

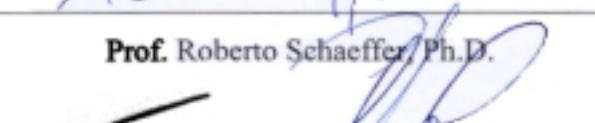
**MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: IMPACTOS DA
ESPECIALIZAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA SOBRE O USO DE
ENERGIA E AS EMISSÕES DE CARBONO DO PAÍS**

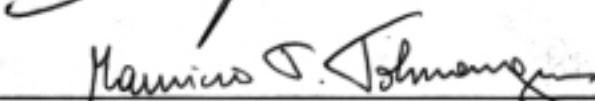
Giovani Vitória Machado

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:


Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.


Prof. Luiz Pingueili Rosa, D.Sc.


Prof. Maurício Tiomno Tolmasquim, D.Sc.


Prof. Roberto Olinto Ramos, D.Sc.


Prof. Luciana Togeiro de Almeida, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
ABRIL DE 2002

MACHADO, GIOVANI VITÓRIA

Meio Ambiente e Comércio Exterior:
Impactos da Especialização Comercial
Brasileira sobre o Uso de Energia e as
Emissões de Carbono do País [Rio de
Janeiro] 2002.

VIII, 184 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,
D.Sc. Planejamento Energético, 2002)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Meio Ambiente
2. Comércio Exterior
3. Energia Embutida
4. Carbono Embutido

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

À minha esposa, Valéria, por estar a meu lado mesmo em momentos em que eu, absorto, parecia não estar ao seu.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto Schaeffer, meu orientador e amigo, pelo estímulo ao desenvolvimento desta pesquisa, pelas sugestões e críticas que a enriqueceram, pelo incentivo e pelo apoio ao meu estágio de pesquisa no Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) nos EUA, que tanto acrescentou a este trabalho, e, principalmente, por tudo que me ensinou nestes oito anos e meio de convívio ao longo de meus cursos de mestrado e doutorado.

Ao Dr. Ernst Worrell, meu orientador no LBNL, pelas sugestões e críticas no desenvolvimento desta pesquisa enquanto me encontrava no exterior. Sobretudo, por se mostrar sempre acessível e disposto a discutir meu trabalho e pelo apoio nos momentos difíceis.

À equipe do LBNL, sobretudo, ao Dr. Mark Levine, ao Dr. Jayant Sathaye e à Sra. Lynn Price, pela oportunidade única de trabalhar e conviver em um instituto de pesquisa de excelência internacional e pela infra-estrutura que me foi fornecida.

À Fundação CAPES pelo apoio financeiro para a realização de meu doutoramento no âmbito dos Programas Institucional de Doutorado no Brasil (09/96-08/98 e 10/99-08/00) e CAPES/FULBRIGHT de Cooperação Científica Brasil-EUA (10/98-09/99).

À Comissão FULBRIGHT pelo apoio financeiro e institucional para a realização do estágio para o desenvolvimento de pesquisa (doutorado-sanduíche) nos EUA no âmbito do Programa CAPES/FULBRIGHT de Cooperação Científica Brasil-EUA

À minha esposa, Valéria, por tudo; companheirismo, compreensão, paciência, estímulo, apoio (não raro, financeiro) e carinho. Sem sua presença a meu lado, esta empresa teria sido certamente mais árdua.

Aos meus familiares pelo apoio e pelo estímulo.

Aos meus amigos pelos incentivos e pela paciência com que ouviram minhas longas digressões sobre o tema. Em especial, a Márcio Macedo da Costa, amigo e interlocutor, que foi “forçado”, em nosso exílio voluntário em Berkeley (CA, EUA), a tolerar minhas angústias teóricas e partilhar minhas dúvidas metodológicas, e que, de volta ao Rio de Janeiro, não consegui escapar de prolongadas discussões teóricas sobre o conceito de entropia; e, a Alexandre Salem Szklo e a Claude Cohen, que também jamais esquivaram-se às oportunidades de discutir minhas idéias.

Aos professores e funcionários do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, minha casa. Em especial, aos Professores Roberto Schaeffer, Luiz Pingueli Rosa, Maurício Tolmasquim e Rafael Schechtman, com os quais interagi mais estreitamente e tanto aprendi, e aos funcionários Simone, Maria, Sandra, Paulo, Rita e Mônica, pela simpatia e eficiência com que sempre atenderam meus pedidos na secretaria e na biblioteca.

Ao Dr. Rafael Schechtman, da Agência Nacional do Petróleo, pelas concessões e flexibilidades em meu horário de trabalho que me permitiram concluir esta pesquisa.

À equipe do DECNA/IBGE, em especial à Sra. Dione Conceição de Oliveira e ao Dr. Roberto Olinto Ramos, pelas informações adicionais e explicações sobre as matrizes de insumo-produto do Brasil, que me permitiram aprimorar este trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Frieckman Young pelas sugestões relevantes e construtivas proferidas em meu exame de qualificação.

A todos aqueles que, enfim, colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D. Sc.)

**MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: IMPACTOS DA
ESPECIALIZAÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA SOBRE O USO DE ENERGIA E
AS EMISSÕES DE CARBONO DO PAÍS**

Giovani Vitória Machado

Abril/ 2002

Orientador: Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

Todos os bens e serviços produzidos em uma economia estão direta e/ou indiretamente associados ao uso de energia e, de acordo com a fonte, às emissões de Dióxido de Carbono (CO₂). O comércio exterior é um fator fundamental na conformação da estrutura industrial de um país e, por conseguinte, afeta seu uso de energia e suas emissões de CO₂. Este estudo avalia os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de CO₂ por parte da economia brasileira. Um modelo de insumo-produto em unidades híbridas (produtos energéticos em unidades físicas e produtos não-energéticos em unidades monetárias) em formato produto-por-atividade é aplicado à economia brasileira nos anos 1985, 1990 e 1995. Coeficientes totais de intensidade energética primária e de carbono são estimados e aplicados às exportações e às importações do Brasil para se avaliar a energia e o carbono embutidos no comércio exterior do país. Os resultados mostram que o Brasil é não apenas exportador líquido de energia e carbono embutidos nos produtos não-energéticos transacionados internacionalmente pelo país no período 1985-1995, mas também que cada dólar auferido com as exportações embutem consideravelmente mais energia e carbono do que cada dólar dispendido com as importações. Tais resultados sugerem que os formuladores de política do Brasil devem atentar para os impactos extras que a política comercial pode ter sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país no futuro.

Abstract of thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor of Science (D. Sc.)

**ENVIRONMENT AND INTERNATIONAL TRADE: IMPACTS OF THE TRADE
SPECIALIZATION OF BRAZIL ON ITS ENERGY USE AND CARBON
EMISSIONS**

Giovani Vitória Machado

April/ 2002

Advisor: Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning Program

All goods and services produced in an economy are directly and/or indirectly associated to energy use and, according to the type of fuel, to Carbon Dioxide (CO₂) emissions. Foreign trade is a major factor in shaping the industrial structure of a country and, consequently, in affecting country's energy use and CO₂ emissions. This study evaluates the impacts of foreign trade on the energy use and CO₂ emissions of the Brazilian economy. A commodity-by-industry IO model in hybrid units (energy commodities in physical unit and non-energy commodities in monetary unit) is applied to the Brazilian economy for the years 1985, 1990 and 1995. Total primary energy- and carbon-intensity coefficients by commodity are derived and applied to the exports and imports of Brazil to appraise the energy and carbon embodied in the non-energy foreign commerce of the country. The general picture is that Brazil is not only a net exporter of energy and of carbon embodied in the non-energy goods internationally traded by the country in the 1985-1995 period, but also that each dollar earned with exports embodied much more energy and carbon than each dollar spent on imports. These findings suggest that Brazilian policy-makers should be concerned about the extra impacts international trade policy may have on energy use and carbon emissions of the country in the future.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: CONCEITOS, ARGUMENTOS E EVOLUÇÃO INSTITUCIONAL	14
2.1 MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: CONCEITOS E ARGUMENTOS	14
2.2 MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: EVOLUÇÃO INSTITUCIONAL.....	51
3. ENERGIA E CARBONO EMBUTIDOS NO COMÉRCIO EXTERIOR: CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	63
3.1 TÉCNICAS DE INSUMO-PRODUTO NA AVALIAÇÃO DE ENERGIA E POLUENTES EMBUTIDOS NO COMÉRCIO INTERNACIONAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	63
3.2 FUNDAMENTOS E FORMALIZAÇÃO DO MODELO DE INSUMO-PRODUTO EM UNIDADES HÍBRIDAS ...	74
3.3 PROCEDIMENTOS E PREPARAÇÃO DE DADOS	83
3.4 APÊNDICE: FORMULAÇÃO DO MODELO DOS IMPACTOS TOTAIS DOS COEFICIENTES DIRETOS SOBRE A MATRIZ INVERSA DE LEONTIEF	89
4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRO SOBRE O USO DE ENERGIA E AS EMISSÕES DE CARBONO DO PAÍS	93
4.1 COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRO EM 1985, 1990 E 1995: BENS ENERGÉTICOS E NÃO-ENERGÉTICOS	93
4.2 ENERGIA EMBUTIDA NAS EXPORTAÇÕES E NAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS EM 1985, 1990 E 1995	107
4.3 CARBONO EMBUTIDO NAS EXPORTAÇÕES E NAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS EM 1985, 1990 E 1995	117
4.4 IMPLICAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS.....	125
5. TÓPICOS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS E RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS	130
5.1 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	130
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS	134
6. CONCLUSÃO.....	150
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	163

1. INTRODUÇÃO

O debate acerca da questão meio ambiente¹ e comércio exterior não é exatamente novo. Na verdade, o marco da introdução desse tema na agenda política internacional é a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972 (PEARSON, 1993; SOROOS, 1999). Em meio à crescente conscientização científica e social sobre a questão ambiental, o comitê de organização da Conferência de Estocolmo, como ficou conhecida, convidou, no início dos anos 70, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio Exterior (GATT) a apresentarem contribuições sobre o tema comércio exterior e meio ambiente na Conferência em 1972.

Desde então, o espaço ocupado pelo tema comércio exterior-meio ambiente nas agendas internacionais política e científica tem se ampliado progressivamente. Em particular, deve-se mencionar a importância do tópico energia e comércio exterior nas discussões acadêmicas e políticas a partir dos choques do petróleo nos anos 70, como parte da estratégia de “desmaterialização” das economias desenvolvidas (STROUT, 1985; WILLIAMS, LARSON e ROSS, 1987; AYRES, 1996; YANG, 1998)².

A relevância do tema na agenda internacional foi definitivamente corroborada em decisão firmada pelo GATT no Ato Final da Rodada do Uruguai em 1994, em Marrakech (WTO, 1999). A Decisão de Marrakech sobre Comércio e Meio Ambiente definiu que a Organização Mundial do Comércio (OMC), estrutura multilateral a ser instituída na conclusão do Acordo (GATT), estabelecesse um comitê específico sobre o tema em sua primeira reunião. A criação do Comitê de Comércio Exterior e Meio Ambiente (CTE) da OMC, em janeiro de 1995, é o reconhecimento formal da

¹ Por meio ambiente considera-se não apenas os ecossistemas *strictu sensu* (expressos nas cadeias tróficas), mas o próprio ambiente natural onde suas relações e interrelações se estabelecem e seus componentes geofísicos. Em outras palavras, quando se refere a impactos sobre o meio ambiente está-se referido tanto à exploração de recursos naturais (geofísicos e biológicos – inclusive recursos energéticos), quanto à degradação do ambiente natural (geração de resíduos e poluição) e seus efeitos sobre os ecossistemas.

² Por “desmaterialização” entende-se o processo de redução relativa dos volumes físicos de energia e materiais requeridos por um dado país para gerar uma unidade de produto econômico (YANG, 1998).

necessidade de uma estrutura institucional relacionada ao tema de maior porte no interior do sistema internacional de comércio. Até então, o assunto era abordado em grupos de trabalho, cujos mandatos eram bastante limitados.

De fato, ao longo das décadas de 70 e 80, vários acordos multilaterais em meio ambiente (MEAs), com implicações potenciais para o comércio exterior, foram negociados ao largo do sistema internacional de comércio. Os exemplos mais eminentes são as negociações que resultaram na Convenção sobre Comércio Exterior de Espécies Nativas de Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção em 1973, no Protocolo para a Proteção da Camada de Ozônio da Terra em 1987 e na Convenção sobre o Controle de Movimentação Transfronteiriças de Resíduos Perigosos e seu Armazenamento em 1989 (OECD, 1997a, 1997b e 1998).

Se o debate, científico e político, não é propriamente novo, a preocupação com uma abordagem mais abrangente, completa e sistemática do tema é sim um fenômeno recente. Em parte devido à sua complexidade, até os anos 90, a discussão, científica e política, sobre comércio exterior e meio ambiente ocorria geralmente de forma pulverizada, enfocando, isoladamente, pontos específicos do problema. Os MEAs, cujos focos são precisos, são exemplos da abordagem restrita na agenda política internacional. Outros pontos, então, abordados isoladamente na pesquisa científica e nas negociações políticas internacionais são: subsídios às exportações (madeiras nobres, pesca, produtos agrícolas etc.), explícitos ou implícitos (*ecodumping*), versus preservação ambiental; padrões e normas ambientais (*ecolabeling* etc.) versus competitividade industrial; “neoprotecionismo ambiental” (“protecionismo verde”) versus regulação ambiental; e comércio, crescimento econômico e qualidade ambiental (curva de Kuznets ambiental), migração de indústrias intensivas em degradação ambiental (exploração de recursos naturais e geração de poluição) para países em desenvolvimento (*pollution havens*) etc.

Abordagens restritas não são *per se* o problema, antes são a base de uma abordagem mais abrangente e sistemática. Todavia, resultados de estudos específicos, com evidências parciais sobre o problema, foram usados para fazer assertivas genéricas, e pretensamente definitivas, como: “o comércio exterior é bom para o meio ambiente”

ou, inversamente, “o comércio exterior é ruim para o meio ambiente” (NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; THE ECONOMIST, 1999). Na verdade, o impacto líquido do comércio exterior sobre o meio ambiente é um resultado empírico (conjuntural), fruto da contraposição de impactos positivos e negativos, que depende das escolhas de cada país. Daí a dificuldade de se formular teorias e se prescrever soluções inequívocas sobre esse tema e a complexidade das negociações nessa área.

Mais especificamente, pode-se dizer que o impacto líquido do comércio exterior sobre o meio ambiente é o saldo da contraposição de três efeitos básicos: atividade ou escala, estrutura e técnico (GROSSMAN e KRUEGER, 1991; OECD, 1997c; JONES, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

O efeito-atividade ou escala relaciona-se aos estímulos que o comércio exterior confere ao crescimento econômico (escala de atividade econômica), o qual impacta negativamente o meio ambiente (aumenta a degradação ambiental). Deve-se observar que, quando um país é enfocado estática e isoladamente, as importações impactam positivamente o meio ambiente (reduz a degradação ambiental), enquanto as exportações impactam negativamente o meio ambiente (aumenta a degradação ambiental). Todavia, numa abordagem dinâmica e abrangente, *ceteris paribus*, o efeito-atividade é sempre positivo, pois, por um lado, as importações têm que ser “pagas” pelas exportações do país em questão em algum momento no tempo e, por outro, as importações de um dado país são exportações de outro país.

O efeito-estrutura refere-se a mudanças na estrutura econômica derivadas da especialização comercial. O efeito-estrutura pode acarretar em impactos positivos ou negativos sobre o meio ambiente em função da especialização comercial do país. Quando a especialização ocorre em favor de atividades com menor potencial de degradação ambiental, o efeito estrutura impacta positivamente o meio ambiente (reduz a degradação ambiental). Alternativamente, quando a especialização privilegia atividades com maior potencial de degradação ambiental, o efeito-estrutura impacta negativamente o meio ambiente (aumenta a degradação ambiental).

Finalmente, o efeito-técnico diz respeito à promoção da eficiência produtiva da economia induzida pelo comércio exterior (competição, tecnologia de ponta etc.), o qual impacta positivamente o meio ambiente (reduz a degradação ambiental)³.

Assim, é preciso que se tenha claro que a complexidade do tema e a multiplicidade dos interesses em jogo, legítimos em sua maioria, implicam na inexistência de uma solução “trivial” nessa questão. Na realidade, como a questão envolve aspectos muito diversos, soluções eficazes em um país ou região podem não ser eficazes em outros, podendo até mesmo agravar a situação ou criar outras distorções.

Restrições ao comércio de madeiras nobres, por exemplo, podem levar à preservação de florestas em um dado país, mas a mesma medida pode levar à aceleração do desmatamento em outro país, na qual a alternativa encontrada pela população local às restrições ao comércio seja a agropecuária extensiva, para os mercados doméstico ou internacional, em áreas de floresta. Ademais, as soluções possíveis requerem escolhas intra e inter-gerações, afetando interesses legítimos mas conflitantes, e, por isso, têm que ser negociadas politicamente de modo transparente e democrático. Não obstante, ressalte-se, há muitas soluções com possibilidades de ganhos múltiplos, as quais devem ser privilegiadas.

Embora a abordagem restrita a problemas específicos da questão meio ambiente-comércio exterior tenha gerado avanços pontuais relevantes (vide os MEAs citados), o encaminhamento dessa questão na agenda política internacional só começou a evoluir realmente quando o tema passou a ser tratado de uma maneira abrangente, completa e sistemática. Essa mudança de enfoque pode ser vista, em boa medida, como um resultado do esforço, coordenado pelas Nações Unidas, de elaboração e de implementação da Agenda 21 (UN, 1992).

De fato, ao instar diferentes instituições, países (seus representantes) e pesquisadores a discutir o tema sob a égide do desenvolvimento sustentável, as Nações

³ Em análises mais agregadas, utiliza-se o chamado efeito-intensidade como aproximação, o qual consite num indicador físico-econômico que aufera a eficiência econômica ao invés da eficiência física.

Unidas e seus organismos têm contribuído significativamente para identificar sinergias e ampliar o diálogo entre os participantes. A bem da verdade, algumas correntes teóricas já propunham enfoques centrados no conceito de desenvolvimento sustentável, mas, sem dúvida, suas vozes foram amplificadas pelas Nações Unidas.

Tal ambiente tem viabilizado a sistematização e a contraposição de argumentos teóricos, fertilizando as pesquisas científicas, bem como incrementado a qualidade dos debates e das proposições de políticas sobre o tema. Embora haja ainda contenciosos teóricos relevantes no que concerne às ações a serem implementadas, pelo menos alguns consensos parecem ter sido formados no atual debate: o tema é complexo, há legitimidade em argumentos contrários e seu equacionamento é fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável do planeta.

Não é por outro motivo, relevância para o desenvolvimento sustentável, que a questão meio ambiente e comércio exterior constitui-se hoje num dos principais temas da agenda política internacional. Na prática das negociações internacionais, no entanto, o encaminhamento do tema ainda sofre os efeitos da profunda fragmentação de interesses, a qual dificulta a coalisão de forças e a composição de uma proposta consensual entre os participantes (WHALLEY, 1996; WTO, 1999; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000).

Na verdade, os participantes têm dificuldade, em virtude da fragmentação de interesses, de construir, em seus próprios países, posições coerentes a serem apresentadas nas rodadas de negociação. Os países desenvolvidos, por exemplo, são normalmente associados a posições favoráveis à constituição de regras específicas sobre meio ambiente e comércio exterior. Todavia, tais países procuram salvaguardar pontos que afetem interesses particulares de alguns segmentos sociais (subsídios agrícolas, acesso a mercados, propriedade intelectual, financiamento e transferência de tecnologia a países em desenvolvimento etc.), ainda que haja inconsistências com os ideais genéricos de suas propostas. Muitas vezes esses pontos afetam as perspectivas sócio-econômicas e ambientais de países em desenvolvimento, criando constrangimentos à própria promoção do desenvolvimento sustentável global.

Por outro lado, temendo que a demanda por regras sobre comércio e meio ambiente seja motivada apenas pela captura política dos governos dos países desenvolvidos por segmentos sociais em busca de proteção comercial, os países em desenvolvimento têm adotado posturas retratárias nas negociações (WHALLEY, 1996; WTO, 1999; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000). Todavia, muitos dos pontos incorporados no tema meio ambiente-comércio exterior são fundamentais para desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, sendo, portanto, de seus próprios interesses a evolução das negociações.

É preciso, portanto, que os países em desenvolvimento avaliem os benefícios e as perdas potenciais de propostas de regras na área de comércio e meio ambiente. Mais ainda, é preciso formular propostas próprias que identifiquem sinergias, sugiram medidas compensatórias e permitam superar contradições de interesses.

Resistir a essa agenda ao invés de enfrentá-la, alegando perdas econômicas, seria similar a tentar resistir, pela mesma razão, mas mantidas as proporções, às transformações sócio-políticas que levaram à abolição da escravatura em todo mundo. Se hoje isso parece bizarro, a história mostra que à época esse tipo de argumentação (perdas econômicas) consistia no principal pilar de resistência à abolição no Brasil, à semelhança dos escravocratas dos EUA (FURTADO, 1987; COSTA, 1998). O fato é que os países em desenvolvimento precisam ter claro que as negociações em meio ambiente e comércio exterior os colocam diante de riscos e de oportunidades, mas que os riscos não serão evitados pela simples resistência às negociações relativas a esse tema. Isso porque, com maior ou menor participação dos países em desenvolvimento nas negociações, essa questão deverá ser, segundo especialistas, enfrentada internacionalmente (questões de cunho ético não saem da agenda) e suas soluções institucionalizadas (WHALLEY, 1996; BRACK, GRUBB e WINDRAM, 2000; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000).

Realmente, o tema meio ambiente e comércio exterior vem se impondo progressivamente aos países em desenvolvimento em diversos fóruns internacionais de negociação; específicos como os diferentes MEAs ou amplos como o Acordo de Livre-

Comércio da América do Norte (NAFTA), a Associação de Livre-Comércio das Américas (ALCA)⁴ e as reuniões ministeriais da OMC.

Ademais, a recente decisão de incluir o tema meio ambiente e comércio exterior na nova rodada de negociações sobre as regras do sistema internacional de comércio, tomada na última reunião ministerial da OMC (14/11/2001) em Doha (Catar), consolida a tendência de institucionalização e de tratamento abrangente do tema pela comunidade internacional. A decisão de Doha parece corroborar a expectativa de que, cedo ou tarde, o tema meio ambiente e comércio exterior será incorporado ao núcleo das regras da OMC (WHALLEY, 1996; WTO, 1999 e 2001; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000; BRAGA, MIRANDA e ALMEIDA, 2001)⁵.

A presente pesquisa enfoca um dos aspectos da questão meio ambiente e comércio exterior: impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente. A relevância desse aspecto torna-se clara quando se observa que os sistemas econômicos não se encontram isolados dos sistemas ecológicos (DALY, 1968; AYRES e KNEESE, 1969; GEORGESCU-ROEGEN, 1971; UMAÑA, 1981; WCED, 1987; ARROW et al., 1995; PROOPS et al., 1999).

Na realidade, um sistema econômico deve ser entendido como um sistema que opera sobre um sistema mais amplo: o ecológico. O sistema econômico obtém recursos naturais (materiais e energia) de um sistema ecológico (meio ambiente) e retorna resíduos e poluentes para este último. São essas relações e interrelações que permitem ao sistema econômico manter e expandir sua própria organização.

O comércio exterior permite que um país desatrele (*de-link*) parcialmente seus sistemas domésticos econômico e ecológico, à medida que bens e serviços possam ser produzidos pelos sistemas econômicos de outros países (DALY, 1993; PEARCE e

⁴ À semelhança do que ocorreu no NAFTA com o México, os países em desenvolvimento latino-americanos terão que enfrentar esse tema nas negociações da ALCA (GROSSMAN e KRUEGER, 1991; DEBELLEVUE et al., 1994; AUDLEY, 1997; VOGEL, 1999).

⁵ Atualmente, o tema comércio exterior e meio ambiente encontra-se nas exceções às regras do GATT, Artigo XX, e difusa nos chamados Acordos Laterais (*Side Agreements*).

