7	16,8	2,3	39,3	0,6	23,5	0,2	8,3
MES	15,1	18,3	85,4	16,7	2,0	10,8	1,6	43,3	0,4	15,7
MEX	22,5	2,8	73,0	6,2	1,3	30,2	0,6	45,7	0,1	16,2
REA	47,3	14,4	65,8	12,3	0,4	30,4	4,9	22,8	0,7	5,4
ROE	15,8	9,9	90,0	22,1	1,4	16,1	1,7	48,3	1,4	5,6
RUS	29,0	9,6	148,0	10,6	4,4	19,1	1,4	41,7	0,7	15,7
USA	10,2	1,7		17,7	1,0	4,1	1,6	1,7		

2050	**Agri**	**EINT**	**ELEC**	**Alim.**	**Flores.**	**Pec.**	**Outros**	**Petr.**	**Serv.**	**Tran.**
AFR	55,3	7,3	215,3	20,6	0,9	70,9	1,0	92,5	0,4	12,1
ANZ	25,7	3,5	124,8	22,4	5,0	29,5	1,4	47,0	0,1	6,4
ASI	42,0	7,2	86,7	17,8	99,1	20,5	2,9	34,0	0,3	11,5
BRA	58,8	6,8	0,0	42,0	2,8	97,6	1,4	39,8	0,1	20,7
CAN	21,5	4,5	93,6	18,9	3,4	19,3	1,8	53,6	0,4	12,8
CHN	57,5	8,4	257,5	18,9	2,6	20,6	6,3	91,2	0,3	4,4

IND	19,7	8,3	173,9	17,9	1,1	61,7	5,7	37,6	0,2	4,0
JPN	9,1	4,4	31,7	13,3	1,9	9,1	3,9	70,2	0,2	3,0
LAM	60,8	7,2	90,2	17,0	2,9	51,8	0,8	40,5	0,3	11,7
MES	19,6	26,8	138,6	17,3	2,1	15,2	2,1	75,7	0,6	22,8
MEX	26,3	4,1	118,9	6,3	1,5	38,9	0,9	81,8	0,2	24,7
REA	68,8	19,2	102,8	12,5	0,5	44,9	5,2	36,3	0,9	7,1
ROE	20,3	14,2	149,0	22,5	2,0	22,2	2,1	82,6	2,0	8,1
RUS	32,8	14,0	240,9	10,9	6,8	26,1	1,7	69,9	1,1	23,7
USA	10,2	1,7		17,7	1,0	4,1	1,6	1,7		