WARFORD, 1993; ANDERSSON et al., 1995; MACHADO e SCHAEFFER, 1997; SURI e CHAPMAN, 1998; PROOPS et al., 1999). Assim, os impactos de produzir tais bens e serviços recaem sobre o sistema ecológico do país exportador (onde a produção ocorre) e não sobre o do país importador (onde o consumo ocorre). De tal forma que é possível para um país, mas não para todos, reduzir a degradação de sua própria capacidade de sustentação ecológica via especialização comercial em atividades com menor potencial de degradação ambiental.

Há, contudo, casos mais complicados como os de impactos ambientais transfronteiriços e globais. Nos primeiros, os sistemas ecológicos de vários países (inclusive países não envolvidos no comércio) podem ser afetados. Nos últimos, o próprio sistema ecológico do planeta (biosfera) pode ser afetado, independentemente da localização da fonte primária de degradação (deterioração da camada de ozônio da atmosfera e mudança climática global por aumento da concentração atmosférica de gases de efeito-estufa).

Pode-se dizer que a base do debate e das negociações em comércio exterior e meio ambiente é formada, por um lado, por avaliações dos impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente e, por outro, por avaliações dos impactos da regulação ambiental sobre o comércio exterior. Todavia, se os impactos da regulação ambiental dos países desenvolvidos sobre o comércio exterior do Brasil têm sido avaliados com freqüência⁶, os impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente têm sido bem menos analisados no Brasil.

Tal desbalanceamento é um resultado tanto da aceitação *a priori* de uma das visões teóricas do problema (economia ortodoxa), que acredita que a questão ambiental se resolva naturalmente com o crescimento econômico (expresso formalmente na curva de Kuznets ambiental), quanto da maior capacidade e/ou habilidade de alguns segmentos sociais do país de afirmarem seus interesses particulares (legítimos) como nacionais, definindo a prioridade dos itens mencionados na agenda política do país.

⁶ Para referências sobre esse tema, vide, por exemplo, BRAGA, MIRANDA e ALMEIDA (2001).

Ressalte-se que não se defende aqui uma inversão de sinais, mas apenas um maior balanceamento. Avaliar os impactos da regulação ambiental internacional sobre o comércio exterior do Brasil é altamente relevante. Porém, a definição mais transparente e democrática do interesse nacional nesse tema requer também a avaliação dos impactos do comércio exterior do Brasil sobre seu meio ambiente.

O objetivo desse estudo é, em particular, avaliar os impactos recentes do comércio exterior brasileiro sobre o uso de energia e as emissões de dióxido de carbono do país. Para tal, utiliza-se um modelo de insumo-produto em unidades híbridas numa formulação produto-por-atividade para se estimar os coeficientes totais de intensidade energética e de carbono da economia brasileira nos anos 1985, 1990 e 1995, os quais são aplicados, por sua vez, às exportações e às importações do país a fim de mensurar os volumes de energia e de carbono embutidos no comércio exterior brasileiro.

A energia é um aspecto essencial nesse debate porque, por um lado, as fontes primárias de energia são, em si próprias, recursos naturais que se degradam irreversivelmente com o uso, tendendo à escassez relativa ou absoluta (esgotamento). Por outro, a oferta e o uso de energia encontram-se, geralmente, associados à exploração de vários outros recursos naturais e à degradação ambiental (geração de poluição, modificações em ciclos biogeoquímicos e em ecossistemas etc.).

Embora nesse estudo estimem-se apenas as emissões de carbono associadas ao uso de energia, é possível avaliar muitos outros danos ambientais decorrentes da oferta e do uso de energia. Por exemplo, a oferta e o uso de energia podem afetar a disponibilidade de recursos florestais e de biodiversidade (desflorestamento, erosão de solos, monocultura de biomassa energética, degradação de ecossistemas etc.) e hídricos (descarga de efluentes químicos, metais pesados, demanda bioquímica de oxigênio etc.), bem como gerar acúmulo de poluentes atmosféricos (monóxido de carbono, óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, material particulado, hidrocarbonetos etc.) e sólidos (rejeito nuclear, borras, cinzas etc.). Assim, essa pesquisa deve ser entendida como um dos passos, não o único e quiçá nem o mais importante, necessários para a constituição

de uma base informacional de apoio à formulação de uma estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável⁷.

Nesse contexto, é importante frisar que a estimativa do carbono (associado ao uso de energia) embutido nos produtos transacionados internacionalmente justifica-se pela relevância que esse tema deverá assumir nas negociações internacionais sobre mudanças climáticas globais (WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e SÁ, 1996; LENZEN, 1998; BRACK, GRUBB e WINDRAM, 2000; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; MACHADO, SCHAEFFER e WORRELL, 2001; ZHANG e ASSUNÇÃO, 2001).

Isso porque o Protocolo de Quioto estabelece metas de redução das emissões de carbono para os países de Anexo I (submetidos às metas do Protocolo) a partir de um critério “territorial” de atribuição de responsabilidades (onde ocorre a emissão). Todavia, o comércio exterior permite que a produção de um bem ou serviço ocorra em um certo país, bem como a emissão de carbono associada a essa produção, e seu consumo ocorra em outro país. Caso a produção do referido bem ou serviço ocorra em um país Não-Anexo I (não submetidos às metas do Protocolo) mas seu consumo se dê num país de Anexo I (submetidos às metas do Protocolo), pode acontecer o que especialistas denominam de “vazamento de carbono” (*carbon leakage*) dos países de Anexo I para países Não-Anexo I (WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e SÁ, 1996; LENZEN, 1998; BRACK, GRUBB e WINDRAM, 2000; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; MACHADO, SCHAEFFER e WORRELL, 2001).

Assim, se os países de Anexo I reduzirem suas emissões de carbono mediante a simples substituição de certos bens e serviços produzidos domesticamente por produtos similares importados de países Não-Anexo I (muito provavelmente, bens carbono-intensivos), então, a redução líquida das emissões globais de carbono (objetivo último)

⁷ A WCED (1987: 46) define desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

poderá ser nula ou mesmo negativa (crescimento das emissões globais)⁸. Em outras palavras, a própria eficácia do Protocolo de Quioto seria comprometida.

Enfim, essa pesquisa busca contribuir para a alteração do quadro de escassez de evidências empíricas sobre os impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente do Brasil, fornecendo informações relevantes sobre o tema aos gestores de políticas públicas e aos tomadores de decisão em geral. Nesse sentido, essa pesquisa soma-se a outros trabalhos realizados no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ sobre esse tema como, por exemplo: SÁ (1996), SÁ e SCHAEFFER (1996), MACHADO e SCHAEFFER (1997) e outros estudos derivados, em boa medida, do desenvolvimento do presente trabalho como MACHADO (2000), TOLMASQUIM, SCHAEFFER e MACHADO (2001) e MACHADO, SCHAEFFER e WORRELL (2001).

Escassez de informações reconhecida pelo próprio governo brasileiro como uma das principais barreiras à formulação de uma estratégia nacional de desenvolvimento sustentável e à adoção de uma postura mais ativa nas negociações internacionais sobre o tema (CPDS, 2001; BRAGA, MIRANDA e ALMEIDA, 2001). De fato, a ausência de informações concretas sobre os impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente do Brasil dificulta a identificação dos benefícios e das perdas, dos interesses sociais e políticos associados (distribuição dos benefícios e das perdas) e, por conseguinte, da própria margem de negociação do país em acordos internacionais.

Cabe ressaltar ainda que, ao contrário do que muitos acreditam, a preservação e a proteção ao meio ambiente não devem ser vistos simplesmente como “luxos” ou “caprichos” demandados por aqueles que já atingiram um patamar elevado de conforto material (países desenvolvidos e indivíduos ricos). Na verdade, as maiores vítimas da degradação ambiental são os próprios países em desenvolvimento e os indivíduos mais

⁸ As emissões globais cresceriam, por exemplo, caso o país Não-Anexo I adotasse uma tecnologia de produção menos eficiente energeticamente ou baseada em fontes energéticas mais intensivas em carbono do que as do país de Anexo I. Não importa se esse fato decorreria da migração de indústrias (pollution havens) ou de mudanças estruturais associadas ao aproveitamento de oportunidades de mercado ou de incentivos governamentais, o efeito final seria o mesmo: elevação do patamar base de emissões de carbono.

pobres (WCED, 1987; UN, 1992; WORLD BANK, 1992). São suas possibilidades de desenvolvimento sustentável (ao se utilizar de forma social e economicamente ineficiente seus recursos ambientais, naturais e livres – ar puro, água limpa, fertilidade do solo etc.) e suas condições de vida (saúde individual, salubridade pública, qualidade alimentar, acesso a recursos ambientais, lazer e contemplação etc.) que são as mais afetadas pela degradação ambiental.

A preservação e a proteção de recursos ambientais devem ser tratadas pelos países em desenvolvimento como uma questão essencial na definição da estratégia de desenvolvimento de suas sociedades, ainda que persista uma enorme assimetria no uso dos recursos ambientais em relação aos países desenvolvidos. Isso porque problemas de escassez de recursos são, e serão, “resolvidos” pelas forças de mercado, simplesmente, excluindo-se do mercado aqueles que não tem como pagar seu preço⁹. Assim, países em desenvolvimento e indivíduos pobres são, e serão, os maiores sacrificados pela degradação ambiental. Ao degradar seus recursos ambientais hoje, os países em desenvolvimento não estão, necessariamente, criando as bases de seu desenvolvimento econômico, antes podem estar apenas comprometendo suas possibilidades de desenvolvimento sustentável e subtraindo qualidade de vida (conforto material e ambiental) de suas gerações futuras, sobretudo de seus indivíduos mais pobres. Embora tais questões sejam pano de fundo do debate meio ambiente-comércio exterior, seu tratamento mais profundo, ainda que seja relevante, extrapola os objetivos e os limites desse trabalho.

Finalmente, cumpre informar a estrutura de apresentação do presente estudo. No capítulo 2, a seguir, analisam-se as principais concepções teóricas sobre o tema meio ambiente e comércio exterior, destacando-se os conceitos e princípios que embasam a

⁹ As experiências socialistas dos países da Europa Oriental mostraram que o acesso igualitário aos recursos econômicos tampouco solucionou o problema, antes, revisitando MARX e ENGELS (1848), apenas “socializaram” a degradação ambiental [no original, *a miséria e a bárbarie*]. Na verdade, a questão ambiental transcende a discussão sobre modos de produção e preferências ideológicas (Mercado x Estado), colocando-se, ao contrário, como requisito para a sustentabilidade das próprias relações sócio-económicas concretas das sociedades.

discussão desse tema. Ademais, fornece-se um panorama da evolução institucional do tema na agenda política internacional.

No capítulo 3, dedicado a considerações metodológicas, revisa-se a literatura internacional sobre técnicas de insumo-produto aplicadas à avaliação de energia e poluentes embutidos no comércio exterior, expõem-se os fundamentos e a derivação formal de um modelo de insumo-produto em unidades híbridas e, por fim, indicam-se os procedimentos utilizados na aplicação do modelo à economia brasileira.

No capítulo 4, avaliam-se propriamente os impactos do comércio exterior do Brasil sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país em 1985, 1990 e 1995, traçando-se algumas implicações para políticas públicas.

No capítulo 5, apontam-se tópicos para desenvolvimentos futuros por outras pesquisas, bem como apresentam-se algumas recomendações de políticas públicas associadas ao tema comércio exterior e meio ambiente para o Brasil.

Finalmente, no capítulo 6, derivam-se as conclusões desse estudo.

2. MEIO AMBIENTE E COMÉRCIO EXTERIOR: CONCEITOS, ARGUMENTOS E EVOLUÇÃO INSTITUCIONAL

Este capítulo encontra-se dividido em duas seções. Na primeira, enfoca-se o debate acerca da relação entre meio ambiente e comércio exterior, ressaltando-se sua complexidade e os diferentes aspectos envolvidos nesta relação. Em particular, busca-se sistematizar as principais concepções teóricas sobre o tema, bem como traçar a evolução de seus argumentos. Para tal, conceitos e princípios que embasam a discussão são apresentados no início desta seção. Na segunda seção, procura-se fornecer um esboço do tratamento que esta questão tem recebido no cenário internacional a partir de sua evolução institucional, enfatizando-se a progressiva valorização e o amadurecimento deste tema na agenda internacional. O objetivo desta seção é avaliar se a evolução institucional recente no cenário internacional estabelece alguma tendência para o tratamento da questão meio ambiente-comércio exterior no cenário internacional no futuro.

2.1 Meio Ambiente e Comércio Exterior: Conceitos e Argumentos

O debate acerca dos impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente não é exatamente novo. No início dos anos 70, por exemplo, o secretariado do General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) e o conselho geral da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) colocam, simultânea mas independentemente, a questão das implicações de políticas de proteção ambiental sobre o comércio exterior aos seus países membros, como parte dos preparativos para suas respectivas participações na Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em Estocolmo em 1972 (WTO, 1999; STEVENS, 1993)¹⁰.

¹⁰ Um resultado deste debate é adoção em maio de 1972 dos Princípios Gerais da OCDE para o Meio Ambiente (*OECD Guiding Principles Concerning the International Economic Aspects of Environmental Policies*), dos quais o mais conhecido é o Princípio do Poluidor Pagador (PPP) – vide STEVENS (1993).

No entanto, a ampliação da degradação ambiental, bem como a conscientização de suas consequências, tem trazido à tona, sucessivamente (às vezes simultaneamente), diferentes aspectos da relação meio ambiente-comércio exterior nas últimas décadas. Por um lado, aspectos novos emergem neste debate; por outro, aspectos desprezados anteriormente retornam ao debate, renovados e reforçados. Pode-se derivar desta relação questões como sustentabilidade econômico-ecológica (local, nacional, regional ou global) e acesso ao uso de recursos ambientais (distribuição do uso intra- e intergerações), competitividade e localização industrial e neoprotecionismo (uso de regulação ambiental como nova forma de protecionismo da indústria doméstica) versus proteção ambiental (uso de regulação ambiental como forma de proteção e preservação do meio ambiente).

A natureza complexa e a multiplicidade de aspectos envolvidos na relação meio ambiente-comércio exterior fazem com que haja ainda várias controvérsias sobre o tema, como procura-se mostrar nesta seção. Não obstante, já é possível notar o surgimento de alguns consensos, sobretudo no que diz respeito ao reconhecimento do mérito e da complexidade da questão. Nesta seção, busca-se, primeiro, apresentar conceitos e princípios que fundamentam o debate sobre a relação meio ambiente-comércio exterior e, em seguida, sistematizar as principais concepções teóricas sobre o tema, traçando a evolução de seus argumentos.

Conceitos e Princípios

À exceção daqueles impactos causados pelo transporte de produtos transacionados internacionalmente, os impactos ambientais que podem ser associados ao comércio exterior não estão intrinsecamente relacionados à natureza do ato de comercialização propriamente dito. Antes, estão intrinsecamente relacionados à produção e ao consumo dos bens e serviços transacionados com exterior. Neste sentido, a destinação final do produto (mercado doméstico ou externo) e o local onde ocorre seu consumo (no país produtor ou no exterior – quando se separa produção e consumo no

espaço via comércio exterior) não altera *a priori* a natureza e a magnitude do impacto ambiental¹¹.

Não obstante, várias questões específicas, que não estão presentes quando se analisa uma autarquia (economia fechada), emergem quando se examinam economias abertas - i.e., quando se introduz o comércio exterior na análise. Tais questões podem, na prática, até mesmo influenciar a natureza e a magnitude do impacto ambiental como procurar-se-á mostrar na próxima subseção¹².

Afora as especificidades que serão abordadas mais tarde, a relação meio ambiente-comércio exterior não é muito diferente da própria relação meio ambiente-sociedade/economia. Desse modo, pode-se focar inicialmente na relação mais básica meio ambiente-sociedade/economia, para depois se analisar as consequências da introdução do comércio exterior nesta relação. Para se compreender a relação meio ambiente-sociedade/economia é necessário se ter claro que os sistemas sócio-econômicos não são isolados dos sistemas ecológicos¹³. Ao contrário, um sistema sócio-econômico deve ser entendido como um sistema que opera sobre, e a partir, de um sistema mais amplo: o sistema ecológico (DALY, 1968; AYRES e KNEESE, 1969; GEORGESCU-ROEGEN, 1971; BOULDING, 1978; UMAÑA, 1981; ARROW et al., 1995).

¹¹ Ressalte-se, contudo, que a exceção apontada pode representar um impacto significativo, sobretudo na presente fase de internacionalização da produção na qual diferentes etapas de produção de um bem podem estar bastante dispersas geograficamente. Por exemplo, a magnitude dos impactos ambientais associados ao transporte internacional de um “automóvel transnacional” pode ser significativo: caixa de marcha italiana, estofamento chinês, motor alemão, componentes eletrônicos japoneses, componentes mecânicos suecos, pneus franceses, chassis americanos, vedações malaias, parafusos e porcas tailandeses, ..., montagem no Brasil e consumo na Arábia Saudita. É pouco provável que a redução dos danos advindos do ganho de eficiência provocado por esta hiper-especialização seja suficiente para compensar estas idas e vindas. Todavia, esta avaliação, embora importante, foge ao escopo deste trabalho. BATRA et al. (1998), KHRUSHCH (1996) e HERENDEEN (1978) abordam aspectos relacionados a esta questão.

¹² Por exemplo, o aumento no nível de atividade proporcionado pelo comércio exterior, que de outra maneira poderia não existir, pode resultar em impactos acima da capacidade de regeneração do meio ambiente, até mesmo de caráter irreversível. PEARCE e WARFORD (1993) apresentam casos desta natureza: exportação de marfim por países africanos, de madeira por países em desenvolvimento e de tapioca pela Tailândia.

¹³ Entende-se por sistema ecológico não apenas as relações e interrelações expressas pelas cadeias tróficas, mas também o próprio ambiente natural onde estas relações se estabelecem e seus componentes geofísicos.

De fato, recorrendo a conceitos advindos das ciências da natureza (Teoria de Sistemas Abertos Longe do Equilíbrio)¹⁴, um sistema sócio-econômico pode ser interpretado como uma estrutura dissipativa que, para manter a organização de seu próprio sistema, requer aportes contínuos (fluxos) de energia e de materiais sob a forma de baixa entropia (recursos naturais), bem como a dissipaçāo contínua (fluxo) para o sistema ecológico (meio ambiente) de energia e de materiais sob forma de alta entropia (resíduos e poluição) – vide DALY (1968), GEORGESCU-ROEGEN (1971), BOULDING (1978), ODUM (1983) e DALY e COBB (1989).

Assim, a fonte primária de baixa entropia (materiais e energia) e o depositário último de alta entropia (resíduos e poluição) do sistema sócio-econômico é o sistema ecológico. Em outras palavras, o sistema sócio-econômico mantém sua organização (baixa entropia interna) às custas de um aumento da entropia do sistema ecológico (que é o sistema amplo). Note-se que se a estrutura dissipativa estiver se expandindo, e não apenas se mantendo, os aportes de energia e de materiais de baixa entropia, e sua dissipaçāo sob a forma de alta entropia serão não apenas contínuos mas também crescentes no tempo.

Cabe aqui um breve esclarecimento sobre o conceito de entropia e suas implicações para a teoria econômica. Entropia pode ser interpretado como grau de desordem, sendo uma medida de qualidade da energia e da matéria. Neste sentido, entropia é um conceito físico associado à qualidade (Segunda Lei da Termodinâmica), não à quantidade (Primeira Lei da Termodinâmica).

Assim, embora a “eternidade” da quantidade física seja garantida pelos Princípios de Conservação de Energia e de Matéria, sua disponibilidade “perene” é negada pela Segunda Lei da Termodinâmica, que estabelece a degradação da qualidade

¹⁴ Conceitos da termodinâmica, desenvolvidos a partir de PRIGOGINE (1967) na teoria das estruturas dissipativas, são utilizados apropriadamente pela “escola da economia ecológica” para explicar o funcionamento de sistemas sócio-econômicos – vide, por exemplo, DALY (1968), GEORGESCU-ROEGEN (1971), BOULDING (1978), UMAÑA (1981) e ODUM (1983). Discussões sobre a influência epistemológica do paradigma da mecânica na economia e sobre a importância de sua substituição pelo paradigma da termodinâmica na economia podem ser encontradas em GEORGESCU-ROEGEN (1971), BOULDING (1978), DALY e COBB (1989) e MIROWSKI (1989).

da energia (o uso da energia degrada sua qualidade, tornando-a progressivamente indisponível). Isto é que impossibilita a ocorrência de um sistema sócio-econômico fechado, de reciclagem total, de aproveitamento *ad infinitum* de matéria e de energia (cujas existências são garantidas pela Primeira Lei da Termodinâmica).

Este ponto é importante, pois é a aceitação da Primeira Lei da Termodinâmica e, simultaneamente, o desconhecimento, ou a negação, da Segunda Lei da Termodinâmica que levam a teoria econômica ortodoxa a acreditar na idéia de um sistema sócio-econômico fechado como resultado final do avanço tecnológico.

Ressalte-se ainda que, a princípio, o fator limitante não é propriamente a matéria, que em teoria, e havendo disponibilidade de energia, poderia ser plenamente reorganizada, passando de uma forma dispersa (baixa qualidade ou alta entropia) para uma forma concentrada (alta qualidade ou baixa entropia), mas sim a energia cuja degradação da qualidade, sob a forma última de calor de baixa qualidade térmica (dispersa no meio ambiente por homogeneização térmica), é irreversível¹⁵. Isto é que impede, por exemplo, o moto-perpétuo do segundo tipo (usar a mesma energia várias vezes), o aproveitamento da energia térmica dispersa nos oceanos e a reciclagem total (reorganização da matéria). Dessa maneira, mesmo que fosse possível em termos técnicos a reciclagem total da matéria (transformação de alta em baixa entropia), esta só poderia ocorrer às custas de aportes maiores de baixa entropia (energia) no sistema sócio-econômico¹⁶, sendo limitado, em última instância, pela disponibilidade de energia de alta qualidade (baixa entropia) no sistema como um todo¹⁷.

¹⁵ Ressalve-se que esta é a posição hegemônica neste ponto, mas não é a única. Para GEORGESCU-ROEGEN (1981), por exemplo, a degradação da matéria também é irreversível à medida que se dispersa sob a forma de alta entropia. Para este autor, o próprio custo em materiais de baixa entropia da reciclagem da matéria tornaria inviável a reciclagem total da matéria. De qualquer forma, esta posição não contradiz o argumento subjacente ao problema, antes o reforça: impossibilidade da reciclagem total.

¹⁶ A Teoria das Estruturas Dissipativas em sistemas abertos longe do equilíbrio desenvolvida por PRIGOGINE (1967) tem por corolário que a “geração” e a manutenção de baixa entropia em um sistema restrito eleva, mais do que proporcionalmente, a entropia do sistema amplo.

¹⁷ Para aprofundamentos na questão vide, por exemplo, PRIGOGINE (1967), GEORGESCU-ROEGEN (1971), BOULDING (1978), GEORGESCU-ROEGEN (1981), ODUM (1983) e DALY e COBB (1989). Para uma revisão abrangente e didática do assunto vide COSTA (1996).

A Figura 2.1 sintetiza o argumento ao mostrar que o sistema sócio-econômico obtém recursos naturais (materiais e energia de baixa entropia) no sistema ecológico (meio ambiente) e retorna resíduos e poluição (materiais e energia de média e alta entropias) para este último a fim de manter e expandir a organização de seu próprio sistema¹⁸. Note-se que parte dos resíduos pode ser constituída de energia e de matéria de média entropia, estando ainda disponível para uso (resíduos energéticos, inclusive calor, e materiais recicláveis). Esta parcela pode ser, portanto, adicionada, direta ou indiretamente (processos de reciclagem), ao fluxo de recursos naturais requerido pelo sistema sócio-econômico. Além disso, o próprio sistema ecológico é constituído por subsistemas que conseguem, em certa medida, ciclar materiais de alta entropia (resíduos e poluição), reorganizando-os sob a forma de materiais e energia de baixa entropia (capacidades de regeneração e de assimilação do meio ambiente)¹⁹. Nesses subsistemas é que se encontram os recursos, materiais e energia, ditos renováveis.

Ressalte-se também que o fato de haver “certa” substituibilidade (não necessariamente perfeita, nem aplicando-se a todos os casos) entre diversas formas de recursos naturais (cobre e alumínio, por exemplo, para condutividade eletro-magnética) e entre recursos naturais, capital humano (trabalho) e capital manufaturado (máquinas e equipamentos), via utilização mais eficiente dos recursos naturais não-renováveis, o uso mais efetivo de recursos naturais renováveis e reciclagem de resíduos, não afeta esta relação estrutural e fundamental entre os sistemas ecológico e econômico - ao contrário do que supõem alguns representantes da teoria econômica ortodoxa²⁰. O mundo sem matéria e sem energia é uma abstração platônica (“mundo das idéias”), não uma possibilidade real.

É importante se ter em vista que as relações entre os sistemas sócio-econômico e ecológico não são simples. Ao contrário, são complexas e apresentam alguns nexos

¹⁸ Embora não esteja explícito na Fig. 2.1, cabe destacar que o próprio sistema ecológico em seu aspecto mais amplo (biosfera) é um sistema aberto, que recebe aportes, primários e fundamentais, de energia de baixa entropia do sol. A energia solar é o fator limitante, em última instância, do sistema ecológico.

¹⁹ ODUM (1983) descreve os ciclos biogeoquímicos de vários elementos no sistema ecológico [capítulo 4], bem como os fluxos de energia, e seu papel, no sistema ecológico [capítulo 3].

²⁰ Esta discussão é tema relevante de um número especial sobre Georgescu-Roegen de ECOLOGICAL ECONOMICS (1997).

frágeis cujo entendimento de suas funcionalidades é ainda envolvido em alto grau de incerteza. Assim, não é necessário que haja o apocalípse do sistema ecológico, expresso pela dissipação total da energia do sol em futuro longínquo, para que o sistema sócio-econômico seja decisivamente afetado. Há cadeias tróficas e ciclos biogeoquímicos que, embora possam não representar o fim da existência da espécie humana e da biosfera, se afetados podem se tornar fatores limitantes importantes no desenvolvimento de um sistema sócio-econômico ou mesmo determinar sua trajetória evolutiva. A escassez de recursos naturais essenciais (conceito determinado histórica e socialmente) e a poluição das águas e da atmosfera, por exemplo, podem provocar danos (e custos) consideráveis, ou mesmo o colapso de sistemas sócio-econômicos – vide, por exemplo, ODUM (1983) e MANNION (1991).

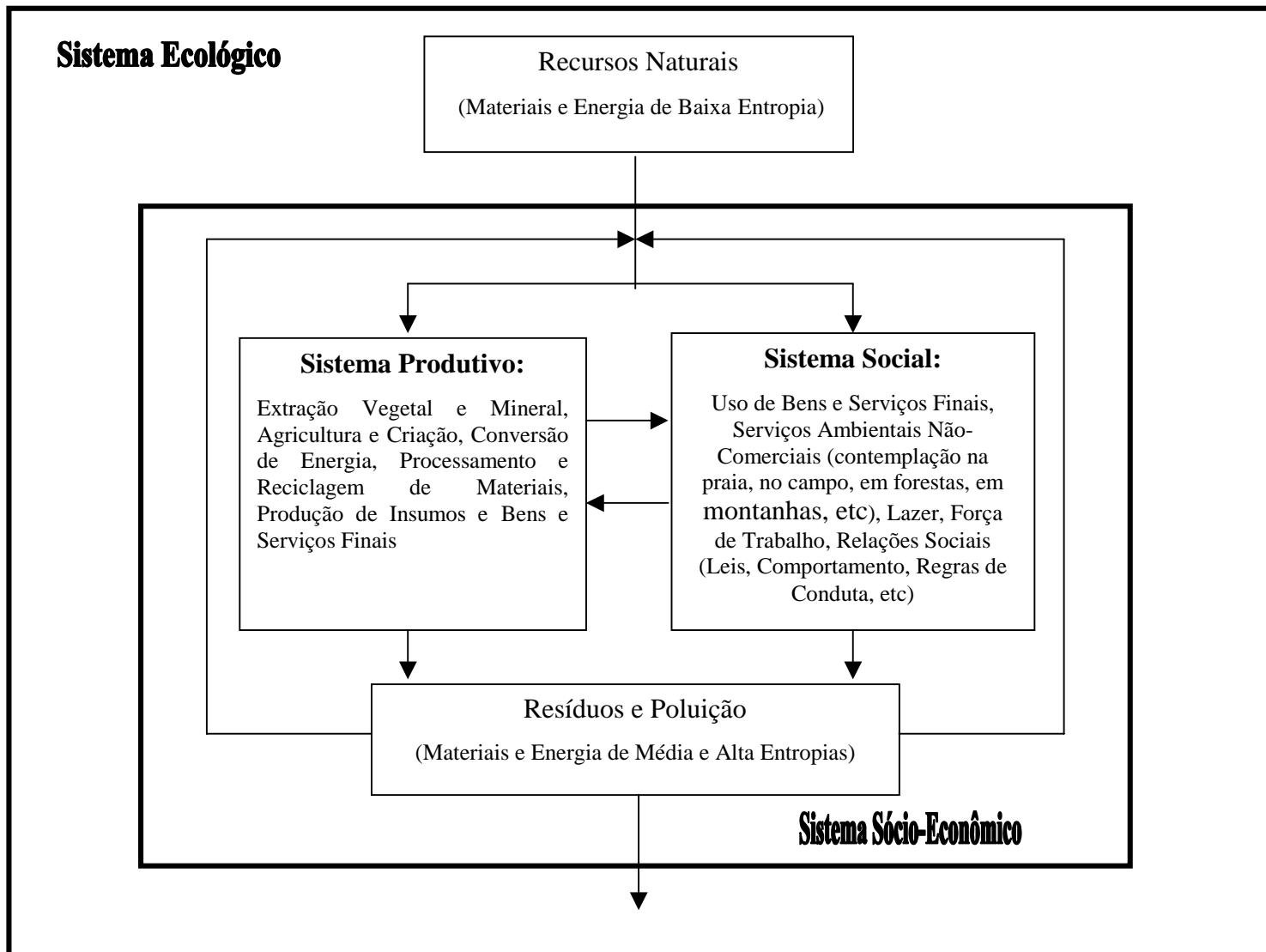


Figura 2.1 Relações entre o Sistema Sócio-Econômico e o Sistema Ecológico
Fonte: Elaboração própria

Desse modo, quando o sistema sócio-econômico coloca muita pressão sobre o sistema ecológico podem surgir problemas, como: exaustão, temporária ou permanente, de recursos naturais não-renováveis; sobre-exploração de recursos naturais renováveis e da capacidade de regeneração ambiental; e transposição da capacidade de absorção ambiental de resíduos e poluição. Em suma, o sistema sócio-econômico pode causar a deterioração, reversível ou irreversível, do sistema ecológico, por ultrapassar sua capacidade de suporte²¹. Conseqüentemente, o sistema sócio-econômico pode comprometer sua própria sustentabilidade ecológico-econômica no longo prazo, uma vez que ambos os sistemas são profundamente relacionados e influenciam um ao outro. Atualmente, informações científicas disponíveis apontam que o principal fator limitante do sistema sócio-econômico pode ser a geração de resíduos e de poluição, e não a escassez de energia e de materiais (IPCC, 1991; MEADOWS et al., 1992; ARROW et al., 1995).

Cabe destacar, enfim, que os impactos de origem antropomórfica sobre o sistema ecológico podem estar relacionados à produção ou ao consumo de bens e serviços, como mostra a Figura 2.1. Por exemplo, o uso de um automóvel implica na emissão de gases poluentes, enquanto que o consumo de bebidas enlatadas ou engarrafadas, ou de qualquer produto embalado, implica na geração de resíduos sólidos, e o uso de detergentes implica na contaminação das águas (caso os mesmos não sejam biodegradáveis). Embora a questão meio ambiente-comércio exterior envolva tanto aspectos associados à produção quanto ao consumo, este estudo está particularmente interessado nos impactos advindos da produção de bens e serviços. Isto porque, os aspectos ligados aos impactos do consumo de bens transacionados internacionalmente já têm sido abordados pela regulação ambiental dos países (barreiras técnicas) e não apresentam, *a priori*, contradições significativas em relação

²¹ Capacidade de suporte é definida aqui como a capacidade de um sistema ecológico em manter sua funcionalidade e suas relações com um sistema sócio-econômico de modo sustentável ao longo do tempo. A capacidade de suporte determina, em última instância, a própria sustentabilidade ecológico-econômica de um sistema sócio-econômico ao longo do tempo. Todavia, como apontam ARROW et al. (1995), a capacidade de suporte dos sistemas ecológicos não tem natureza fixa ou estática, nem é constituída por relações simples. Antes é função da tecnologia, das preferências e dos padrões de produção e consumo. A capacidade de suporte é também contingente do estado de interações, sempre dinâmico, entre os meios físico e biótico.

às regras do GATT/OMC (WTO, 1999; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WHALLEY, 1996)²².

Tendo-se enfocado a relação mais básica meio ambiente-sociedade/economia, pode-se compreender mais facilmente as consequências da introdução do comércio exterior nesta relação. O comércio exterior permite que um país desatrele parcialmente seus sistemas sócio-econômicos de seus sistemas ecológicos domésticos²³, à medida que alguns bens e serviços podem ser produzidos por outros sistemas sócio-econômicos nacionais (DALY, 1993; PEARCE e WARFORD, 1993; ANDERSSON et al., 1995; MACHADO e SCHAEFFER, 1997; SURI e CHAPMAN, 1998; PROOPS et al., 1999). Nestes casos, a produção de bens e serviços impacta o sistema ecológico do país exportador (onde a produção acontece) e não o sistema ecológico do país importador (onde o consumo ocorre).

Dessa maneira, pode ser possível para um país, mas não para todos, “economizar” sua própria capacidade de suporte, “renunciando” a partes das atividades produtivas potencialmente mais danosas ao meio ambiente (atividades de exploração e/ou processamento de recursos naturais e industriais poluente-intensivas)²⁴. Todavia, eventuais ganhos de eficiência técnica associados à especialização podem, às vezes, mais do que compensar alguns dos impactos sobre o meio ambiente, advindos da especialização, de uma mudança estrutural em favor de atividades ambientalmente mais danosas, tornando ambíguas e incertas generalizações acerca do efeito líquido do comércio exterior sobre os

²² O Artigo XX do GATT permite que um país, sob certas condições, se exima de obrigações assumidas no Acordo. Nestas condições, encontram-se a necessidade de proteção à vida humana, animal e vegetal, ou à saúde. O Acordo da OMC sobre Barreiras Técnicas ao Comércio, que regula estabelecimento de regulações técnicas e padrões (inclui “selo verde”), coloca-se no âmbito deste Artigo. Na prática, contudo, há ainda várias questões a serem discutidas nesta área, sobretudo aquelas associadas à transparência das decisões e das especificações dos casos.

²³ Note-se que as relações entre os sistemas sócio-econômico e ecológico associadas ao consumo de bens e serviços em geral não são passíveis desse “desatrelamento”, pois o impacto (direto) do consumo se dá, normalmente, no sistema ecológico onde este ocorre. Isto contribui para criação de base sócio-política para a internalização, e/ou solução, do problema.

²⁴ Os casos de impactos ambientais internacionais (transfronteiriços) e globais são ainda mais complicados, pois podem afetar vários sistemas ecológicos nacionais (inclusive de países que não sejam parceiros comerciais) ou mesmo o sistema ecológico global (biosfera) – i.e., os sistemas ecológicos de todos os países -, independentemente da localização da própria origem/fonte do dano. Assim, diversos países podem ter seus próprios sistemas ecológicos atingidos indiretamente através dos complexos elos existentes entre os sistemas ecológicos “nacionais”, regionais ou continentais e globais. Nestes casos, cada vez mais se têm buscado “soluções de conjunto” para o problema, negociando-se acordos ambientais multilaterais (Protocolo de Montreal, Protocolo de Quioto – ainda não implementado – etc.), ou cláusulas ambientais em acordos de livre-comércio (NAFTA, CCE, GATT/WTO). Este tema será abordado novamente na próxima subseção.

sistemas ecológicos. São as ambiguidades e as incertezas sobre o efeito líquido do comércio exterior sobre o meio ambiente, que parece não se submeter a “teorias inequívocas”, que atiçam o debate e alimentam a polêmica sobre o tema. A seguir, procura-se sistematizar as principais concepções teóricas do debate, buscando-se também traçar a linha de evolução de seus argumentos.

Concepções Teóricas e Argumentos: A Evolução do Debate

A multiplicidade de aspectos associados à relação meio ambiente-comércio exterior faz com que haja uma vasta literatura sobre o tema, embora, geralmente, dispersa e “desorganizada” (enfocando-se pontos específicos de maneira isolada, i.e. sem buscar a sua contextualização no debate como um todo)²⁵. Inicialmente, o próprio aumento desta literatura contribuiu para acrescentar ambiguidade às discussões, uma vez que revelava novos, por vezes contraditórios, aspectos da questão. Assim, mais do que certezas e concordâncias, a fase inicial do debate é marcada por confrontos e contradições.

É fácil entender este paradoxo recorrendo-se a uma metáfora. A situação inicial do debate é similar à de pessoas tentando determinar, *a priori*, a figura de um quebra-cabeça extremamente complexo, sendo que as peças são retiradas aleatoriamente de uma urna. Apenas a partir de um certo ponto é que as peças começam a fazer sentido entre si e no todo, permitindo proposições mais robustas. Isto é exatamente o que está acontecendo no debate meio ambiente-comércio exterior: à medida que a literatura sobre o tema vai se ampliando e as peças do quebra-cabeça vão sendo reveladas, os especialistas incorporam ou re-interpretaram as novas evidências, traçando novos esboços da figura final. Com a evolução do debate, as proposições acerca da figura passam a apresentar uma tendência de convergência.

Neste momento, portanto, já há um melhor entendimento das complexidades e do mérito do tema. A reativação do grupo de trabalho em Medidas Ambientais e Comércio Internacional em 1991, e a criação, posteriormente, do Comitê de Meio Ambiente e

²⁵ Vide NORDSTRÖM e VAUGHAN (1999) e JAYADEVAPPA e CHHATRE (2000), para uma ampla revisão bibliográfica destes múltiplos aspectos. Tais trabalhos contribuem substancialmente para uma maior sistematização dos diferentes aspectos da questão, conferindo lógica e inteligibilidade ao debate como um todo.

Comércio Internacional em 1994 pelo GATT, por exemplo, confirmam o reconhecimento do mérito do tema na agenda internacional (WTO, 1999). Ademais, o desenvolvimento da literatura e o aprofundamento do debate já permitiram o estabelecimento de alguns consensos, e o surgimento de uma tendência à convergência das principais concepções teóricas. Isto, contudo, não quer dizer que não haja mais preponderância de objetivos (proteção do meio ambiente ou do comércio exterior) nas concepções teóricas que dominam o debate.

Pode-se identificar duas concepções teóricas principais acerca da relação meio ambiente-comércio exterior²⁶. A primeira postula que o desenvolvimento sustentável é uma etapa do desenvolvimento econômico que é alcançada a partir de um determinado nível de renda per capita. Nesse sentido, a preservação e a proteção do meio ambiente seriam consequências naturais do crescimento econômico, visto por essa concepção teórica como *proxy* do desenvolvimento econômico. Nesse estudo, denominar-se-á economia ortodoxa (*mainstream economics*) tal concepção teórica. A segunda considera que o desenvolvimento sustentável não é uma etapa do desenvolvimento econômico, mas sim uma categoria particular de desenvolvimento econômico que leva em conta sua sustentabilidade econômica-ecológica (ou seja, um tipo específico de desenvolvimento com qualidades próprias). Assim, se mudanças qualitativas não forem engendradas na natureza do desenvolvimento de uma sociedade, o crescimento econômico conduzirá apenas à exacerbação quantitativa das próprias características do padrão vigente de desenvolvimento e não à sustentabilidade econômica-ecológica. Nesse estudo, denominar-se-á economia ecológica (*ecological economics*) tal concepção teórica.

Há que se ressalvar, contudo, que em virtude da complexidade das discussões tal classificação teórica (economia ortodoxa x economia ecológica) pode se tornar ambígua, ou mesmo imprecisa, quando aplicada a alguns autores em pontos específicos do debate. Ademais, como se procurará mostrar a seguir, confrontadas com várias evidências ao longo

²⁶ Há ainda, no debate político, posições exacerbadas de ambos os lados (defensores do livre-comércio e do meio ambiente): umas apontando a primazia do Homem moderno sobre o meio ambiente (“Economia do Progresso”) e outras apontando a primazia do meio ambiente sobre o Homem moderno (“Naturalismo Econômico”). As primeiras quase ignoram a relevância da questão ambiental, enquanto as segundas quase ignoram o desenvolvimento cultural e social, imaginando ser possível um retorno a um naturalismo quase tribal. Ambas são irrelevantes na discussão teórica e têm definhado mesmo no debate político, sobretudo por suas inconsistências e pelas leviandades de suas pregações.

do debate tais concepções incorporaram mutuamente críticas e argumentos da outra corrente, modificando suas concepções originais. Não obstante, entende-se que tal classificação tem a grande vantagem de permitir identificar claramente dois posicionamentos teóricos básicos acerca da questão meio ambiente e comércio exterior.

A concepção teórica da economia ortodoxa fundamenta-se, particularmente, em dois pilares no que concerne à questão meio ambiente-comércio exterior: teoria das vantagens comparativas e curva de Kuznets ambiental²⁷. Segundo esta concepção, a especialização comercial, em concordância com o princípio das vantagens comparativas, aumentaria a eficiência alocativa dos recursos (inclusive dos recursos naturais) e contribuiria para a maximização do crescimento econômico; enquanto a curva de Kuznets ambiental implicaria que o impacto do crescimento econômico sobre o meio ambiente reduzir-se-ia no longo prazo (JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; BHAGWATI, 1993; WORLD BANK, 1992). O argumento da economia ortodoxa deve ser detalhado para que a crítica da concepção econômico-ecológica e o próprio debate possam ser melhor compreendidos.

A teoria clássica das vantagens comparativas, proposta por RICARDO (1817), estabelece que, sob determinadas condições (diferentes funções de produção, retornos constantes e imobilidade de capital), mesmo que um país registrasse custos de produção inferiores/superiores a de outros países em todos os bens e serviços, este país poderia, ainda assim, se beneficiar do comércio com outros países ao se especializar naqueles bens e serviços em que verificasse custos de produção *relativamente* menores - i.e., naqueles em que fosse *relativamente* mais produtivo. Como corolário, afirma-se que todos os países se beneficiariam mutuamente pelo estabelecimento do comércio entre si. A intenção de RICARDO (1817), ao estabelecer tal princípio, era mostrar que não seria necessário que um país tivesse vantagens absolutas na produção de um bem ou serviço, expressas por custos de produção absolutamente menores, para que lhe fosse vantajoso engajar-se no comércio com

²⁷ A curva de Kuznets ambiental recebe esta denominação porque há evidências de que a degradação ambiental observaria uma relação do tipo “u-invertido” com o crescimento econômico (normalizado pela população), à semelhança da relação entre crescimento econômico e concentração de renda encontrada por KUZNETS (1955). Ressalte-se que, embora muitos trabalhos sobre a curva de Kuznets ambiental tenham natureza unicamente empírica, seus resultados têm sido utilizados para embasar a posição teórica da economia ortodoxa; ou seja, que o desenvolvimento sustentável é uma etapa natural do desenvolvimento associada ao de renda *per capita* e que, portanto, o crescimento econômico, catalizado pelo comércio exterior, conduziria os países irremediavelmente à preservação e à proteção do meio ambiente.

outros países, como havia afirmado SMITH (1776). Assim, especializando-se nos bens e serviços em que fosse relativamente mais produtivo, um país conseguiria maximizar a alocação de seus recursos e, assim, seu bem-estar econômico nacional (medidos em termos de volume de bens e serviços disponíveis para o consumo de suas populações). Mais que isso, maximizar-se-iam a alocação de recursos e o bem-estar econômico mundial.

Apesar da alteração de algumas hipóteses (inclusão de mais fatores de produção no modelo e flexibilização da hipótese de imobilidade de fatores) e de seu refinado aspecto formal (matemático e estatístico), a versão neoclássica da teoria das vantagens comparativas, cuja formulação mais conhecida é o Teorema de Heckscher-Ohlin, não parece introduzir modificações significativas no núcleo da teoria das vantagens comparativas (WILLIAMSON, 1983; GILPIN, 1987; DOSI et al., 1989; GONÇALVES, 1996)²⁸.

O teorema de Hecksher-Ohlin enuncia que um país tenderia a exportar aqueles bens e serviços cujo processo produtivo fosse intensivo no uso daqueles fatores em que registrasse abundância relativa e, inversamente, tenderia a importar aqueles em que verificasse escassez relativa (WILLIAMSON, 1983; GILPIN, 1987; DOSI et al., 1989; GONÇALVES, 1996; GANDOLFO, 1998; CAVES et al., 1999). Neste sentido, o principal elemento explicativo do padrão de comércio exterior passaria a ser a dotação relativa dos fatores de produção de cada país e não mais a diferença de tecnologia, pois a mobilidade de fatores garantiria a possibilidade de convergência tecnológica.

De qualquer maneira, à semelhança da teoria clássica, a proposição fundamental da versão neoclássica é que o comércio exterior seria vantajoso para todos os países envolvidos. Isto porque um país poderia se beneficiar do comércio exterior ainda que tivesse parcias dotações de recursos, pois o comércio permitir-lhe-ia centrar o esforço produtivo naqueles recursos em que apresentasse menores desvantagens comparativas (maior

²⁸ Cabe aqui destacar que a crítica da economia ecológica, colocada por EKINS et al. (1994) e DALY e GOODLAND (1994), ao princípio das vantagens comparativas não percebe estas mudanças em relação ao princípio clássico das vantagens comparativas. EKINS et al. (1994) e DALY e GOODLAND (1994) afirmam que o princípio das vantagens comparativas teria sua validade associada a diferenças tecnológicas e à imobilidade de fatores de produção, o que é verdade para o princípio clássico, mas não para o neoclássico (teorema de Hecksher-Olin), que independe destas hipóteses. Este equívoco, contudo, não inviabiliza a maior parte de suas críticas, as quais estão calcadas na diferença entre vantagens comparativas estáticas e dinâmicas, e no fato de o comércio exterior tender a ampliar a degradação ambiental na presença de “falhas de mercado”, como enfocar-se-á à frente.

disponibilidade de fatores) e, portanto, maximizar sua eficiência alocativa e seu produto econômico.

No que tange à questão do meio ambiente, embora nem sempre fique explícito nos modelos (os originais consideram apenas dois fatores, capital e trabalho, incorporando os recursos naturais ao fator capital), a economia ortodoxa reafirma o princípio das vantagens comparativas: a especialização comercial, sem distorções e de acordo com o princípio das vantagens comparativas, contribuiria para maximizar a eficiência de uso dos recursos ambientais²⁹ (WORLD BANK, 1992; GANDOLFO, 1998; CAVES et al., 1999). Primeiro, porque a renda adicional gerada com o comércio exterior contribuiria, diretamente, para financiar os custos de desenvolvimento e de implantação de tecnologias mais eficientes para a exploração, o processamento e o uso de recursos naturais e para abater custos de controle e tratamento de resíduos e de poluição advindos destas atividades econômicas. Segundo, porque o crescimento econômico, catalizado pela melhor alocação de recursos econômicos, induziria mudanças na estrutura produtiva e nas preferências individuais dos países no longo prazo em direção a uma maior preservação e proteção ambientais, reduzindo os impactos ambientais do próprio crescimento econômico. Tal afirmação conduz ao outro pilar da economia ortodoxa: a curva de Kuznets ambiental.

A curva de Kuznets ambiental é a representação formal de uma hipótese que postula que a relação entre o crescimento econômico (normalizado pela população) e a exploração de recursos naturais e/ou a degradação ambiental seguiria uma função de formato “u-invertido” (BERRAH, 1983; STROUT, 1985; MARTIN, 1988; WORLD BANK, 1992; GROSSMAN e KRUEGER, 1995; HAYAMI, 1997; BARBIER, 1997; COLE et al., 1997). Tal formato seria explicado pelo fato de as sociedades modernas seguirem uma trajetória evolutiva bem determinada em relação ao nível de produto econômico *per capita* (expresso, normalmente, pelo PIB *per capita*): na primeira fase, baixo PIB *per capita*, aumento progressivo do ritmo de exploração de recursos naturais e de degradação ambiental; na segunda fase, níveis de PIB *per capita* intermediários, estabilização do ritmo de exploração de recursos naturais e de degradação ambiental; na terceira fase, alto PIB *per capita*,

²⁹ “By promoting specialization and competition and encouraging technological progress, open trade and investment policies raise productivity and improve efficiency – including efficient use of environmental resources” (WORLD BANK, 1992: pp. 66 e 68).

redução do ritmo de exploração de recursos naturais e de degradação ambiental (vide Figura 2.2).

A primeira fase seria característica da passagem de uma sociedade arcaica para uma sociedade industrial moderna, expressando o esforço de construção e de expansão de infra-estrutura industrial e urbana e o estabelecimento de “padrões de consumo modernos” (substituição de trabalho humano e animal por trabalho mecânico, conforto térmico etc.). A segunda seria característica da maturação da sociedade industrial moderna, quando a infra-estrutura econômica e social já está, em boa medida, estabelecida e a difusão de tecnologias mais eficientes começa a mostrar seus efeitos. Esta fase seria a de vizinhança do ponto de inflexão da curva (um dado nível de renda *per capita*). A terceira fase seria característica de sociedades avançadas, nas quais se estabelece um processo de transformação econômica em favor de indústrias de alta tecnologia e do setor de serviços, de aperfeiçoamentos tecnológicos e de busca social por melhor qualidade de vida³⁰.

Note-se que a hipótese da curva de Kuznets ambiental traz em si a noção de que a preservação e/ou proteção ao meio ambiente é um “bem superior ou de luxo”, i.e. um bem cuja demanda é positivamente relacionada à renda. Assim, em níveis de renda baixos os indivíduos estariam dispostos a sacrificar “os serviços” de preservação e/ou proteção ao meio ambiente em favor de bens e serviços mais básicos (bens inferiores e normais); mas, a partir de um certo nível de renda, a demanda por “serviços” de preservação e proteção ambiental reagiria de maneira mais do que proporcional à renda, expressando os anseios por melhoria na qualidade de vida.

³⁰ Ressalte-se que uma das explicações da modificação da estrutura produtiva em favor de atividades menos intensivas em recursos naturais e poluição é que o comércio exterior permite que um país “delegue” a outros países a produção de bens e serviços intensivos em recursos naturais e poluição. Isto explica a utilização, no texto, do termo “exploração” ao invés de “uso” de recursos naturais, pois não há como se saber *a priori* (varia de caso-a-caso) se a redução da “exploração” também resulta na redução do “uso” de recursos naturais, ou se a redução da “exploração” é compensada pelo aumento da importação de recursos naturais ou de bens e serviços intensivos em recursos naturais. Para abordagens da curva de Kuznets ambiental considerando o comércio exterior vide, por exemplo, BRUYN et al. (1997), SURI e CHAPMAN (1998), ROTHMAN (1998), ANTWEILER et al. (1998) e AGRAS e CHAPMAN (1999).

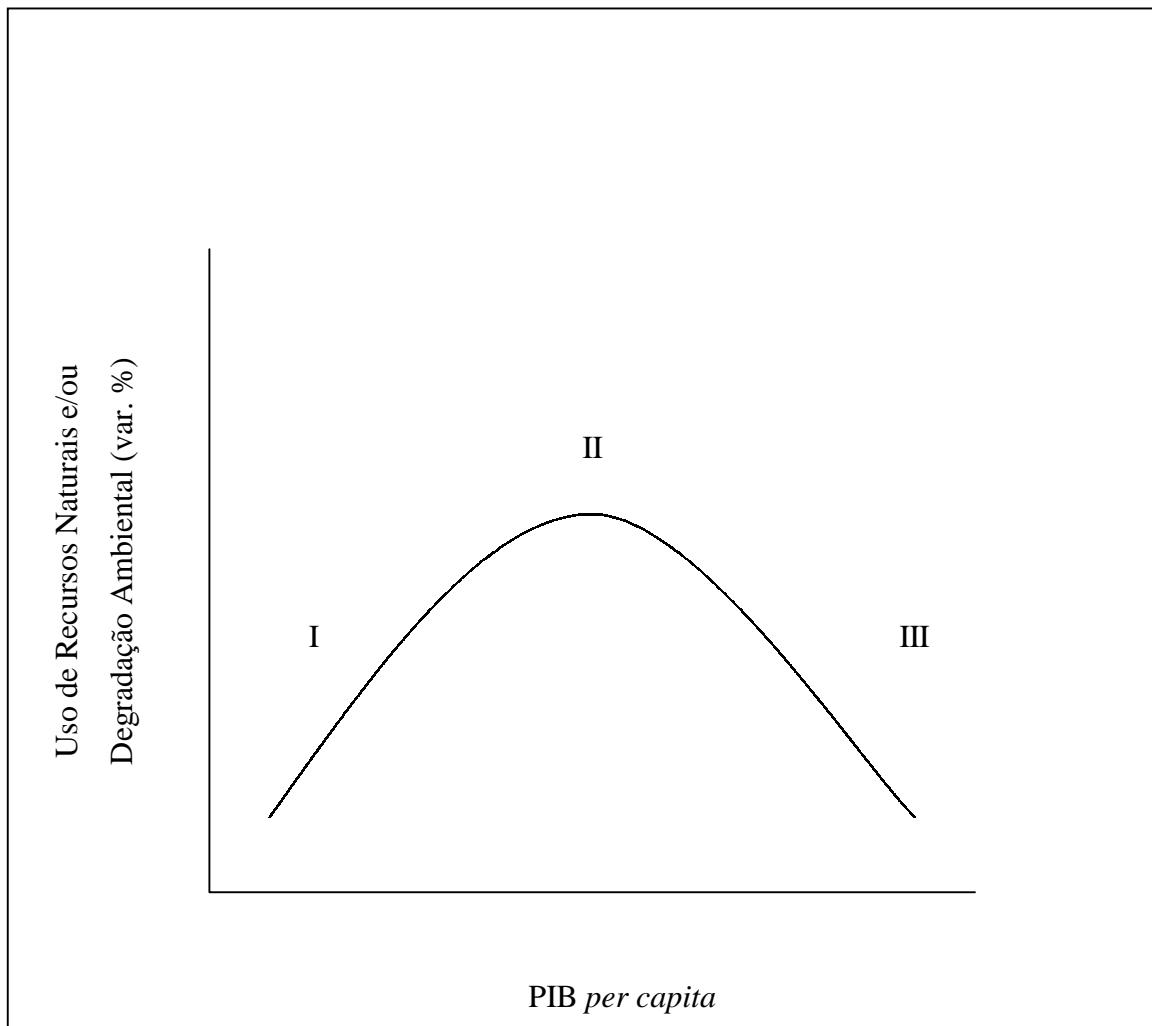


Figura 2.2 – Curva de Kuznets Ambiental

Fonte: Elaboração própria

De fato, vários estudos encontraram evidências de que, em certos casos (geralmente poluentes de natureza local), a hipótese da curva de Kuznets ambiental mostrava-se válida (BERRAH, 1983; MARTIN, 1988; WORLD BANK, 1992; GROSSMAN e KRUEGER, 1995; HAYAMI, 1997; BARBIER, 1997; COLE et al., 1997). Todavia, tais evidências foram utilizadas para generalizar, de maneira discreta ou explícita, o argumento de que haveria uma trajetória “natural” que permitiria passar de uma fase a outra via crescimento econômico, e que, portanto, a solução para a degradação ambiental seria o próprio crescimento econômico (BECKERMAN, 1992; WORLD BANK, 1992; GROSSMAN e KRUEGER, 1995).

Em última análise, pode-se dizer que, em sua origem, a economia ortodoxa praticamente ignora o mérito da questão comércio exterior-meio ambiente, entendendo que a solução do problema do meio ambiente encontrar-se-ia na própria busca por um melhor funcionamento dos mercados nacionais e internacional. Em outras palavras, a melhor maneira de se reduzir a degradação ambiental dos países, inclusive aquela associada ao comércio exterior, seria a retirada dos entraves e barreiras ao livre funcionamento do comércio exterior e dos mercados domésticos, para que a alocação ótima dos recursos e a maximização do crescimento econômico garantissem a melhoria da qualidade ambiental no longo prazo.

A concepção teórica da economia ecológica tem como ponto central de seu argumento os limites biofísicos do sistema econômico, os quais seriam colocados, em última instância, pelo sistema ecológico (DALY, 1968; GEORGESCU-ROEGEN, 1971; BOULDING, 1978; UMAÑA, 1981; DALY e COBB, 1989; COSTANZA et al., 1991; DALY, 1991 e 1993; ARROW et al., 1995)³¹. Assim, a ênfase da economia ecológica situa-se no fato de que a pretensa eficiência alocativa dos recursos econômicos pode não ser condição suficiente para garantir a sustentabilidade econômico-ecológica do sistema econômico³². É necessário também que a magnitude de uso de recursos naturais e de degradação ambiental associada à escala de funcionamento do sistema econômico não extrapole a capacidade de suporte do meio ambiente, para que a sustentabilidade econômico-ecológica do sistema econômico seja garantida (COSTANZA et al., 1991; DALY, 1991; ARROW et al., 1995). Em outras palavras, o desafio da humanidade, na visão da economia ecológica, é o de encontrar padrões de desenvolvimento econômico, e de comércio exterior, que observem a capacidade de suporte do meio ambiente e, assim, garantam a própria sustentabilidade econômico-ecológica das nações e do mundo como um todo.

³¹ Não é à toa que boa parte das referências da subseção “Conceitos e Princípios” é de representantes da economia ecológica.

³² Vale a pena mencionar uma analogia feita por DALY (1991): alocação ótima da carga em um barco não impedirá que o barco afunde, se o peso da carga estiver acima da “capacidade de carga” do barco. É para isto que existe a “linha de nível” das embarcações; para que se visualize o excesso de carga. É verdade, contudo, que uma alocação eficiente da carga permite, em vários casos (carga não homogênea), que se consiga transportar mais carga dentro do limite de peso (i.e. aproximar-se ao máximo do limite).

Cabe explicitar que esta corrente diferencia, corretamente, os conceitos de crescimento e de desenvolvimento econômico, denominando por crescimento o aumento meramente quantitativo de bens e serviços e por desenvolvimento o incremento da qualidade de vida das sociedades sem a degradação do meio ambiente em que vivem (a própria biosfera). O conceito de crescimento traz em si apenas a preocupação com a maximização da produção (e do consumo, nas concepções mais acuradas), tendo como restrição somente a minimização dos “custos de produção”. O conceito de desenvolvimento, por outro lado, coloca-se de maneira mais completa: maximizar a qualidade de vida ou bem-estar das sociedades, minimizando os aportes de energia e de materiais de baixa entropia (recursos naturais) do sistema ecológico para o econômico e os refugos de energia e de materiais de média e alta entropias (resíduos e poluição) do sistema econômico para o ecológico (GEORGESCU-ROEGEN, 1971 e 1976; DALY, 1974 e 1993).

Desse modo, a primeira crítica que a economia ecológica coloca à economia ortodoxa no que concerne à questão do comércio exterior-meio ambiente é justamente o fato de o comércio exterior, quando livre, ter a tendência a simplesmente exacerbar os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente; ou seja, incrementar os aportes de energia e de materiais de baixa entropia (recursos naturais) e os refugos de energia e de materiais de alta entropia (resíduos e poluição) associados à manutenção e à expansão do sistema econômico mundial (DALY e COBB, 1989; DALY, 1993; ANDERSSON et al., 1995).

Para a economia ecológica, por não diferenciar explicitamente os conceitos de crescimento e de desenvolvimento, a economia ortodoxa acaba estabelecendo uma rivalidade (*trade-off*), desnecessária, entre desenvolvimento e meio ambiente. Rivalidade que se impõe no crescimento, mas não necessariamente no desenvolvimento.

Na verdade, como aponta GEORGESCU-ROEGEN (1976), a posição correta da economia ecológica é aquela que foca nas taxas de uso dos recursos naturais (“retiradas” de energia e de materiais de baixa entropia do sistema ecológico) e de degradação do meio ambiente (“devolução” de energia e de materiais de alta entropia para o sistema ecológico). A discussão em torno do crescimento, embora se justifique historicamente - dada a alta correlação entre taxa de crescimento e taxas de uso de recursos naturais e de degradação do

meio ambiente -, apenas tornaria a discussão mais confusa (GEORGESCU-ROEGEN, 1976).

Ao aceitar os termos da discussão da economia ortodoxa (rivalidade entre crescimento e meio ambiente), a economia ecológica pareceria defender uma posição contra o aumento de bem-estar econômico, quando na verdade estaria preocupada é com a sustentabilidade econômica-ecológica do próprio bem-estar. Assim, a ênfase do argumento da economia ecológica deveria se colocar no “desperdício econômico” de energia e de materiais de baixa entropia e no “refugo” de energia e de materiais de alta entropia para o meio ambiente, o que pode inviabilizar a própria sustentabilidade do sistema econômico.

Voltando, especificamente, à questão do comércio exterior, a economia ecológica ressalta que o comércio exterior pode tornar um sistema econômico insustentável em termos econômico-ecológicos ou agravar situações já insustentáveis, pois tenderia a aumentar a escala dos impactos ambientais (DALY e COBB, 1989; DALY, 1993; EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994; ANDERSSON et al., 1995).

Assim, embora, em tese, o impacto seja associado à produção, na prática o comércio poderia criar alguns problemas que antes não se colocavam. Isto porque a abertura de um sistema econômico nacional ao comércio exterior faria com que este se confrontasse com uma demanda muito maior pelos bens ou serviços no qual se especializou, incrementando a produção destes bens ou serviços e a escala de seus impactos sobre o meio ambiente (taxa de exploração de recursos naturais e de degradação ambiental). Este aumento de escala pode ser decisivo para que o sistema ecológico tenha sua capacidade de suporte (regeneração e assimilação) ultrapassada, ameaçando a sustentabilidade econômica-ecológica do próprio sistema econômico. Um caso “clássico” é o da exportação de marfim pelos países africanos, mas a lista de casos é longa, apresentando diversos casos de monocultura e especialização de extração e processamento de recursos minerais para a exportação (PEARCE e WARFORD, 1993; MANNION, 1997; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

A economia ecológica aponta ainda outros problemas associados, embora não intrínsecos, ao comércio exterior. Para a economia ecológica, o comércio exterior dificultaria, por exemplo, a internalização dos impactos ambientais, pois colocaria a possibilidade de realocação espacial da produção de bens e serviços (*pollution havens*

hyptheses) para países cujos padrões ambientais fossem menos rígidos e posterior importação destes bens e serviços pelo país de padrão ambiental mais rígido (DALY e COBB, 1989; DALY, 1993; EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994; ANDERSSON et al., 1995)³³. Ademais, haveria o risco de a atividade regulatória ambiental dos países ser cooptada, por pressão competitiva, para fazer frente às práticas desleais de comércio (*ecodumping*), resultando numa tendência à flexibilização, ou mesmo redução, da regulação ambiental em todo o mundo (*race-to-the-bottom*).

Outra questão diz respeito à chamada “armadilha da especialização” para os países em desenvolvimento e fenômenos associados (RØPKE, 1994). De acordo com a economia ecológica, haveria uma tendência de os países em desenvolvimento ficarem “presos” às fases I e II da curva de Kuznets ambiental (intensivas em uso de recursos naturais e degradação ambiental) por causa da especialização comercial. Isto porque, haveria diversas falhas de mercado (barreiras à entrada como: economias de escala, curvas de aprendizado, escassez de capital, etc) que dificultariam o desenvolvimento de “indústrias nascentes” e, assim, a passagem à fase III da curva de Kuznets ambiental, adiando, talvez *ad infinitum*, o ponto de inflexão da curva. Este argumento aplicado à questão ambiental, em essência, não é diferente daquele levantado por Alexander Hamilton em *Report on the Subject of Manufactures* (1791) e por Friedrich List em *National System of Political Economy* (1841) em relação à “indústria nascente” e retomado mais tarde por PREBISCH (1959) e seus sucessores (seguidores e críticos) na análise sobre os problemas do desenvolvimento econômico da América Latina (GILPIN, 1987; HAYAMI, 1997; SANTOS, 2000).

A economia ecológica aponta ainda que à “armadilha da especialização” somar-se-ia uma tendência à deterioração dos termos de troca dos países em desenvolvimento (PEARCE e WARFORD, 1993; EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994)³⁴. Aqui também o argumento não é exatamente novo, mas sim expandido à questão ambiental. Os integrantes da CEPAL (Comissão para o Desenvolvimento Econômico da América Latina), a partir de PREBISCH (1959), e os partidários dos desdobramentos teóricos que se seguiram à tese cepalina já apontavam alguns destes problemas nos anos 60 e 70, embora

³³ Em termos práticos, não importa se a realocação é resultado de transferências de empresas já existentes ou do surgimento de novas empresas em países de regulação menos rígida.

³⁴ Para síntese dos argumentos, vide GILPIN (1987) e HAYAMI (1997). Este ponto será enfocado novamente mais à frente.

enfocando outros aspectos (SANTOS, 2000). Nos anos 80, diversas correntes teóricas revigoraram estes argumentos, privilegiando o impacto da dinâmica tecnológica sobre a competitividade de longo prazo das economias; vide, por exemplo, a nova teoria do comércio em KRUGMAN (1986), as teses neoshumpeterianas em DOSI e SOETE (1988) e DOSI et al. (1989), e a teoria da estratégia competitiva em PORTER (1990).

O argumento é que a divisão internacional do trabalho relegaria aos países em desenvolvimento a especialização em produtos similares (recursos naturais ou produtos intensivos em recursos naturais), alimentando uma tendência à deterioração, absoluta e/ou relativa (frente aos bens e serviços intensivos em conhecimento), dos preços destes produtos no mercado internacional no longo prazo (EKINS et al., 1994; DALY e GOODLAND, 1994)³⁵. Isto porque, por um lado, a maior parte dos países em desenvolvimento dependeria em grande medida da exportação destes produtos para pagar por suas importações, o que estimularia situações de excesso de oferta no mercado internacional destes produtos, levando à deterioração de seus preços (“mercado comprador”, ie. favorável ao consumidor). Por outro lado, tais produtos se caracterizariam, em geral, por reduzida elasticidade-renda da demanda no longo prazo para níveis mais elevados de renda (comportando-se como “bem normal” ou mesmo, em patamares de renda muito elevados, como “bem inferior”, cujas demandas reagem de modo proporcional ou menos que proporcional, respectivamente, ao aumento da renda), reforçando a tendência à deterioração, relativa, dos termos de troca dos países em desenvolvimento no longo prazo.

A economia ecológica ressalta também que alguns fatores concretos acarretariam no agravamento desta tendência à deterioração dos preços dos produtos exportados pelos países em desenvolvimento.

Primeiro, haveria uma inclinação dos países em desenvolvimento a compensar a deterioração dos preços de seus produtos via aumento do volume exportado, o que seria explicado pela rigidez estrutural causada pela “armadilha da especialização” (PEARCE e WARFORD, 1993; SCHIFF, 1994; EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e

³⁵ UNCTAD (1992) mostra que na década de 80 (1979-81/1988-90) o índice de preços dos principais produtos primários não-energéticos exportados pelos países em desenvolvimento cairam 50% em termos reais, resultando numa deterioração de 30% dos termos de troca destes países. As causas apontadas são as mesmas levantadas pela economia ecológica.

GOODLAND, 1994). Quando seguida por vários países competidores simultaneamente, esta estratégia criaria um efeito retro-alimentador, exacerbando a deterioração dos preços. Segundo, a crise de endividamento dos países em desenvolvimento, sobretudo nos anos 80, teria criado uma “armadilha do débito”, que ao incrementar a necessidade de geração de divisas destes países para fazer frente aos serviços da dívida teria reforçado, não raramente com incentivos governamentais, a “armadilha da especialização” e a tendência à deterioração dos termos de troca destes países (PEARCE e WARFORD, 1993; EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994).

Finalmente, em parte sob a alegação de que os países em desenvolvimento praticariam *dumping* ecológico e social, os países desenvolvidos erigiram barreiras comerciais, tarifárias e não-tarfárias, como compensação, criando ainda mais dificuldades ao acesso dos países em desenvolvimento aos mercados mais dinâmicos. Tal fato reforçaria a “armadilha da especialização”, sobretudo quando as barreiras são erguidas contra produtos mais elaborados dos países em desenvolvimento.

Nestes termos, como aponta RØPKE (1994), ao invés de “livre-comércio”, os países em desenvolvimento confrontar-se-iam com um “comércio-forçado” (ou “a qualquer custo”), dificultando inclusive a internalização dos danos ambientais por pressão competitiva espúria/predatória.

Em suma, de acordo com a economia ecológica, o comércio exterior e alguns fatores associados à estrutura de trocas internacionais tenderiam a exacerbar os impactos deletérios dos sistemas econômicos sobre o meio ambiente. Assim, na visão da economia ecológica, os eventuais ganhos de eficiência alocativa associados ao livre-comércio, em geral, não compensariam os danos ambientais associados ao aumento de escala de produção e os efeitos da especialização comercial sobre o meio ambiente. Além disso, mesmo quando o efeito líquido fosse favorável, a distribuição intra-geração (países desenvolvidos e em desenvolvimento) dos benefícios e dos custos econômicos e ecológicos do livre-comércio na estrutura de trocas vigente colocaria problemas de justiça social e de natureza ética importantes (EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994). Esse ponto é fundamental para a posição dos países em desenvolvimento nas negociações internacionais em meio ambiente e comércio exterior.

À guisa de conclusão, cabe avaliar ainda como ambas as concepções teóricas têm reagido aos argumentos apontados por seus adversários e às novas evidências apresentadas na literatura, bem como apontar a trajetória de evolução do debate e os consensos que começam a se firmar.

Os dois pilares fundamentais da economia ortodoxa no que concerne à relação comércio exterior-meio ambiente (teoria das vantagens comparativas e curva de Kuznets ambiental) têm sido alvo de muitas críticas ao longo das últimas décadas. Tais críticas não são, em geral, apontadas originalmente pela economia ecológica, embora sejam obviamente incorporadas por ela. Paradoxalmente, muitas críticas são colocadas pela própria economia ortodoxa ao investigar questões (como, por exemplo, padrões de comércio em mercados imperfeitos) para as quais as hipóteses e as proposições originais não são adequadas (BALDWIN, 1992; GANDOLFO, 1998; CAVES et al., 1999). Confrontada a novas evidências que abalaram sua fundamentação, a economia ortodoxa teve que incorporar pilares adicionais em sua estrutura teórica para sustentá-la e re-interpretar suas proposições anteriores.

Os sinais iniciais de “fadiga” na concepção da economia ortodoxa ocorreram no primeiro pilar, no princípio das vantagens comparativas. As críticas ao princípio das vantagens comparativas, em geral, dirigem-se a hipóteses específicas que restringiriam a aplicação da teoria das vantagens comparativas a poucas categorias de comércio exterior e que determinariam seu caráter estático (GILPIN, 1987; HAYAMI, 1998; GANDOLFO, 1998). Neste sentido, hipóteses como retornos constantes de escala, similaridade de preferências individuais com elasticidades-renda da demanda constantes e iguais para todos bens, atomicidade dos agentes, homogeneidade de produtos e exogeneidade da inovação tecnológica - i.e. condições de concorrência perfeita - impediriam a explicação de boa parte dos fluxos e dos padrões de comércio (sobretudo, de produtos industrializados), bem como a ocorrência de “anomalias” nos modelos ortodoxos originais (BALDWIN, 1992; GANDOLFO, 1998).

Assim, sob as hipóteses de retornos crescentes de escala e aprendizagem cumulativa e propagativa (*learning-by-doing* e *spillovers*), características de mercados de produtos industrializados, a nova teoria do comércio internacional mostra que podem haver situações onde a alternativa para a maximização do crescimento e do bem-estar não seria o livre-

comércio – i.e. *first best* -, mas alguma forma de intervenção governamental – i.e. *second best* (KRUGMAN, 1986; GILPIN, 1987; BALDWIN, 1992; GANDOLFO, 1998).

Tais modelos desenvolvidos pela “nova ortodoxia” são, de certa forma, compatíveis com o argumento da “indústria nascente”, desenvolvido por LIST (1841) e utilizado pela CEPAL nos anos 60 e 70. Sob as hipóteses de heterogeneidade das preferências individuais com elasticidades-renda da demanda variáveis e diferentes para os diversos bens e serviços - i.e. diferenciando-se bens inferiores, normais e superiores nas preferências³⁶-, a “nova ortodoxia” mostra que há casos em que a especialização num dado produto pode resultar em perdas econômicas relativas ou mesmo absolutas (“miserização”)³⁷ no longo prazo para países especializados neste produto. Esta observação é compatível com o argumento da “deterioração dos termos de troca dos países em desenvolvimento”, colocado por PREBISH (1959) e desenvolvido nas teses da CEPAL e em seus desdobramentos (SANTOS, 2000).

Outras críticas ao princípio das vantagens comparativas, embora mais heterodoxas, são igualmente importantes para abalar o caráter estático do modelo ortodoxo original. Os neoshumpeterianos, por exemplo, enfatizam a importância da dinâmica endógena de processos de inovação tecnológica (inclusive da diferenciação de produtos) na definição da trajetória de desenvolvimento e do padrão de comércio de longo prazo dos países (GILPIN, 1987; DOSI e SOETE, 1988; DOSI et al., 1989; FREEMAN e SOETE, 1997).

De acordo com esta visão, diferentes produtos conduziriam a trajetórias tecnológicas distintas, definindo círculos virtuosos ou viciosos de economias de escala, de escopo e de aprendizado, cujos efeitos dinâmicos seriam cumulativos, e que no longo prazo influenciariam na repartição dos benefícios do comércio³⁸. PORTER (1990), por outro lado, ressalta o caráter cada vez mais arbitrário, e menos “natural”, do padrão de comércio. Para PORTER (1990), longe de aceitar e aprofundar suas vantagens comparativas, as firmas

³⁶ Note-se que um mesmo bem pode assumir comportamentos diferentes em patamares de renda diferentes.

³⁷ Denomina-se “miserização” (immiserizing growth) um processo no qual o crescimento conduz a uma deterioração dos termos de troca tão violenta que um país verifica perda absoluta de bem-estar por causa de sua especialização; i.e., o país obtém menos produtos importados em troca de mais produtos exportados (GANDOLFO, 1998).

³⁸ Ressalte-se que, ao tornar a inovação tecnológica um processo firma-específico, os neoshumpeterianos resgatam, de certo modo, o postulado clássico da importância das diferenças tecnológicas na determinação do princípio das vantagens comparativas. Na versão neoclássica (teorema de Hecksher-Ohlin), a tecnologia é, implicitamente, entendida como um produto que pode ser adquirido no mercado internacional, levando à convergência tecnológica.

buscariam definir estratégias que lhe permitissem superar desvantagens competitivas e obter, manter e aprofundar novas competências e vantagens competitivas. Ressalte-se que tais críticas heterodoxas não são incompatíveis com a “nova ortodoxia”, embora tendam a aprofundar mais suas diferenças com a “velha ortodoxia”.

Cabe destacar que a flexibilização das hipóteses originais da economia ortodoxa (“velha ortodoxia”) não inviabiliza, na maior parte dos casos, a proposição de que a especialização e o comércio exterior gerariam benefícios econômicos, mas abala decisivamente o postulado de que o livre-comércio garantiria necessariamente a melhor alocação de recursos econômicos e que, por conseguinte, seria a melhor alternativa para maximizar o crescimento econômico – i.e. *first best* (KRUGMAN, 1986; GILPIN, 1987; BALDWIN, 1992; GANDOLFO, 1998). Simultaneamente, a noção de que mais comércio seria sempre melhor do que menos comércio também é fortemente abalada.

Assim, a economia ortodoxa passa a reconhecer que o padrão de especialização pode influenciar decisivamente a distribuição dos benefícios do comércio, e que as vantagens comparativas dos países são, em boa medida, “adquiridas” de uma maneira consideravelmente arbitrária e não desenvolvidas a partir de qualidades inatas³⁹ (GILPIN, 1987).

A economia ortodoxa torna-se, então, mais cuidadosa na defesa do livre-comércio, ou de mais comércio, reconhecendo que, em certos casos, a liberalização comercial poderia não otimizar a alocação dos recursos, nem maximizar o crescimento econômico (WORLD BANK, 1992; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999). Todavia, para a economia ortodoxa, a melhor política para superar estas “falhas de mercado” – i.e. *second best* - deveria ser o ataque pontual e preciso (se possível, temporário) do problema e não a restrição pura e simples ao comércio exterior (GILPIN, 1987; WORLD BANK, 1992; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999). Seu argumento é que estas “falhas de mercado” não são criadas pelo comércio exterior, antes são apenas exacerbadas. Assim, a ausência de comércio exterior não corrigiria estas “falhas de mercado”, somente impediria sua exacerbação. Esta linha de

³⁹ “The evolution of liberal [orthodox] trade theory suggests that liberal [orthodox] economists have begun to give more credence to the basic nationalist contention regarding the arbitrary nature of comparative advantage. They have had to come to terms with a world in which comparative advantage, international competitiveness, and the international division of labor result in large measure from corporate strategies and national policies” (GILPIN, 1987: p. 223).

argumentação também é aplicada pela economia ortodoxa à questão comércio exterior-meio ambiente, afirmando que o importante é que as externalidades ambientais sejam “internalizadas” nos preços de mercado, igualando custos privados e sociais e corrigindo as “falhas de mercado” (PEARCE e TURNER, 1990)⁴⁰.

As “fadigas” no outro pilar de sustentação (a curva de Kuznets ambiental) da concepção da economia ortodoxa no que concerne à questão comércio exterior-meio ambiente foram reveladas com maior facilidade. Isto porque, a hipótese da curva de Kuznets ambiental tem sua fundamentação teórica sobre uma relação empírica, expondo-a de maneira mais simples a testes de corroboração.

As críticas da economia ecológica à hipótese da curva de Kuznets ambiental apresentam dois focos, muitas vezes associados⁴¹. Primeiro, ressalta-se a natureza empírica da relação “u-invertida” da curva de Kuznets ambiental. A natureza empírica da hipótese faria com que seus resultados fossem apenas particularmente válidos (ARROW et al., 1995; BARBIER, 1997; VINCENT, 1997; UNRUH e MOOMAW, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000). Isto é, a relação seria comprovadamente válida apenas para o tipo de impacto estudado e nas condições temporais e espaciais consideradas.

De fato, as evidências apresentadas na literatura específica mostram que a curva de Kuznets ambiental “tenderia” a se verificar, particularmente, para danos de natureza local e de curto prazo (como SO₂, CO, NO_x, material particulado, água limpa, etc), mas não para danos de natureza regional e/ou global e de longo prazo (como lixo urbano, CO₂, CFCs, etc), que seriam positivamente relacionados à renda (WORLD BANK, 1992; GROSSMAN e KRUEGER, 1995; ARROW et al., 1995; BARBIER, 1997; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000).

⁴⁰“Sometimes, though, the requirements of sound economic policy may appear to jeopardize environmental goals. An example is liberalized policies for trade and investments, which often bring environmental improvement through greater economic efficiency but can sometimes lead to environmentally harmful changes in the structure of economic activity. In the latter case, it is usually more appropriate to introduce better policies for environmental protection than sacrifice economic gains by restricting trade” (WORLD BANK, 1992: pp. 65-66).

⁴¹ Vide BARBIER (1997), NORDSTRÖM e VAUGHAN (1999) e JAYADEVAPPA e CHHATRE (2000) para revisão abrangente da literatura e da evolução do debate sobre a curva de Kuznets ambiental.

Além disso, não existiria nenhuma garantia, nem mesmo para aqueles poluentes cujas evidências verificassem uma relação “u-invertida”, de que a inflexão seja permanente ao invés de temporária. Na verdade, há alguns trabalhos que mostram que, para certas formas de degradação ambiental ao menos, a curva de Kuznets ambiental apresentaria uma relação em formato de “N” – i.e., a partir de níveis de renda muito elevados a degradação ambiental voltaria a ser positivamente relacionada à renda⁴² (ARROW et al., 1995; BARBIER, 1997; DE BRUYN et al., 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

Neste sentido, embora a relação “u-invertida” seja verificada em testes com diferentes recursos naturais e poluentes e para países distintos (sobretudo, desenvolvidos), sua generalização para todos os tipos de recursos naturais e poluentes para todos os países seria tida como equivocada e inapropriada⁴³ (ARROW et al., 1995; BARBIER, 1997; UNRUH e MOOMAW, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000).

Segundo, questiona-se que o próprio formato “u-invertido” da curva de Kuznets ambiental seja mera e totalmente explicado pelo crescimento econômico ou pelo chamado “determinismo da renda” (ARROW et al., 1995; PANAYOTOU, 1997; DE BRUYN, 1997; MOOMAW e UNRUH, 1997; VINCENT, 1997; UNRUH e MOOMAW, 1998). Ou seja, a utilização da curva de Kuznets ambiental em sua forma-reduzida, com o nível de renda *per capita* sintetizando as diversas variáveis que influenciam a degradação ambiental (vide parágrafos anteriores sobre os pilares da economia ortodoxa), impediria o reconhecimento dos fatores determinantes da inflexão da curva e, por conseguinte, a implementação de medidas e políticas que incentivasse seu desenvolvimento. Este fato favoreceria também a generalização da idéia de que haveria uma relação “u-invertida” necessária entre deterioração ambiental e renda *per capita* e que o crescimento levaria “natural e automaticamente” à inflexão da curva de Kuznets ambiental (BECKERMAN, 1992).

⁴² Algumas hipóteses que vêm sendo estudadas para explicar esta nova fase da relação entre renda *per capita* e degradação ambiental são os efeitos hiper-riqueza sobre o padrão de consumo (2 ou 3 automóveis ou outros equipamentos eletrônicos na família, aumento do uso do automóvel privado e do número de viagens, etc) e “bumerangue” (*rebound effect* – os recursos liberados pelo aumento da eficiência no uso altera o padrão de consumo, anulando o ganho inicial). Vide, por exemplo, COHEN (2002).

⁴³ A essência deste tipo de crítica é a mesma da crítica moderna à lógica indutiva colocada por HUME (1737), KANT (1781) e POPPER (1959). Ou seja, não se pode traçar afirmações universais irrefutáveis a partir de observações particulares.

Assim, vários estudos passaram a estabelecer modelos mais complexos que considerassem outros fatores explicativos além do crescimento econômico. Em sua forma expandida, a curva de Kuznets ambiental explicita variáveis como estrutura industrial, tecnologia, comércio exterior, democracia e distribuição de renda, preços da energia e política ambiental (MOOMAW E UNRUH, 1997; PANAYOTOU, 1997; DE BRUYN, 1997; MCCONNELL, 1997; ROTHMAN, 1998; SURI E CHAPMAN, 1998; UNRUH e MOOMAW, 1998; TORRAS e BOYCE, 1998; AGRAS e CHAPMAN, 1999).

Os resultados desta nova série de trabalhos mostra que outras variáveis que não a renda explicariam melhor a inflexão da curva de Kuznets ambiental do que a própria evolução da renda, enfatizando a própria diferença entre crescimento e desenvolvimento. Em relação ao comércio exterior, argumenta-se que a transferência de atividades recursos naturais e poluentes intensivas para o exterior (*pollution havens hypothesis*) poderia explicar, em boa medida, a inflexão da curva, o que limitaria a replicação *ad infinitum* deste fenômeno (ou estratégia) pelos países em desenvolvimento (GROSSMAN e KRUEGER, 1995; ARROW et al., 1995; ROTHMAN, 1998; SURI e CHAPMAN, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; JAYADEVAPPA e CHHATRE, 2000).

Em suma, pode-se dizer que as críticas têm por foco a idéia de que haveria uma relação “u-invertida” necessária (“natural” ou automática), estrita (“determinismo da renda”) e abrangente (aplicável a todos os recursos naturais e poluentes) no longo prazo entre o desenvolvimento econômico, sintetizado no nível de renda *per capita*, e a exploração e/ou a degradação de recursos ambientais. Para os críticos a “qualidade” do crescimento da renda *per capita*, marcando a diferença entre crescimento e desenvolvimento econômico, é fundamental para a determinação dessa relação. Na verdade, há representantes da própria economia ortodoxa que reconhecem e concordam com essas críticas, embora enfatizem que para poluentes associados a danos locais e de curto prazo haveria fortes indícios de que a relação “u-invertida” tenderia a se verificar (GROSSMAN e KRUEGER, 1995 e 1996; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

Outra questão levantada pelos críticos diz respeito ao fato, em geral não abordado, de que mesmo que a curva de Kuznets ambiental seja válida é necessário que a inflexão da degradação ambiental ocorra num ponto abaixo do limite colocado pela capacidade de suporte do meio ambiente (ARROW et al., 1995; PANAYOTOU, 1997). Esta crítica

também é aceita pela economia ortodoxa (NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

Finalmente, pode-se dizer que a posição atual da economia ortodoxa é bem mais flexível do que sua posição original, estando também substancialmente mais próxima da concepção da economia ecológica. A economia ortodoxa passou a reconhecer a existência de várias “falhas de mercado” e de circunstâncias que inviabilizariam sua concepção teórica original de que o princípio das vantagens comparativas e a curva de Kuznets ambiental garantiriam a redução da degradação ambiental naturalmente (NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

Atualmente, a economia ortodoxa reconhece ainda que o impacto líquido do comércio exterior sobre o meio ambiente é uma resultante de escolhas sociais concretas dos países e que alguns países podem ganhar e outros perder ambientalmente por engajarem-se no comércio exterior em função de suas próprias escolhas (NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999). Por isto, admite que a liberalização do comércio, e dos mercados em geral, não é condição suficiente para se reduzir a degradação ambiental associada ao funcionamento dos sistemas econômicos; ao contrário, na presença de “falhas de mercado” e sob certas condições o livre-comércio pode até mesmo exacerbar a degradação ambiental (NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

Nesses termos, a economia ortodoxa passou a reconhecer a proteção ambiental como um objetivo tão genuíno quanto o livre-comércio, considerando a política ambiental um instrumento que não pode ser desprezado. Todavia, a economia ortodoxa enfatiza que em casos de danos de natureza local e de curto prazo a intervenção deve ser pontual, precisa e, se possível, temporária no mercado doméstico (para evitar as “falhas de governo”) Em casos de danos de natureza global (CO₂, CFCs, etc), dever-se-ia incentivar negociações de acordos multilaterais, procurando-se promover a harmonização da legislação ambiental. Isto desestimularia a “lógica do aproveitador” (*free rider effect*) que permeia a natureza “pública” - i.e., não-rival e não-excludente - do problema (BHAGWATI, 1993; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

É verdade, entretanto, que em virtude das diferenças na capacidade de assimilação dos ecossistemas e das diferenças nas preferências individuais, a alternativa da

harmonização da legislação ambiental poderia não promover a alocação mais eficiente dos recursos. Desse modo, a economia ortodoxa ressalva que, mesmo em casos de danos globais, a harmonização da legislação ambiental deveria ser abordada com muita cautela (BHAGWATI, 1993; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999). De qualquer forma, pode-se afirmar que, cada vez mais, os representantes da economia ortodoxa parecem dispostos a discutir com seus críticos as divergências teóricas remanescentes da questão comércio exterior e meio ambiente, enfatizando a necessidade de se buscar a compatibilização de políticas que promovam, simultaneamente, tanto o comércio exterior quanto a proteção ao meio ambiente (BHAGWATI, 1993; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

Por outro lado, cabe apontar as críticas colocadas pela economia ortodoxa à economia ecológica, bem como a reação da última às questões levantadas pela primeira. A primeira crítica diz respeito ao fato de a degradação ambiental não ser intríseca ao comércio exterior, à exceção dos danos associados ao transporte internacional de bens, mas sim associados à produção e ao consumo de bens e serviços (BHAGWATI, 1993; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999; WTO, 1999).

Neste sentido, o comércio exterior poderia “apenas” exacerbar a degradação ambiental via seus efeitos indiretos sobre a produção e o consumo de determinados bens e serviços. Por conseguinte, não haveria nenhuma garantia de que medidas que simplesmente inibissem o comércio exterior, sem atacar a verdadeira origem do dano (externalidades da produção e/ou do consumo do produto), seriam eficazes para resolver o problema. Ao contrário, a economia ortodoxa alerta que a perda da renda advinda do comércio exterior poderia gerar mudanças estruturais na economia prejudicada pela limitação ao comércio exterior cujo resultado poderia ser ambientalmente ainda mais deletério - comportamento predatório doméstico como “compensação” (NORSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

Por exemplo, o estabelecimento pelos países desenvolvidos de barreiras comerciais (ou banimento) à importação de madeiras nobres (mogno, jacarandá etc.) de países em desenvolvimento por motivo de proteção ambiental poderia gerar o desmatamento total da região florestal produtora para implantação de atividade agropecuária de subsistência ou para o mercado doméstico, tendo em vista compensar as reduções nos postos de trabalho e

na renda na atividade de exploração madeireira local (WORLD BANK, 1992; NORSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

Embora a economia ecológica reconheça este risco e concorde que seja necessário também eliminar ou reduzir a degradação ambiental em sua causa (produção ou consumo), alguns de seus representantes alegam que muitas vezes seria o comércio exterior que geraria a demanda por produtos em escala insustentável, e que criaria fluxos migratórios, desmatamento para construção de infra-estrutura urbana e econômica (rodovias e ferrovias) e incentivos a atividades que degradam o meio ambiente local⁴⁴ (PEARCE and WARFORD, 1993; DALY, 1993; EKINS et al., 1994; DALY e GOODLAND, 1994; RØPKE, 1994).

Outro ponto de discordância diz respeito à urgência e à gravidade dos problemas, provavelmente o maior contencioso entre ambas as concepções. Embora reconheça que, sob certas condições (especialização em atividades intensivas em recursos naturais e em poluentes), o comércio exterior poderia exacerbar a degradação do meio ambiente, a economia ortodoxa procura minimizar o fato. Isto porque, para a economia ortodoxa, a possibilidade de substituição entre capital natural, humano e manufaturado tornaria o problema menos dramático (SOLOW, 1956, 1974 e 1997; BARNETT e MORSE, 1963; WORLD BANK, 1992; STIGLITZ, 1997; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999). Nas palavras de SOLOW (1974: p. 11): “*if it is very easy to substitute other factors for natural resources, then there is in principle no ‘problem’. The world can, in effect, get along without natural resources, so exhaustion is just an event, not a catastrophe*”.

Assim, enquanto fosse possível substituir um tipo de recurso natural por outro (cobre por alumínio para fins de condutividade, por exemplo) ou por tecnologia (novos processos e técnicas de mineração, de processamento, de reciclagem e de despoluição, máquinas e equipamentos mais eficientes, novos materiais - fibra ótica, cerâmica supercondutora etc., por exemplo) não haveria problema na visão da economia ortodoxa.

A resposta da economia ecológica não é homogênea. Os partidários da chamada “sustentabilidade fraca” aceitam a idéia desde que o estoque de capital total disponível para

⁴⁴ LINDEN (2000) mostra alguns aspectos deste problema na Amazônia Brasileira. Embora o enfoque seja jornalístico, os interessados nesta questão têm nesta abordagem um ponto de partida para avaliar o problema (inclusive com fotos que permitem visualizar a dimensão concreta e sensível do problema).

a próxima geração permaneça intacto; ou seja, a soma total entre o capital natural, humano e manufaturado deve permanecer constante ao longo do tempo para garantir a sustentabilidade ecológico-econômica do sistema econômico (PEARCE e TURNER, 1990; ANDERSSON et al., 1995; PROOPS et al., 1999). Já os partidários da chamada “sustentabilidade estrita” entendem que capital natural e capital manufaturado são complementares e não substitutos, de tal modo que a noção de que seria possível substituir capital natural por outras formas de capital seria equivocada (DALY, 1968, 1974, 1997a e 1997b; GEORGESCU-ROEGEN, 1971 e 1976; DALY e COBB, 1989; SÖLLNER, 1997; OPSCHOOR, 1997; TISDELL, 1997).

O ponto central para o argumento da “sustentabilidade estrita”, ressaltado por GEORGESCU-ROEGEN (1976), é que não existiriam materiais e energia que não fossem de fato, ou em última instância, recursos naturais. Por exemplo, a substituição de borracha e fibra naturais por borracha e fibra “sintéticas” consiste, na verdade, na substituição de um tipo de recurso natural por outro, visto que o adjetivo “sintético” é uma substituição para “derivados do petróleo”⁴⁵. Mais do que isto, não existiria capital manufaturado (nem humano) que não demandasse, simultânea e complementarmente, capital natural (DALY, 1968, 1974, 1997a e 1997b; GEORGESCU-ROEGEN, 1971 e 1976; DALY e COBB, 1989). Como destacado na subseção anterior, o próprio princípio fundamental para a manutenção e a funcionalidade do sistema econômico seria o aporte de recursos naturais (materiais e energia de baixa entropia) e o refugo para o sistema ecológico de resíduos e de poluição (materiais e energia de alta entropia).

O aprofundamento desta discussão (vide: ECOLOGICAL ECONOMICS, 1997), no entanto, mostra que o embate diz respeito ao intervalo temporal relevante da análise e à gravidade dos impactos nos ecossistemas mesmo no curto prazo mais do que a uma irreconciliável diferença intrínseca à relação entre capital natural e capital manufaturado – substitutos ou complementares (DALY, 1997a e 1997b; SOLLOW, 1997; STIGLITZ, 1997; AYRES, 1997; PEARCE, 1997).

⁴⁵ Percebe-se, claramente, que a denominação correta deveria ser borrachas e fibras “de origem renovável” e “de origem não-renovável”, posto que ambas teriam “origem natural”.

O próprio SOLLOW (1997) reconhece que a atividade econômica seria, em essência, um processo de transformações físicas e que estaria sujeita às Leis da Termodinâmica (implicando numa complementaridade “essencial” entre capitais natural e manufaturado), embora ressalve que isto não tem importância prática para a modelagem no “tempo econômico”.

Por outro lado, mesmo Herman Daly e Georgescu-Roegen (principais representantes da “sustentabilidade estrita”) colocam, de certa forma, a possibilidade de substituibilidade entre capital natural e manufaturado, ao admitir que é possível reduzir a taxa de degradação entrópica via aproveitamento mais eficiente de materiais e de energia de baixa entropia, mediante inovações tecnológicas e alterações nos padrões de uso⁴⁶ (DALY, 1968, 1974, 1997a e 1997b; GEORGESCU-ROEGEN, 1971 e 1976). Não obstante, ressalvam que, no que concerne aos ganhos de eficiência associados a inovações tecnológicas, há um limite físico para essa redução, limite esse dado pelas Leis da Termodinâmica (DALY, 1968, 1974, 1997a e 1997b; GEORGESCU-ROEGEN, 1971 e 1976).

A análise cuidadosa dos argumentos desse embate teórico permite depreender que a imprecisão conceitual de ambos os lados, que advém do alto nível de abstração e de generalidade das discussões, talvez seja a principal razão para tantas discordâncias. Tal conclusão parece ser corroborada pelo fato de as posições, em geral, convergirem quando questões particulares são abordadas, forçando a maior precisão conceitual no debate.

CLEVELAND e RUTH (1997) e PEARCE (1997) conseguem colocar com clareza os problemas da substituibilidade e da complementaridade, mostranto que os mesmos resumem-se a uma questão de tempo e de espaço. O longo prazo “poderia” permitir o desencadeamento de mudanças tecnológicas e de padrão de uso e, assim, viabilizar a substituição de capital natural por manufaturado, entendendo-se por isto a redução dos aportes de energia e de materiais de baixa entropia necessários para prover o mesmo “serviço”. Em outras palavras, capital natural e capital manufaturado continuariam complementares (como requerido pelas Leis da Termodinâmica), mas a relação de proporcionalidade entre os mesmos “poderia” ser colocada em outro patamar em função de

⁴⁶ Para um estudo sobre os impactos do padrão de consumo das famílias sobre o uso de energia e as emissões de carbono no Brasil, vide COHEN (2002).

mudanças que “poderiam” ocorrer no tempo. A ênfase no “poderia” é para destacar que, ao contrário do que pressupõe boa parte da economia ortodoxa, a possibilidade de inovação tecnológica não garante a substituibilidade *a priori*, nem no longo prazo (em muitos casos, a elasticidade de substituição tende a zero).

Por outro lado, a substituibilidade também está associada à questão espacial. Isto quer dizer que não apenas a disponibilidade local de alternativas afetaria a possibilidade de substituição, como também que a possibilidade de “substituição global” não impediria a impossibilidade de “substituição local”. O primeiro ponto diz respeito, direta e essencialmente, à questão comércio exterior e meio ambiente, pois o comércio exterior ampliaria os limites de substituibilidade local e/ou nacional; ou seja, uma região ou um país não estaria limitado às possibilidades de substituição que se colocam regional ou nacionalmente. O segundo enfatiza que, mesmo quando é possível “substituir globalmente” uma relação entre capital natural e capital manufaturado por outra, espacialmente a substituibilidade poderia não existir, levando à falência de subsistemas ecológico-econômicos.

Ressalte-se, novamente, que o alto grau de incerteza sobre as complexas interrelações dos sistemas ecológicos poderia implicar em que certas “substituições” representassem, na verdade, “perdas líquidas”. DALY e GOODLAND (1994), EKINS et. al. (1994), ANDERSSON et al. (1995), entre outros, destacam que certos impactos ambientais que inicialmente se colocam como locais podem evoluir, em função da escala de impacto, para problemas globais. As emissões de gases associados à combustão de combustíveis fósseis constituem-se num exemplo claro desta incerteza. Inicialmente, tais emissões pareciam causar apenas problemas locais e regionais, como poluição atmosférica e “chuva ácida”. No entanto, descobriu-se, mais tarde, que o aumento da concentração atmosférica de Dióxido de Carbono contribui para a intensificação do efeito-estufa, tendo consequências sobre o regime climático do planeta. De maneira semelhante, os efeitos deletérios das emissões de CFCs sobre a camada de ozônio da atmosfera terrestre não eram percebidos inicialmente.

A economia ortodoxa critica também a hipótese, utilizada no argumento da economia ecológica (vide alguns parágrafos pregressos), de transferência de atividades recursos naturais e poluentes intensivas para países em desenvolvimento (*pollution havens*

hypothesis) em virtude de uma legislação ambiental mais permissiva, o que minaria o ímpeto regulatório nos países desenvolvidos (*race-to-the-bottom*). Segundo a economia ortodoxa, embora em tese a transferência fosse um resultado até esperado, na prática essa hipótese só se verificaría em alguns casos, mas não como regra (WORLD BANK, 1992; BHAGWATI, 1993; GROSSMAN e KRUEGER, 1995; OECD, 1997c; NORDSTRÖN e VAUGHAN, 1999).

De fato, alguns trabalhos mostram que, em geral, o peso do custo ambiental internalizado sobre o custo total de bens e serviços é muito pequeno - em média, 2-3% do custo total (TOBEY, 1990). De tal forma que, como regra⁴⁷, o custo ambiental apenas não é importante o suficiente para justificar transferências de indústrias para países com legislação ambiental menos rígida, negando o risco da “corrida pela permissividade ambiental” (TOBEY, 1990; PORTER e VAN DER LINDE, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999). A economia ortodoxa reconhece, contudo, que a permissividade ambiental somada a um conjunto de outros fatores mais relevantes (disponibilidade de recursos naturais, baixo custo de mão-de-obra, incentivos fiscais locais etc.) estaria levando algumas indústrias poluente-intensivas a se transferirem para países em desenvolvimento. Não obstante, tais transferências são vistas como compatíveis com o princípio das vantagens comparativas e não como uma “corrida pela permissividade ambiental” (WORLD BANK, 1992; BHAGWATI, 1993; GROSSMAN e KRUEGER, 1995; OECD, 1997c; NORDSTRÖN e VAUGHAN, 1999).

Sobre esse ponto, a réplica da economia ecológica é que a parcela do custo ambiental no custo total de produção dos bens só é pequena porque, mesmo nos países desenvolvidos, os custos ambientais não-internalizados são significativos (EKINS et al., 1994; RØPKE, 1994; DALY e GOODLAND, 1994). Assim, para não afetar a competitividade de suas indústrias frente às dos países em desenvolvimento, os países desenvolvidos estariam retardando o processo de internalização dos custos ambientais no custo total de produção de suas atividades econômicas. Ou seja, embora não se verifique uma “corrida pela permissividade ambiental” nos países desenvolvidos, registra-se uma redução no ímpeto da regulação ambiental nesses países. A posição dos EUA nas negociações sobre mudanças climáticas globais parece corroborar, em boa medida, esse argumento.

⁴⁷ As exceções seriam algumas atividades poluente-intensivas cujo custo ambiental representasse uma parcela elevada do custo total de produção de seus bens.

À guisa de conclusão, pode-se afirmar que parte considerável das divergências da economia ortodoxa em relação à economia ecológica está associada à forma de solução da questão ambiental (vide alguns parágrafos progressos); ou seja, à possibilidade de ocorrência de “falhas de governo” no estabelecimento de políticas ambientais. Assim, argumenta-se que, embora a questão ambiental seja legítima, seria necessário ser cauteloso na regulamentação de padrões e de taxas ambientais, pois as questões ambiental e social estariam sendo apropriadas por interesses protecionistas (o chamado “neoprotecionismo”), cuja motivação real seria erger barreiras tarifárias e não-tarifárias ao comércio exterior (WORLD BANK, 1992; BHAGWATI, 1993; OECD, 1997c; NORDSTRÖN e VAUGHAN, 1999). Esse ponto é a base da argumentação dos países em desenvolvimento nas negociações em comércio exterior e meio ambiente.

Outra tipo de “falha de governo” estaria associado à concessão de subsídios, diretos ou indiretos, ao uso de recursos naturais (incluindo energia) e à não-internalização dos custos da poluição – denominado *eco-dumping* (WORLD BANK, 1992; BHAGWATI, 1993; OECD, 1997c; NORDSTRÖN e VAUGHAN, 1999). Isto tenderia a estimular o sobre-uso de recursos naturais e a degradação ambiental, porque os preços não refletiriam os custos totais envolvidos na atividade econômica (WORLD BANK, 1992; BHAGWATI, 1993; OECD, 1997c; NORDSTRÖN e VAUGHAN, 1999). Pelo menos em relação ao segundo ponto, a economia ecológica parece concordar (PEARCE e WARFORD, 1993; EKINS et al., 1994; DALY e GOODLAND, 1994).

Finalmente, pode-se dizer que, embora ainda haja divergências na forma de solução dos problemas e na extensão e na urgência das medidas e das políticas a serem implementadas, boa parte das divergências teóricas entre a economia ortodoxa e a economia ecológica no que diz respeito à questão comércio exterior e meio ambiente parece ter sido equacionada, como procurou-se mostrar nesta subseção. Atualmente, a questão teórica de fundo no debate parece ser como solucionar as “falhas de mercado” associadas à deterioração ambiental (ênfase da economia ecológica), sem criar “falhas de governo” que possam impedir a solução “ótima” do problema e/ou criar outras distorções de mercado (ênfase da economia ortodoxa) e com que urgência (a questão mais relevante).

Na prática, contudo, a questão comércio exterior e meio ambiente ainda está longe de ser totalmente equacionada, sendo a negociação de seu considerável contencioso complexa e árdua em virtude da fragmentação e das contradições dos interesses envolvidos. Na seção a seguir procurar-se-á mostrar como tem evoluído a estrutura institucional internacional sobre o tema.

2.2 Meio Ambiente e Comércio Exterior: Evolução Institucional

Embora haja registros de negociações entre países para solucionar problemas ambientais de natureza internacional há muito tempo (algumas envolvendo ameaças de sanções comerciais)⁴⁸, a questão comércio exterior e meio ambiente só começou a aparecer como assunto realmente relevante na agenda internacional a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo em 1972 ou, simplesmente, Conferência de Estocolmo (PEARSON, 1993; SOROOS, 1999).

Na verdade, os próprios preparativos para a Conferência de Estocolmo já provocaram algumas reações institucionais no que concerne à questão do comércio exterior-meio ambiente. No início dos anos 70, sob a crescente conscientização social sobre a questão ambiental, o comitê de organização da Conferência de Estocolmo convidou a OCDE e o GATT a apresentarem contribuições sobre a questão comércio exterior-meio ambiente na Conferência em 1972 (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993; WTO, 1999).

Para preparar sua contribuição, a OCDE organizou grupos de trabalho para avaliar os eventuais efeitos econômicos internacionais de políticas ambientais na área de poluição industrial ambiental (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993). Estes trabalhos acabaram resultando na formulação, em 1972, de princípios diretores relacionados aos efeitos econômicos internacionais de políticas ambientais - *Guiding Principles Concerning the International Economic Aspects of Environmental Policies* (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993).

⁴⁸ SOROOS (1999) cita, por exemplo, a formação de uma comissão internacional no século XIX para incrementar a cooperação entre estados “ribeirinhos” em questões envolvendo navegação, hidrologia, controle de cheias e poluição nos rios Reno e Danúbio. PEARSON (1993) destaca negociações entre os EUA e o Canadá para tratar de poluição transfronteira nos anos 30 (*Trail Smelter Case*).

Nos Princípios Diretores, a OCDE estabeleceu o Princípio do Poluidor Pagador (PPP), o qual postula que o responsável pelo dano assuma os custos de implementação dos mecanismos de controle da poluição industrial, e sugeriu a harmonização dos padrões de qualidade ambiental dos produtos sempre que possível. Ademais, recomendava-se nos Princípios Diretores que os governos membros evitassem o uso de padrões de qualidade ambiental de produtos como barreiras não-tarifárias ao comércio e que importações fossem tratadas de maneira não discriminatória em relação ao produto doméstico (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993). Nos Princípios Diretores, estabelecia-se ainda que os países membros da OCDE não teriam o direito de usar mecanismos de ajustamento de preço de fronteira - tais como tarifas “verdes” e devolução (*rebate*) de custos de controle ambiental - para compensar as diferenças de regulação ambiental (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993).

À semelhança da OCDE, o GATT preparou um estudo (*Industrial Pollution Control and International Trade*), em 1971, empreendido pelo próprio secretariado, enfocando as eventuais implicações da introdução de controles de poluição ambiental sobre o comércio exterior (WTO, 1999). Neste estudo, o GATT reconhecia a necessidade de os governos atuarem para proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente, ressalvando que seria necessário também evitar a introdução de novas barreiras ao comércio exterior. Neste estudo, exploravam-se os problemas que teriam que ser solucionados na definição de linhas gerais de ação que permitissem o efetivo controle de poluição sem causar danos à estrutura de comércio exterior (WTO, 1999).

Na verdade, essa linha de abordagem, que prevalece em essência até hoje, já está colocada no próprio GATT, no Artigo XX, e nas emendas ao GATT (também chamados Códigos ou “Acordos Laterais”). O artigo XX, que institui as exceções às obrigações contratuadas no Acordo pelas partes (i.e., países-membros), estabelece em suas alíneas “b” e “g” que:

“Sujeito ao requerimento de que tais medidas não sejam aplicadas de uma maneira que constituiriam meios de discriminação arbitrária ou injustificada entre países onde as mesmas condições prevaleçam, ou como restrições disfarçadas ao comércio exterior, nada neste Acordo deve ser interpretado com a finalidade de prevenir a adoção ou o cumprimento, por qualquer uma das partes contratantes, de medidas:

(b) necessárias à proteção do ser humano, animal, planta viva ou saúde;

(g) relacionadas à conservação de recursos naturais exauríveis, se tais medidas forem tornadas efetivas em conjunto com restrições sobre a produção ou o consumo domésticos.”

[tradução própria *apud.* WTO (1999) e JACKSON (1993)].

Já os Acordos sobre Barreiras Técnicas ao Comércio e sobre Medidas Sanitárias e Fitosanitárias⁴⁹, os quais regulam a instituição de padrões e especificações técnicas (incluindo selo de qualidade ambiental), estabelecem que as partes podem instituir normas técnicas desde que estas sejam as mesmas da nação mais favorecida e que haja tratamento nacional⁵⁰, destacando que o Código de Padrões deve ser transparente e buscar a alternativa que afete menos o comércio exterior.

Finalmente, o Acordo sobre Subsídios estabelece as condições em que os governos nacionais podem conceder subsídios para a adequação de empresas a novas regulações ambientais: ser compatível com o GATT, ser unitemporal, não exceder 20% do custo de ajustamento, ser estritamente associado ao dano ambiental etc (JACKSON, 1993; GOLDBERG et al., 1995; WTO, 1999). Destaque-se que ser compatível com o GATT significa que a medida não seja discriminatória (Princípios da Nação Mais Favorecida e do Tratamento Nacional).

De qualquer forma, o estudo apresentado pelo secretariado em 1971 desencadeou discussões no GATT sobre a questão comércio exterior-meio ambiente e resultou no estabelecimento, em novembro de 1971, da primeira estrutura institucional do GATT para tratar especificamente do assunto: o Grupo sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior, conhecido por Grupo 1971 (WTO, 1999). O Grupo foi estabelecido com mandato específico para examinar questões envolvendo medidas de controle de poluição industrial e de proteção do meio ambiente humano e política comercial, e só deveria se reunir sob

⁴⁹ O Acordo de Medidas Sanitárias e Fitosanitárias consiste, na verdade, num caso específico de barreiras técnicas associadas a medidas sanitárias e fitosanitárias.

⁵⁰ Ressalte-se que os Princípios da Nação Mais Favorecida e o do Tratamento Nacional são o núcleo do GATT. O Príncípio da Nação Mais Favorecida estabelece que não pode haver discriminação entre produtos por país de origem, de tal forma que qualquer país receba o mesmo tratamento que é concedido à nação mais favorecida (aquele sujeita às menores tarifas comerciais e normas técnicas menos rígidas). O Príncípio do Tratamento Nacional estabelece que não pode haver discriminação entre produtos nacionais e importados, ou seja que o tratamento dado ao produto importado, intra-fronteiras, seja o mesmo concedido ao produto nacional.

solicitação dos países membros (*standby machinery*), quando e se algum caso surgisse (PEARSON, 1993; WTO, 1999). Curiosamente, até o início dos anos 90 (vinte anos) nenhuma solicitação havia sido feita por parte dos países membros, quando os países da Associação de Livre Comércio Européia sugeriram, na reunião ministerial do GATT em Bruxelas em 1990, que o mandato do Grupo 1971 fosse atualizado, permitindo que este fosse autorizado a estudar os diversos assuntos da questão comércio exterior e meio ambiente.

Cabe ressaltar que, nesta fase inicial, tanto a OCDE quanto o GATT tinham como perspectiva de análise o ponto de vista do sistema comercial face a implementação de políticas ambientais domésticas (efeito sobre a competitividade e uso de padrões ambientais como barreiras ao comércio). Em outras palavras, buscavam avaliar em que medida a internalização de impactos ambientais não criaria obstáculos à expansão e à liberalização do comércio exterior, e/ou influenciaria a competitividade dos países. Outras questões associadas ao comércio exterior, como o uso de restrições comerciais para garantir o cumprimento de objetivos ambientais, e os próprios impactos do comércio exterior e de políticas de liberalização comercial sobre o meio ambiente, ainda não eram abordadas nesse momento.

Foi a partir da Conferência de Estocolmo e do estabelecimento da UNEP (*United Nations Environment Program*), em 1972, que impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente e uso de restrições e/ou sanções comerciais para garantir a preservação ambiental começaram a se tornar assuntos prioritários na agenda internacional (THOMAS, 1992; PEARSON, 1993; SOROOS, 1999, ESTY, 1999). Desdobramentos institucionais resultantes das discussões desses assuntos podem ser observados através dos Acordos Multilaterais em Meio Ambiente (*Multilateral Environmental Agreements*, MEA) estabelecidos após a Conferência de Estocolmo. Entre os MEAs destacam-se a Convenção sobre Comércio Exterior de Espécies Nativas de Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção (CITES – *Convention on International Trade of Endangered Species*), em 1973, o Protocolo de Montreal para a Proteção da Camada de Ozônio da Terra (Protocolo de Montreal), em 1987, e a Convenção sobre o Controle de Movimentação Transfronteira de Resíduos Perigosos e seu Armazenamento (Convenção da Basileia), em 1989 - vide Tabela 2.2.1 (PEARSON, 1993; STEVENS, 1993; OECD, 1997a, 1997b e 1998).

Tabela 2.2.1 Acordos Multilaterais em Meio Ambiente Selecionados e Comércio Exterior

Acordo	Objetivo	Ano	Cláusula de Comércio	Número de Signatários
CITES*	Regulamentação do comércio exterior de espécies nativas de fauna e flora	1973	Estabelece condições de comércio segundo o risco de extinção (definido por espécie em anexos revistos periodicamente). Instrumentos: certificados de autorização, cotas ou banimento, documentação de registro e “marcação” (“etiquetação” e “marcação eletrônica”).	138 países
Protocolo de Montreal**	Banimento da produção, consumo e comércio exterior de substâncias danosas (ênfase nos CFCs) à camada de Ozônio da Terra	1987	Bane o comércio de CFCs e de outras substâncias danosas, o de produtos contendo CFCs e outras substâncias danosas e o de produtos que utilizem CFCs e outras substâncias danosas em seu processo produtivo. Instrumentos: cronograma de banimento (diferenciado para países em desenvolvimento), financiamento do custo de adaptação, transferência de tecnologia, sanções comerciais (inclusive para países não signatários)	163 países
Convenção da Basileia***	Regulamentação do comércio exterior, do manejo e do armazenamento de resíduos perigosos	1989	Estabelece as condições e os procedimentos para exportação de substâncias perigosas, reconhecendo a soberania nacional dos países para banir importações de substâncias perigosas. Instrumentos: Notificação formal do país exportador ao eventual país destino identificando as substâncias, os riscos associados e as normas de manejo e armazenamento; autorização formal do país destino para a importação das substâncias (inclusive dos países “de trânsito”); banimento das exportações de substâncias perigosas para países não-OCDE (Decisão I/22)	118 partes (117 países + Comunidade Européia)

Fonte: OECD (1997a, 1997b e 1998)

Notas: * Convenção sobre Comércio Exterior de Espécies Nativas de Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção; ** Protocolo para a Proteção da Camada de Ozônio da Terra; *** Convenção sobre o Controle de Movimentação Transfronteira de Resíduos Perigosos e seu Armazenamento.

Deve-se destacar que o aprofundamento das discussões sobre meio ambiente e comércio exterior é uma consequência do aumento do espaço dedicado à questão ambiental em geral na agenda internacional. Em outras palavras, a própria discussão sobre a degradação do meio ambiente impõe, cedo ou tarde, uma avaliação do papel do comércio exterior no problema. Isto porque, como procurou-se mostrar nas seções anteriores, o comércio exterior pode ser associado, direta ou indiretamente, a impactos sobre o meio ambiente.

Neste sentido, à medida que a questão ambiental foi ganhando legitimidade e espaço na agenda internacional, os organismos nacionais e internacionais voltados para a promoção e liberalização do comércio exterior passaram a ser “pressionados” a reconhecer a relevância e a legitimidade do tema (impactos do comércio exterior sobre o meio ambiente), e a buscar a acomodação entre as agendas da liberalização comercial e da proteção ao meio ambiente. Não é por outro motivo que vários grupos de estudos e comissões sobre meio ambiente e comércio exterior têm sido criados em organismos multilaterais como o Banco Mundial, a UNCTAD, a OCDE e a OMC (OECD, 1993 e 2000; UNCTAD, 1997; SOOROS, 1999; ESTY, 1999; WTO, 1999).

Assim, as mudanças que vêm ocorrendo nos arranjos institucionais do sistema internacional de comércio devem ser analisadas à luz de uma sequência de eventos na área ambiental, “detonada” a partir da Conferência de Estocolmo e da instituição da UNEP em 1972, e de seus impactos na comunidade internacional. Entre estes eventos destacaram-se: a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1983 (conhecida por Comissão Brundtland; nome do ex-Primeiro Ministro da Noruega que coordenou os trabalhos) e a divulgação de seu relatório denominado *Nosso Futuro Comum* em 1987 (WCED, 1987); a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) no Rio de Janeiro em 1992 (conhecida também como Conferência do Rio, Rio 92 ou Fórum Global – *Earth Summit*) e seus resultados como a Declaração do Rio, a adoção de princípios e planos de ação para o desenvolvimento sustentável ou Agenda 21, os acordos sobre mudanças climáticas e biodiversidade e a declaração dos princípios sobre florestas; o estabelecimento pela ONU da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*) para dar seguimento ao acordo sobre mudanças climáticas e da Comissão

para o Desenvolvimento Sustentável (CSD – *Commission on Sustainable Development*) para monitorar e auxiliar a implementação da Agenda 21.

A pressão estabelecida pelas Organizações Não-Governamentais (ONGs) para que os organismos econômicos internacionais (em particular, aqueles criados no âmbito do Acordo de Bretton Woods: Banco Mundial, Fundo Monetário Internacional e GATT) adotassem uma agenda “mais verde” também deve ser destacada (THOMAS, 1992; MCCOMICK, 1999).

Tais eventos tiveram em comum a noção da sustentabilidade sócio-ambiental do desenvolvimento econômico ou, simplesmente, desenvolvimento sustentável⁵¹ (THOMAS, 1992; PEARSON, 1993; SOROOS, 1999; BRYNER, 1999).

Nesse contexto é que os países-membros do GATT discutiram, em 1991, a necessidade de se atualizar e se expandir o mandado do Grupo 1971 (sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior) e de apresentar a contribuição do GATT à Conferência do Rio em 1992 (WTO, 1999). A ausência de consenso sobre a abrangência e a competência de um novo mandato levou à manutenção do mandato original, mas simultaneamente à solicitação para que o Grupo sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior examinasse três questões: as cláusulas envolvendo comércio exterior nos MEAs (por exemplo o Protocolo de Montreal, a Convenção sobre o Comércio de Espécies Ameaçadas de Extinção e a Convenção da Basileia), a transparência multilateral da regulação ambiental nacional com prováveis efeitos sobre o comércio, e os impactos sobre o comércio de novos padrões de embalagem e de etiquetação (selo de qualidade ambiental ou “verde”) com finalidade ambiental (WTO, 1999).

Nesta segunda fase, o Grupo sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior reuniu-se de novembro de 1991 a janeiro de 1994, quando encerrou seus trabalhos. A conclusão do Grupo foi que não haveria contradição, *a priori*, entre objetivos de política comercial e ambiental, e que eventuais problemas de coordenação das políticas não deveriam ser resolvidos em detrimento das regras acordadas no GATT e reforçadas na Rodada do

⁵¹ A WCED (1987: 46) define desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

Uruguai (WTO, 1999). Ademais, o Grupo reafirma a prescrição ortodoxa de que um sistema comercial aberto, seguro e não-discriminatório poderia facilitar a consecução de objetivos ambientais à medida que concorreria para a alocação ótima dos recursos e para o crescimento da renda real (WTO, 1999). Esta foi, também, a linha geral da contribuição do GATT à Conferência do Rio em 1992.

Apesar da visão expressa nas conclusões do Grupo sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior, no final da Rodada do Uruguai, os países-membros decidiram que o GATT deveria estabelecer um programa de trabalho sobre o assunto, tendo em vista acompanhar o desenvolvimento da agenda proposta na Conferência do Rio em 1992 (WTO, 1999). Isto levou à adoção na Conferência Ministerial do GATT em Marrakech, em abril de 1994, da Decisão sobre Comércio e Meio Ambiente, também chamada Decisão de Marrakech (WTO, 1999).

A Decisão de Marrakech destaca que salvaguardar o sistema multilateral de comércio não deveria ser contraditório com agir pela proteção do meio ambiente e pela promoção do desenvolvimento sustentável (WTO, 1999). A Decisão de Marrakech também revelou a disposição do GATT em coordenar políticas no campo de comércio e meio ambiente, embora sem extrapolar a competência do sistema multilateral de comércio, a qual seria limitada à política comercial e aos aspectos da política ambiental associados ao comércio que poderiam resultar em efeitos significativos sobre o comércio exterior (WTO, 1999). Finalmente, a Decisão de Marrakech determinou que a primeira reunião da Organização Mundial do Comércio (OMC), então a ser formada, estabelecesse o Comitê sobre Comércio e Meio Ambiente (CTE – *Committee on Trade and Environment*), o qual englobaria os Grupos de trabalho sobre Medidas Ambientais e Comércio Exterior e sobre a Exportação de Produtos Proibidos Domesticamente e Outras Substâncias Perigosas⁵² (WTO, 1999).

Na verdade, o próprio Ato Final da Rodada do Uruguai, que institui a OMC, já traz em seu preâmbulo a preocupação, explícita, em acompanhar as orientações colocadas na

⁵² O Grupo de trabalho sobre a Exportação de Produtos Proibidos Domesticamente e Outras Substâncias Perigosas reuniu-se entre setembro de 1989 a junho de 1991, sendo incorporado ao Comitê sobre Comércio e Meio Ambiente pela Decisão de Marrakech (WTO, 1999).

Declaração do Rio e na Agenda 21 como prioridade da agenda internacional em relação à busca pelo desenvolvimento sustentável:

“[As Partes Contratantes] Reconhecendo que suas relações nos campos comercial e econômico devem ser conduzidas com a visão de aumentar o padrão de vida, assegurar o pleno emprego e o amplo e estável crescimento dos volumes de renda real e demanda efetiva, e a expansão da produção e do comércio de bens e serviços, enquanto permitem o uso ótimo dos recursos mundiais de acordo com os objetivos do desenvolvimento sustentável, procurando tanto proteger quanto preservar o meio ambiente e aprimorar os meios para isto de uma maneira consistente com suas respectivas necessidades e preocupações em diferentes níveis de desenvolvimento econômico, (...) Determina a preservação dos princípios básicos e o aprofundamento dos objetivos subjacentes a este sistema multilateral de comércio.”

[tradução própria - *apud.* JACKSON (1993: p. 133); WTO (1999: p. 19)]

Assim, o CTE, instituído em janeiro de 1995 na primeira reunião da OMC, tal como estipulado pela Decisão de Marrakech, teria como tarefas:

“identificar as relações entre medidas comerciais e ambientais, tendo em vista promover o desenvolvimento sustentável”, e, “fazer recomendações pertinentes sobre quaisquer modificações nas provisões do sistema multilateral de comércio que fossem requeridas, desde que compatíveis com a natureza aberta, equitativa e não-discriminatória do sistema”

[tradução própria *apud.* WTO (1999: p. 52)].

Os termos de referência da agenda do CTE são explicitados em 10 itens, estabelecidos na Decisão de Marrakech, que perpassam todas as áreas do sistema multilateral de comércio -bens, serviços e propriedade intelectual (WTO, 1999). Acordou-se, em sua instituição, que o CTE seria aberto a todos os membros da OMC e que se reportaria à primeira Conferência Ministerial Bianual da OMC, quando seus trabalhos e termos de referência seriam revistos, à luz das recomendações do próprio Comitê (WTO, 1999). Além disso, o CTE deveria cumprir sua agenda de trabalho de forma transparente,

trocando informações com outros organismos internacionais e facilitando acesso aos resultados dos trabalhos às ONGs (WTO, 1999)⁵³.

Embora pareça ter avançado substancialmente no entendimento sobre as relações entre o comércio exterior e o meio ambiente, como resultado do aprofundamento de seus trabalhos no tema, pode-se dizer que as conclusões do CTE apresentadas à Conferência Ministerial da OMC em 1996 (Conferência de Singapura) não foram muito diferentes daquelas indicadas pelos grupos de trabalhos anteriores instituídos pelo GATT, nem das provisões definidas no Artigo XX do próprio GATT (WTO, 1999).

O relatório do CTE apresentado à Conferência de Singapura concluiu que as questões envolvendo o comércio exterior e o meio ambiente não modificavam os direitos e as obrigações de qualquer país-membro no âmbito dos Acordos da OMC (WTO, 1999). Ao contrário, a posição do CTE reafirmou que o sistema multilateral de comércio vigente teria a capacidade de acomodar considerações ambientais (inclusive os MEAs implementados), via Artigo XX do GATT, e de contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável sem comprometer caráter aberto, equitativo e não-discriminatório do sistema comercial (WTO, 1999).

Assim, as partes deveriam se comprometer a não introduzir medidas compensatórias e restrições comerciais inconsistentes com a OMC, na tentativa de contrabalançar quaisquer efeitos adversos, reais ou percebidos, sobre a economia e/ou a competitividade doméstica de políticas ambientais (WTO, 1999). Para o CTE, tal atitude abalaria a natureza aberta, equitativa e não-discriminatória do sistema multilateral de comércio, prejudicando a própria consecução de objetivos ambientais e a promoção do desenvolvimento sustentável (WTO, 1999). Além disso, embora reconhecesse o papel das restrições comerciais na garantia do cumprimento dos MEAs, o que poderia gerar atritos com as regras do GATT/OMC, o CTE destacou que esta política não seria a única, nem necessariamente a mais efetiva, a ser utilizada pelos MEAs (WTO, 1999). A cooperação internacional com financiamento de programas ambientais e transferência de tecnologia para países não-signatários foi apontada

⁵³ De fato, desde sua primeira reunião em fevereiro de 1995, o CTE tem permitido a participação, como observadores, de organizações internacionais interessadas no tema (como, por exemplo, o Sistema ONU – UN, UNCTAD, UNEP, UNDP, CSD e FAO –, o Banco Mundial, o FMI e a OCDE) e procurado se relacionar mais intensamente com as ONGs, quer via liberação de documentos e estudos internos mais rapidamente, quer participando em eventos organizados por estas organizações (WTO, 1999).

como uma forma importante de se induzir o cumprimento de objetivos dos MEAs, sem criar incompatibilidades com as regras do GATT/OMC (WTO, 1999).

À guisa de conclusão, pode-se dizer que os últimos 30 anos revelaram uma tendência de acomodação institucional da política ambiental no sistema multilateral de comércio. Apesar da insatisfação de parte dos especialistas e dos ativistas ambientais com as decisões da OMC no que diz respeito a aspectos da questão comércio exterior e meio ambiente⁵⁴, não há como negar a evolução institucional dessa questão nas últimas décadas. Ademais, há consensos relevantes se formando nas negociações internacionais sobre o tema (necessidade de tratamento abrangente, orgânico e balanceado), apontando para uma incorporação progressiva de cláusulas e/ou “Acordos Laterais” em meio ambiente no sistema multilateral de comércio.

A recente decisão, tomada em Doha (Catar) na última reunião ministerial da OMC (14/11/2001), de incluir o tema meio ambiente e comércio exterior na nova rodada de negociações sobre as regras do sistema multilateral de comércio, portanto, expressa a consolidação da tendência de institucionalização abrangente do tema no sistema multilateral de comércio. Tal decisão parece corroborar a expectativa de que, cedo ou tarde, esse tema será incorporado ao núcleo das regras da OMC, à semelhança do que ocorreu no NAFTA (WHALLEY, 1996; AUDLEY, 1997; WTO, 1999 e 2001; VOGEL, 1999; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000; BRAGA, MIRANDA e ALMEIDA, 2001)⁵⁵.

Todavia, o contencioso em meio ambiente e comércio exterior está longe de ser resolvido⁵⁶. As discussões sobre o assunto têm se tornado cada vez mais freqüentes e

⁵⁴ Em particular, com as decisões da OMC em painéis de cunho ambiental (disputa entre EUA e México no caso Golfinhos-Atum, por exemplo) e com a postura geral da OMC de resistir à utilização de regulação ambiental que rivalize com as regras do sistema multilateral de comércio (barreiras sobre processos e métodos de produção e utilização de sanções comerciais para o cumprimento de normas e acordos ambientais, por exemplo).

⁵⁵ Atualmente, o tema comércio exterior e meio ambiente encontra-se nas exceções às regras do GATT, Artigo XX, e difusa nos chamados Acordos Laterais (*Side Agreements*).

⁵⁶ No caso do Protocolo de Quioto, por exemplo, essa questão ainda não foi sequer abordada formalmente nas negociações, embora seja vital para a eficácia do acordo. Isso porque a possibilidade de “vazamento de carbono” (*carbon leakage*) dos países Não-Anexo I (não submetidos às metas de redução das emissões de carbono do protocolo) para países de Anexo I (submetidos às metas de redução das emissões de carbono do protocolo) via comércio exterior pode comprometer o objetivo último do acordo: reduzir a concentração atmosférica de carbono (WYCKOFF e ROOP, 1994; SCHAEFFER e SÁ, 1996; LENZEN, 1998; BRACK, GRUBB e WINDRAM, 2000; MUNKSGAARD e PEDERSEN, 2001; MACHADO, SCHAEFFER e WORRELL, 2001; ZHANG e ASSUNÇÃO, 2001).

intensas (JHA e VOSSENAAR, 2000; WTO, 1999). Na verdade, os participantes têm dificuldade, em virtude da fragmentação de interesses, de construir, em seus próprios países, posições coerentes a serem apresentadas nas rodadas de negociação.

Os países desenvolvidos, por exemplo, freqüentemente associados a posições favoráveis ao meio ambiente, muitas vezes, têm procurado salvaguardar pontos que afetem interesses particulares de alguns segmentos sociais (subsídios agrícolas, acesso a mercados, propriedade intelectual, financiamento e transferência de tecnologia a países em desenvolvimento, distribuição dos custos de impactos ambientais globais associados a suas sociedades etc.), ainda que haja inconsistências com os ideais genéricos de suas propostas. Não raramente, esses pontos afetam as perspectivas sócio-econômicas e ambientais de países em desenvolvimento, criando constrangimentos à própria promoção do desenvolvimento sustentável global. Outras, como no caso da posição norte-americana frente ao Protocolo de Quioto, ameaçam a própria implementação e a efetividade dos acordos internacionais em meio ambiente.

Por outro lado, temendo que a demanda por regras sobre comércio e meio ambiente seja motivada apenas pela captura política dos governos dos países desenvolvidos por segmentos sociais em busca de proteção comercial, os países em desenvolvimento têm adotado posturas refratárias nas negociações (WHALLEY, 1996; WTO, 1999; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000). Todavia, muitos dos pontos incorporados no tema meio ambiente-comércio exterior são fundamentais para desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, sendo, portanto, de seus próprios interesses a evolução das negociações.

A complexidade dos interesses pode ser resumida numa frase: como garantir a realização simultânea de dois objetivos legítimos (proteção ambiental e desenvolvimento econômico) que se chocam, intra- e inter-gerações, em vários casos? A resposta parece ser muito mais política (distribuição de ganhos e perdas) do que técnica, e daí a tensão do debate. Não obstante, nesta etapa inicial ainda há várias possibilidades de múltiplos ganhos, viabilizando a busca de sinergias entre ambos os objetivos, o que é reconhecido por todas as partes envolvidas no debate.

3. ENERGIA E CARBONO EMBUTIDOS NO COMÉRCIO EXTERIOR: CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Este capítulo encontra-se dividido em três seções: “Técnicas de Insumo-Produto na Avaliação de Energia e Poluentes Embutidos no Comércio Internacional: Uma Revisão Bibliográfica”, “Fundamentos e Formalização do Modelo de Insumo-Produto em Unidades Híbridas” e “Procedimentos e Preparação de Dados”.

Na primeira, apresenta-se uma ampla revisão dos trabalhos que avaliam os impactos do comércio internacional sobre o uso de energia e o meio ambiente mediante a aplicação de técnicas de insumo-produto. Desse modo, procura-se fornecer um panorama das contribuições sobre o assunto na literatura internacional, evidenciando-se resultados encontrados e conclusões.

Na segunda seção, expõem-se os fundamentos que nortearam as decisões metodológicas tomadas por este estudo e apresenta-se uma derivação formal do modelo utilizado (modelo de insumo-produto em unidades híbridas, numa formulação produto-por-atividade). Busca-se, nesta seção, justificar também as decisões metodológicas tomadas para o estudo.

Finalmente, na última seção, apresentam-se os procedimentos seguidos e as hipóteses assumidas na preparação dos dados para a aplicação do modelo selecionado à economia brasileira em 1985, 1990 e 1995.

3.1 Técnicas de Insumo-Produto na Avaliação de Energia e Poluentes Embutidos no Comércio Internacional: Uma Revisão Bibliográfica

Todos os bens e serviços produzidos em um sistema econômico estão direta e/ou indiretamente relacionados à utilização de energia e às emissões de CO₂ associadas às fontes de energia utilizadas. Por exemplo, para produzir um carro, uma empresa montadora de automóveis usa energia e emite CO₂ diretamente na linha de montagem, e também indiretamente visto que outras empresas usam energia e emitem CO₂, elas próprias, para produzir insumos para carros (pneus, chapas de aço, componentes plásticos, equipamentos elétricos, peças, etc), insumos para insumos para carros e assim sucessivamente. Alguns estudos chegam a apontar que, para a indústria automobilística, a proporção entre a energia

direta e a indireta utilizadas para a produção de um automóvel é de um para cinco (US CONGRESS, 1990).

Há dois métodos gerais para se avaliar os volumes totais (diretos e indiretos) de energia requeridos, e as emissões de carbono resultantes do uso desta energia, para se produzir determinados bens e serviços em um sistema econômico: análise de processo produtivo ou técnicas de insumo-produto (CHAPMAN, 1974; BULLARD et al., 1978; MILLER e BLAIR, 1985). Numa situação ideal ou em teoria (disponibilidade de dados desagregados e abrangentes), as estimativas geradas pelas análises de processo e de insumo-produto tendem a convergir. Na prática, contudo, o método ideal é selecionado com base no objetivo principal do estudo: abrangência ou precisão. É importante destacar, ainda, que ambos os métodos podem ser utilizados para se avaliar a energia e o carbono embutidos em produtos vendidos nos mercados nacional ou internacional.

A análise de processo permite que se utilizem dados energéticos mais apurados para bens ou serviços específicos, conferindo maior confiabilidade às estimativas da energia usada diretamente no processamento do produto e de seus principais insumos (energia indireta do produto) e, consequentemente, às estimativas de emissões de CO₂. No entanto, a aplicação deste método acarreta problemas de delimitação do sistema, trucagem da série de energia indireta e hipóteses simplificadoras para lidar com a complexidade da realidade (várias atividades econômicas, quantidade “ilimitada” de produtos, variação na composição das cestas de produtos, diferentes processos produtivos e funções de produção etc.). De fato, esses problemas restringem a utilização da análise de processo a sistemas bem delimitados e com fronteiras estreitas (em geral, produtos e processos específicos), bem como tornam as avaliações bastante sensíveis às decisões tomadas, arbitrariamente, pelo pesquisador (delimitação do sistema, trucagem e hipóteses simplificadoras).

A análise de insumo-produto, por outro lado, fornece uma representação abrangente, sistemática e consistente de uma economia. Todavia, essa técnica impõe, em geral, um nível de desagregação menor do que a análise de processo para produtos específicos, ainda que esse não seja necessariamente baixo⁵⁷. Assim, as tabelas de insumo-produto,

⁵⁷ As tabelas de insumo-produto originais do Brasil a partir de 1985, por exemplo, desagregam 80 produtos e 46 atividades, enquanto as dos EUA para 1992 desagregam a economia em 498 produtos e 498 atividades (IBGE, 1998; US DOC, 1998).

frequêntemente, definem “produtos típicos”, os quais podem não existir concretamente no mercado (por exemplo, “Produtos Siderúrgicos” é uma cesta composta por tarugos, placas, chapas, bobinas, perfis, tubos e outros produtos de aço).

Na verdade, o nível de desagregação de tabelas de insumo-produto é determinado pela escassez de informações detalhadas (quantidade “ilimitada” de produtos, em alguns casos, e sigilo empresarial, em outros) para todo o sistema econômico, e pelas complexidades de processamento do modelo⁵⁸. Desse modo, técnicas de insumo-produto são mais adequadas para se empreender análises de impacto abrangentes, fornecendo estimativas razoáveis ao pesquisador interessado em avaliações sintéticas, sistemáticas e consistentes⁵⁹. Tendo em vista os objetivos deste estudo, a análise de insumo-produto é, de fato, o método de abordagem mais adequado para se avaliar a energia e o carbono embutidos no comércio exterior brasileiro.

Avaliações de Energia e de Poluentes Embutidos no Comércio Exterior Utilizando-se Técnicas de Insumo-Produto

Tabelas de insumo-produto são representações sintéticas e coerentes de um sistema econômico. Tais tabelas descrevem as relações quantitativas de interdependência, normalmente expressas em valores monetários, entre atividades/produtos e agentes econômicos em determinado período de tempo, em quadros contábeis de dupla-entrada. Embora a história do pensamento econômico registre algumas tentativas de desenvolvimento de tabelas semelhantes, a versão moderna e acabada das tabelas de insumo-produto é atribuída a Wassily Leontief, e data do final dos anos 30 (LEONTIEF, 1936)⁶⁰. É a partir da aplicação de conceitos de álgebra linear a estas tabelas de transações econômicas que, no início dos anos 40, o próprio Leontief desenvolve um método de análise

58 A análise de insumo-produto é um modelo de equilíbrio geral. Portanto, as estatísticas básicas sobre o sistema econômico têm de ser compatibilizadas para que o modelo tenha coerência e consistência. Esse processo é complexo e intensivo em tempo, sendo sua complexidade e sua duração funções do nível de desagregação das tabelas de insumo-produto.

59 Cabe destacar que BULLARD et al. (1978) apresentam uma metodologia que permite combinar as análises de processo e de insumo-produto e, assim, detalhar ou desagregar produtos específicos nas tabelas de insumo-produto. Tal metodologia pode ser bastante útil quando se busca avaliar os impactos que a variação da demanda final de um produto específico pode ter sobre a economia como um todo (por exemplo, o impacto de “Computadores Pessoais” ao invés do de “Equipamentos Eletrônicos”).

60 QUESNAY (1758), MARX (1827), WALRAS (1874), entre outros, propuseram versões anteriores de tabelas de representação das interdependências estruturais de um sistema econômico (HIMA, 1977; MILLER e BLAIR, 1985; POLENSKE, 2000).

sistemático, consistente e coerente denominado análise de insumo-produto (LEONTIEF, 1941).

A análise de insumo-produto, numa abordagem de sistema aberto, permite que se avaliem impactos de variações de um vetor exógeno, a demanda final (Consumo das Famílias, Gasto do Governo, Investimentos, Variação de Estoques e Exportação), sobre um sistema econômico como um todo. Em sua versão tradicional (abordagem atividade-por-atividade), o modelo de insumo-produto é formalmente expresso pela equação:

$$O = (I - A)^{-1} Y \quad (\text{Eq. 1})^{61}$$

onde:

O é um vetor valor da produção por atividade;

$(I - A)^{-1}$ é a chamada matriz inversa de Leontief

Y é um vetor de demanda final.

Em tal modelo, a demanda final é a variável independente (determinada exogenousamente), os elementos da matriz inversa de Leontief são parâmetros que representam as relações técnicas (diretas e indiretas) entre as atividades econômicas em toda a cadeia produtiva, e o valor da produção por atividade é a variável dependente. Assim, utilizando-se esse modelo é possível contabilizar os impactos diretos e indiretos advindos de modificações nos componentes da demanda final. Dito de outra maneira, é possível estimar

⁶¹ A Eq. (1) pode ser facilmente derivada da identidade econômica $O = Z + Y$ [ou $O_i = z_{ij} + Y_i$], se se aceita a hipótese básica de proporções fixas de requisitos produtivos (insumos) para cada atividade expressa na matriz de coeficientes técnicos A [ou $a_{ij} = z_{ij} / O_j$]; onde O_i é o valor da produção da atividade “i”, z_{ij} é o montante de produtos elaborados pela atividade “i” que são utilizados como insumos (consumo intermediário) pela atividade “j”, Y_i é o montante de produtos elaborados pela atividade “i” que são demandados pelos usuários finais (demanda final) e a_{ij} é a proporção de insumos advindos da atividade “i” (coeficientes técnicos) requeridos pela atividade “j” para gerar sua produção O_j . A derivação formal do modelo tradicional de insumo-produto é apresentada em MILLER E BLAIR (1985), ou em qualquer trabalho que utilize tal modelo (ou mesmo nos bons manuais de princípios de economia). Na próxima seção apresenta-se a derivação formal para um modelo de insumo-produto numa abordagem produto-por-atividade.

os impactos totais da demanda final sobre a economia como um todo, atribuindo-os, direta ou indiretamente, à própria demanda final.

As técnicas de insumo-produto têm sido amplamente utilizadas na ciência econômica, sobretudo após o desenvolvimento dos sistemas de contas nacionais (SCNs) no pós-guerra (FIGUEIREDO, 1979; POLENSKE, 2000). Isto porque, os SCNs fornecem os dados básicos requeridos para a aplicação do modelo de insumo-produto às economias nacionais. Entretanto, as técnicas de insumo-produto só foram incorporadas ao instrumental de análise das questões ambientais cerca de duas décadas depois de seu desenvolvimento por Leontief. No final dos anos 60, DALY (1968), ISARD et al. (1968), AYRES e KNEESE (1969) e o próprio LEONTIEF (1970) introduziram a análise de insumo-produto na área ambiental.

A aplicação de técnicas de insumo-produto a questões ambientais permite que se rastreie num sistema econômico impactos ambientais direta e indiretamente associados a produtos demandados por usuários finais. Impactos ambientais que podem estar relacionados à exploração e ao uso de recursos naturais (como a energia) ou à geração de resíduos e/ou poluição (como as emissões de CO₂) decorrentes do funcionamento de um sistema econômico. Em outras palavras, é possível atribuir impactos ambientais totais à sua fonte última de demanda, o produto final.

Tal técnica teve papel destacado no desenvolvimento do instrumental da análise energética nos anos 70 e 80. WRIGHT (1974), HERENDEEN (1974a e 1974b), BULLARD e HERENDEEN (1975), BULLARD et al. (1978), COSTANZA (1981), HANNON et al. (1983), PROOPS (1983) e CASLER e WILBUR (1984) são exemplos de especialistas que utilizaram técnicas de insumo-produto como base metodológica de seus estudos de análise energética. Além disso, estudos baseados em técnicas de insumo-produto aplicadas à questão ambiental têm dado contribuições importantes para balizar a formulação de políticas energéticas e ambientais em vários países; vide, por exemplo, DARMSTADER et al. (1977), ÖSTBLOM (1982 e 1998), ROOP (1987), GOWDY e MILLER (1987), US DOE (1989), US CONGRESS (1990) e CASLER e BLAIR (1997).

O papel do comércio internacional na determinação do uso de energia e da qualidade ambiental é um tópico que tem sido particularmente analisado a partir da aplicação de técnicas de insumo-produto (WRIGHT, 1974; FIELEKE, 1974; BULLARD e HERENDEEN, 1975; HERENDEEN e BULLARD, 1976; HERENDEEN, 1978; STEPHENSON e SAHA, 1980; STROUT, 1985; ROOP, 1986; US DOE, 1989; US CONGRESS, 1990; HAN e LAKSHMANAN, 1994; WYCKOFF e ROOP, 1994; KHRUSHCH, 1996; SCHAEFFER e SÁ, 1996; YOUNG, 1996; CHANG e LIN, 1998; LENZEN, 1998; ÖSTBLOM, 1998; WIER, 1998; PROOPS et al., 1999). O objetivo dessas análises têm sido examinar de que maneira o comércio internacional afeta a demanda por energia dos países e/ou o meio ambiente, local e globalmente. Assim, avaliações dos volumes totais de energia e de poluentes embutidos no comércio internacional têm sido empreendidas para diferentes países, bem como para o fluxo global de comércio na economia internacional.

A Tabela 3.1 apresenta um breve sumário das principais conclusões dessas contribuições, enquanto a Tabela 3.2 mostra estimativas de energia e carbono embutidos no comércio internacional em países e anos selecionados.

Tabela 3.1 – Sumário das principais conclusões da literatura analisada sobre energia e poluentes embutidos no comércio exterior

Fonte	Conclusão
WRIGHT (1974)	Fluxos internacionais de energia balanceados para o Reino Unido em 1968, embora as importações de produtos não-energéticos fossem, em média, mais energo-intensivas do que as exportações de produtos não-energéticos.
FIELEKE (1974)	Importações norte-americanas de produtos não-energéticos em 1970 foram, em média, mais energo-intensivas que as exportações de produtos não-energéticos.
BULLARD e HERENDEEN (1975)	Fluxos internacionais de energia aproximadamente平衡ados para os EUA em 1967.
HERENDEEN e BULLARD (1976)	Fluxos internacionais de energia aproximadamente balanceados para os EUA em 1963, 1967 e 1973. Importações norte-americanas de produtos não-energéticos no período foram, em média, mais energo-intensivas que as exportações de produtos não-energéticos. Contudo, diante da pequena importância do comércio internacional frente ao tamanho da economia americana como um todo, essa diferença não impactou significativamente o uso total de energia dos EUA.
DARMSTADER et al. (1977) *	Fluxos internacionais de energia aproximadamente balanceados para os EUA, Canadá, França e Reino Unido em 1972. Itália mostrou-se um moderado exportador líquido de energia embutida em produtos não-energéticos, enquanto Suécia, Alemanha e Japão revelaram-se exportadores líquidos consideráveis de energia embutida em produtos não-energéticos em 1972.
HERENDEEN (1978)	Fluxos internacionais de energia aproximadamente balanceados para a Noruega em 1973, embora as exportações norueguesas de produtos não-energéticos em 1973 fossem, em média, significativamente mais energo-intensivas do que as importações de produtos não-energéticos.
STEPHENSON e SAHA (1981) *	Nova Zelândia revelou-se um importador líquido de considerável energia embutida em produtos não-energéticos em 1976. Principais motivos: importância do comércio exterior na economia, déficit comercial em 1976 (importações > exportações) e especialização das exportações (produtos primários) e das importações (produtos industrializados).
ÖSTBLOM (1982)	Principal motivo da redução na razão energia/PIB na Suécia no período 1973-78 foi a diminuição do peso das exportações de produtos energo-intensivos (sobretudo “Papel e Celulose” e “Metais Básicos”) na demanda final da economia sueca no mesmo período.
STROUT (1985) *	Energia embutida nas importações mundiais representou 40% dos recursos energéticos (energia direta) comercializados internacionalmente em 1967. Além disso, 37% da energia embutida nas importações mundiais estavam relacionadas a produtos energo-intensivos, o que equivalia a 15% dos recursos energéticos (energia direta) transacionados no mercado internacional.

(Continua)

(Continuação)

ROOP (1986)	EUA foram importadores líquidos de energia embutida em produtos não-energéticos no período 1972-84, com o saldo crescendo de um volume quase desprezível em 1972 para um montante mais significativo em 1984 (3% do uso total de energia dos EUA). Importações norte-americanas de produtos não-energéticos no período foram, em média, mais energo-intensivas que as exportações de produtos não-energéticos (contudo, ambas registraram tendências de queda no período).
US DOE (1989)	EUA foram importadores líquidos de energia embutida em produtos não-energéticos no período 1972-84, com o saldo ampliando-se de cerca de 2% do uso total de energia dos EUA em 1972 para 4% em 1984. Importações norte-americanas de produtos não-energéticos no período foram, em média, mais energo-intensivas que as exportações de produtos não-energéticos (contudo, ambas registraram tendências de queda no período). [Este trabalho é, na verdade, uma versão mais elaborada e revisada de Roop (1986), diferenciando-se sobretudo por apresentar uma análise teórica mais detalhada.]
US CONGRESS (1990)	Ao se contabilizar a energia embutida nas importações de produtos não-energéticos, o uso de energia dos EUA revelou-se 9% mais alto em 1985. Comércio exterior foi a segunda maior causa de mudanças no uso de energia associada à demanda final nos EUA no período 1972-85 (a primeira foi o consumo das famílias).
HAN e LAKSHMANAN (1994)	Principais motivos da redução de 23% na razão energia/PIB no Japão no período 1975-85 foram as modificações na composição das exportações em favor de produtos de menor intensidade energética (respondeu por 55% da redução total), superando inclusive o efeito da diminuição dos coeficientes de intensidade energética dos produtos (explicou 37% da redução). Mudanças na estrutura das importações de produtos não-energéticos não foram significativas para explicar a redução da razão energia/PIB no Japão neste período (responderam por menos de 1% da redução).
WYCKOFF e ROOP (1994)	Carbono embutido nas importações de produtos manufaturados dos 6 maiores países da OCDE (Alemanha, Canadá, EUA, França, Japão e Reino Unido) equivaleu, em média, a 13% do total de emissões de carbono destes países em 1984/86. Estimativas indicaram que pode ocorrer “vazamento de carbono” para países não comprometidos com metas de redução de emissões de carbono, caso tais medidas se foquem apenas nas emissões domésticas dos países comprometidos com os acordos de redução de emissões.
KHRUSHCH (1996)	Carbono embutido nas importações de produtos manufaturados dos 11 países da OCDE considerados (Alemanha, Dinamarca, EUA, Finlândia, França, Holanda, Itália, Japão, Noruega, Reino Unido e Suécia) aumentou de uma média de 9% do total das emissões de carbono destes países em 1970 para 15% do total das emissões de carbono dos mesmos países em 1990. Os resultados encontrados reafirmaram a possibilidade de ocorrer “vazamento de carbono” para países não comprometidos com metas de redução de emissões de carbono.
SCHAEFFER e SÁ (1996) **	Brasil passou de importador líquido de energia e de carbono embutidos em produtos não-energéticos no período 1970-79 para exportador líquido de energia no período de 1980-93. O coeficiente de intensidade energética das importações foi maior do que o das exportações em todo o período 1970-93, enquanto a energia embutida nas exportações foi menor do que a das importações no período 1970-79 e maior em 1980-93. O mesmo padrão foi seguido pelo carbono embutido nas exportações e importações.

(Continua)

(Continuação)

YOUNG (1996)	As concentrações de poluentes nas águas (BOD e metais pesados) e na atmosfera (material particulado, SO ₂ , NO _x , HC e CO) do Brasil revelaram-se, em boa medida, relacionadas ao crescimento das exportações no período 1980-85. O nível de poluentes associados às exportações aumentou significativamente sua participação relativa frente aos demais componentes da demanda final em todos os poluentes considerados no período 1980-85.
CHANG e LIN (1998)	Os principais motivos do crescimento das emissões de carbono em Taiwan no período 1981-91 foram os aumentos nos níveis de demanda final doméstica e das exportações. Redução da intensidade de carbono dos produtos e mudança da composição estrutural da economia (inclusive exportações) em favor de produtos de menor intensidade de carbono não foi suficiente para compensar os aumentos nos níveis de demanda final doméstica e exportação no período.
LENZEN (1998)	Austrália foi exportador líquido de energia e carbono embutidos em produtos não-energéticos em 1992/93.
ÖSTBLOM (1998)	Coeficientes de intensidade de CO ₂ e SO ₂ das exportações da Suécia em 1991 foram maiores do que os coeficientes de todos os outros componentes da demanda final. No caso dos coeficientes de intensidade de NO _x , as exportações apresentaram o segundo maior coeficiente. O cumprimento de acordos do governo sueco para a redução das emissões dos poluentes considerados requerem mudanças na economia sueca, em particular da composição das exportações, em favor de atividades menos poluentes-intensivas.
WIER (1998)	Os principais determinantes de mudanças nas emissões de CO ₂ , SO ₂ e NO _x na Dinamarca no período 1966-88 foram o nível de atividade econômica do período e a redução dos coeficientes de intensidade energética (associados aos poluentes considerados por fatores de emissões). Todavia, o efeito da composição das exportações sobre a estrutura industrial foi também significativo, sobretudo para o CO ₂ . Em 1988, as exportações representaram 24%, 25% e 30% do total de emissões de CO ₂ , SO ₂ e NO _x , respectivamente, associados à demanda final da Dinamarca.

Notas: * Assumem-se os coeficientes de intensidade energética dos EUA em 1967 como proxy; ** Usam-se os coeficientes de intensidade energética dos EUA de 1967 e 1977 corrigidos pela matriz energética do Brasil como proxy.

Tabela 3.2 – Estimativas de energia e carbono embutidos no comércio internacional para países e anos selecionados (% do uso total de energia primária ou das emissões de carbono)

Fonte	País	Ano	Ex	Em	Cx	Cm
WRIGHT (1974)*	Reino Unido	1968	15	15	-	-
FIELEKE (1974)** #	EUA	1970	3	4	-	-
BULLARD HERENDEEN (1975)	e EUA	1967	5	4	-	-
HERENDEEN BULLARD (1976)	e EUA	1963-73	5-6	5-6	-	-
DARMSTADER et al. (1977)*	EUA Canadá França Alemanha Itália Holanda Reino Unido Suécia Japão	1972 1972 1972 1972 1972 1972 1972 1972 1972	7 28 40 51 38 70 29 56 27	8 26 42 38 33 69 28 44 14	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
HERENDEEN (1978)	Noruega	1973	48	50	-	-
STEPHENSON e SAHA (1980)	Nova Zelândia	1976	26	47	-	-
ROOP (1986)**	EUA	1972-84	3-4	4-6	-	-
US DOE (1989)	EUA	1972-84	4-6	6-10		
WYCKOFF e ROOP (1994)	Canadá França Alemanha Japão Reino Unido EUA Média (6-OCDE)	1986 1985 1986 1985 1984 1985 1984/86	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	23 40 20 8 26 9 13
KHRUSHCH (1996)	Média (11-OCDE)	1970-90	-	-	-	9-15
SCHAEFFER e SÁ (1996)	Brasil	1979-94	10-27	15-19	11-22	22-22
CHANG e LIN (1998)	Taiwan	1981-91	-	-	55-48	-
LENZEN (1998)	Austrália	1992/93	27	24	31	19
WIER (1998)	Dinamarca	1988	-	-	24	-

Notas: Ex = energia embutida nas exportações de produtos não-energéticos; Em = energia embutida nas importações de produtos não-energéticos; Cx = carbono embutido nas exportações de produtos não-energéticos; Cm = carbono embutido nas importações de produtos não-energéticos.

* Uso total de energia primária obtido em OECD (1989); ** Uso total de energia primária obtido em US DOE (2000); # Exportações e importações de produtos não-energéticos obtidas em WORLDBANK (1990).

A conclusão geral que pode ser derivada da literatura analisada é que, como seria de se esperar, quanto mais aberta a economia maior o impacto que o comércio internacional tem sobre a determinação do uso de energia e da geração de poluentes nos países. Não obstante, o desbalanceamento dos montantes transacionados, a composição das pautas de exportação e importação, e a tecnologia de processamento dos produtos e de seus insumos podem afetar decisivamente as magnitudes e os saldos dos fluxos internacionais de energia e de poluentes.

Os resultados encontrados por esses estudos evidenciam que não se pode negligenciar os volumes de energia e poluentes embutidos nas exportações e importações de produtos não-energéticos em uma economia relativamente aberta, sob pena de se distorcer o entendimento dos padrões de uso de energia e de geração de poluentes deste sistema econômico, quer seja ele nacional ou internacional. Com efeito, à medida que vários fatores podem interferir no resultado líquido dos fluxos internacionais de energia e de poluentes, não é possível derivar, a priori, quais economias podem ter seus padrões de uso de energia e de geração de poluentes decisivamente afetados pelo comércio exterior. Assim, análises caso-a-caso são necessárias para se avaliarem os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e sobre a geração de poluentes nos sistemas econômicos.

Em última análise, a literatura analisada mostrou que o comércio exterior pode ter um papel destacado na determinação do uso de energia e da geração de poluentes de sistemas econômicos relativamente abertos e do mundo como um todo. Tal papel parece ser ratificado pelas transformações econômicas que vêm ocorrendo nas últimas décadas na economia mundial (processo de globalização econômica), sendo a expectativa dos especialistas que o comércio exterior assuma uma posição ainda mais relevante no futuro (UNCTAD, 1994; OECD, 1997c; DICKEN, 1998). Todavia, uma abordagem caso-a-caso ainda é necessária para se revelar se determinado país deve ou não estabelecer políticas específicas para lidar com os impactos do comércio exterior sobre seu padrão de uso de energia e de geração de poluentes. Neste trabalho, enfocam-se, em particular, os impactos do comércio internacional sobre o padrão de uso de energia e de emissões de CO₂ da economia brasileira em 1985, 1990 e 1995.

3.2 Fundamentos e Formalização do Modelo de Insumo-Produto em Unidades Híbridas

O princípio metodológico fundamental para se estimar a energia e o carbono embutidos no comércio exterior consiste em multiplicar, respectivamente, os coeficientes totais de intensidade energética e de carbono pelas estatísticas de comércio internacional em valores monetários (vetores de exportação e importação). Dessa forma, o primeiro passo para o desenvolvimento deste estudo é a determinação dos coeficientes totais de energia e carbono para a economia brasileira nos anos selecionados, tendo em vista sua aplicação aos vetores de exportação e importação da economia brasileira.

Neste trabalho, utiliza-se o chamado modelo de insumo-produto em unidades híbridas (modelo em unidades híbridas doravante) numa abordagem produto-por-atividade para se estimar os coeficientes totais de energia e de carbono para a economia brasileira em 1985, 1990 e 1995. Tendo em vista tornar mais transparentes as escolhas metodológicas realizadas por este estudo, cumpre justificar os anos selecionados para a pesquisa, bem como a abordagem e o modelo adotados.

Os anos de 1985, 1990 e 1995 foram selecionados por se tratarem de marcos na evolução recente da economia brasileira (inclusive marcos institucionais tais como início de mandatos na esfera federal do Poder Executivo), permitindo avaliar os impactos do processo de liberalização econômica sobre o uso de energia e as emissões de carbono por parte do país. Isto porque, a economia brasileira é significativamente fechada em 1985 (início do Governo Sarney), sofre um vigoroso processo de liberalização econômica a partir 1990 (início do Governo Collor), e atinge considerável grau de abertura em 1995 (início do Governo Cardoso), quando as transformações já estão, em boa medida, consolidadas. Ademais, esses anos têm a vantagem de serem anos-base para as Tabelas de Insumo-Produto do IBGE, evitando-se erros relacionados à utilização dos coeficientes de impacto em anos que não o ano-base em um período de fortes mudanças estruturais.

Por outro lado, utiliza-se uma abordagem produto-por-atividade porque esta fornece uma representação mais acurada das transações (em valores monetários ou em unidades físicas) de uma economia do que a formulação tradicional atividade-por-atividade (MILLER e BLAIR, 1985; RAMOS, 1996). Isto porque, em geral, cada atividade econômica (i.e.,

indústria ou subsetor) produz não apenas um único e homogêneo produto (produção primária ou principal), mas vários produtos diferentes (produção secundária). Por exemplo, a atividade Papel e Celulose pode produzir não apenas os produtos papel e celulose, mas também eletricidade, transporte e serviços comerciais e administrativos. Numa abordagem atividade-por-atividade, cada atividade é classificada com base em seu produto principal ou típico, mas a produção secundária realizada na mesma atividade e os insumos requeridos por ela são atribuídos à atividade principal (uma vez que ambas não são discriminadas)⁶². Nos casos em que os volumes de produção secundária são significativos, as estimativas tornam-se ambíguas e podem levar a conclusões equivocadas. Tais ambiguidades podem introduzir distorções significativas em modelos físico-econômicos.

Cabe destacar que, numa abordagem produto-por-atividade, ao invés de se trabalhar com uma única tabela de transações intermediárias, utilizam-se dois tipos de tabelas de fluxos intermediários: as matrizes de uso e as de produção. A matriz de uso apresenta os produtos (linhas) usados como insumos pelas atividades econômicas (colunas) na geração de seus respectivos valores da produção⁶³. A matriz de produção, por outro lado, mostra quanto cada atividade (linha) produz de cada produto (coluna). Ao contrário da abordagem tradicional, tais tabelas não precisam ser quadradas, mas precisam ser simétricas. Assim, se a matriz de uso tiver uma dimensão $m \times n$ (produto x atividade), a matriz de produção tem que ter uma dimensão $n \times m$ para que o sistema tenha solução. A maneira pela qual tais matrizes interagem para gerar a matriz inversa de Leontief é abordada detalhadamente na derivação formal do modelo.

Finalmente, utiliza-se o modelo em unidades híbridas neste estudo, pois esta formulação é comprovadamente a mais consistente para a aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia e emissões de carbono relacionadas ao uso de energia (BULLARD e HERENDEEN, 1975; MILLER e BLAIR,

62 Existem técnicas de transferência da produção que buscam corrigir esta distorção na formulação tradicional atividade-por-atividade, realocando a produção secundária para as atividades que estariam associadas à produção principal (por exemplo, a produção secundária de eletricidade da atividade Papel e Celulose seria transferida para a atividade Eletricidade). Contudo, tais métodos acarretam outros problemas, distorcendo o cálculo dos coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto (por distorcerem o valor adicionado e/ou o valor da produção das atividades). Para maiores detalhes, vide MILLER e BLAIR (1985) e RAMOS (1996).

63 Ressalte-se que os vetores de demanda final mostram também produtos (linhas) despachados às categorias de demanda final (colunas). Por isto, muitas vezes a matriz de uso é apresentada junto aos vetores de demanda final, denominando-se matriz de uso expandida este “bloco matricial”.

1985; CASLER e BLAIR, 1997). De fato, BULLARD e HERENDEEN (1975) desenvolveram o modelo de unidades híbridas para superar problemas e limitações associados à utilização do modelo de impactos totais dos coeficientes diretos sobre a matriz inversa de Leontief (formulação dos coeficientes diretos doravante) a questões energéticas⁶⁴. (Vide apêndice a esse capítulo, para uma apresentação formal desta formulação).

O problema mais sério da utilização da formulação dos coeficientes diretos é a violação da lei de conservação de energia ($\text{energia primária} = \text{energia secundária} + \text{perdas energéticas}$). Isso ocorre a menos que os preços da energia sejam os mesmos em todas as atividades, o que é uma condição que normalmente não se verifica. A não verificação desta condição pode gerar uma situação onde a energia secundária (não incluídos os energéticos secundários importados) requerida por uma economia seja maior que o total de energia primária associado à mesma (ou seja, $\text{energia primária} < \text{energia secundária} + \text{perdas energéticas}$). HERENDEEN (1974a) e MILLER e BLAIR (1985) apresentam exemplos numéricos que mostram tal aberração.

Outro problema é que esta formulação pode introduzir erros nas estimativas, quando se simula um novo vetor de demanda final significativamente diferente do vetor de demanda final original no ano-base (BULLARD e HERENDEEN, 1975; MILLER e BLAIR, 1985; CASLER e BLAIR, 1997). Vide apêndice a esse capítulo, para uma demonstração formal desta limitação.

A bem da verdade, em condições estritas (a saber, não desagregação entre energias primária e secundária e utilização do modelo no ano-base) ambas as formulações registram resultados equivalentes. Primeiro, porque caso as fontes de energia primária e de secundária não sejam desagregadas no modelo, a questão da violação da lei de conservação de energia não se coloca. Segundo, porque, ainda que os preços dos energéticos não sejam similares em todas as atividades, a utilização do modelo somente no ano-base não gera nenhuma distorção, quando se consideram apenas fontes de energia primária no modelo (caso

⁶⁴ É interessante notar que antes de desenvolver o modelo em unidades híbridas em BULLARD e HERENDEEN (1975), o próprio Herendeen se utilizava do modelo de coeficientes diretos, apontando os problemas e as limitações desta formulação (HERENDEEN, 1974a). HERENDEEN (1974a) propõe um procedimento de transferência de fluxos que permite reduzir as distorções da formulação do coeficiente direto, mas é apenas em BULLARD e HERENDEEN (1975) que tais problemas são definitivamente superados com o desenvolvimento do modelo em unidades híbridas.

contrário, a lei de conservação de energia pode ser violada). Não obstante, se tais condições não se verificarem, a formulação do coeficiente direto pode distorcer gravemente os resultados - vide comparação das formulações em MILLER e BLAIR (1985).

No caso específico desse estudo, a utilização do modelo dos coeficientes diretos implicaria ainda em ajustes extras nos fluxos econômicos das tabelas de insumo-produto, em virtude das diferenças entre os sistemas de classificação do Balanço Energético Nacional e da Matriz de Insumo-Produto do Brasil (vide seção Procedimentos e Preparação de Dados). Assim, embora as condições de convergência se verifiquem neste estudo, decidiu-se utilizar o modelo em unidades híbridas para se evitar ajustes extras e porque o mesmo apresenta maior grau de liberdade em sua aplicação, facilitando sua adaptação para outros objetivos no futuro.

A idéia básica do modelo de unidades híbridas é substituir as linhas/colunas associadas à produtos energéticos nas tabelas de uso/produção expressas em valores monetários por linhas/colunas expressas em unidades físicas de energia (ou do carbono associado à essa energia), antes de se recalcular a matriz inversa de Leontief a partir dos novos fluxos (BULLARD e HERENDEEN, 1975; HANNON et al., 1983; CASLER e WILBUR, 1984; MILLER e BLAIR, 1985). Nestas novas tabelas de insumo-produto, os fluxos econômicos são expressos em unidades híbridas: produtos energéticos em unidades físicas e produtos não-energéticos em unidades monetárias.

As linhas associadas a produtos energéticos na matriz de coeficientes técnicos (ou de requisitos diretos) dessa formulação mostram os coeficientes diretos de intensidade energética por produto, enquanto as linhas de produtos energéticos da matriz inversa de Leontief (ou de requisitos totais) apresentam os coeficientes totais (diretos+indiretos) de intensidade energética por produto. Cabe destacar que os dados de energia podem ser expressos em unidades de carbono a partir da aplicação de fatores de conversão de energia para carbono fornecidos em IPCC (1996) e em SCHECHTMAN et al. (1999). Assim, por concisão, na derivação formal do modelo em unidades híbridas a seguir refere-se apenas à energia, ainda que o mesmo procedimento possa ser facilmente derivado para um modelo relacionado às emissões de carbono.

Formalização do Modelo em Unidades Híbridas

Considerando-se a equação de equilíbrio de produto em um modelo em unidades híbridas (produtos energéticos em unidades físicas e produtos não-energéticos em unidades monetárias), tem-se o fluxo de produtos para uso intermediário e final:

$$Q = U_i + H \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

$U [u_{ij}]$ é a matriz de uso a qual apresenta a quantidade de produto “i” requerido pela atividade “j”;

$H [h_i]$ é o vetor de demanda final por produto, registrando a quantidade do produto “i” demandada para uso final;

$Q [Q_i]$ é o vetor de valor da produção por produto, que mostra a quantidade total do produto “i” demandada e produzida (no equilíbrio) na economia;

$i [i_{i1} = 1]$ é um vetor coluna-unidade, no qual todos os elementos são iguais a “1” (um).

Aceitando-se a hipótese básica de proporções fixas na função de produção, pode-se, então, determinar a matriz de coeficientes técnicos $B [b_{ij} = u_{ij} / O_j]$:

$$B = U (\hat{O})^{-1} \quad (\text{Eq. 3})$$

onde \hat{O} é o vetor diagonalizado de valor da produção por atividade (o “chapéu” significa que o vetor foi diagonalizado – elementos O_j na diagonal principal e zero em todas as outras posições).

Entretanto, num modelo em unidades híbridas, o vetor de valor da produção por atividade (O) não pode ser derivado a partir da adição das linhas da matriz de uso e dos

vetores de valor agregado (W). Isto porque os produtos (linhas) são expressos em unidades distintas (produtos energéticos em unidades físicas e produtos não-energéticos em unidades monetárias), resultando que a soma das linhas não seja possível. Assim, para acessar o valor da produção por atividade é necessário se recorrer à matriz de produção.

A matrix de produção (V) apresenta o montante total de produto “j” produzido pela atividade “i”. Esta matriz permite verificar a cesta de produtos produzida por cada atividade (nas linhas). Como a matrix de produção (V) também é definida em unidades híbridas (produtos energéticos em unidades físicas e produtos não-energéticos em unidades monetárias), similarmente ao que ocorre na matrix de uso somar as colunas é impossível. Entretanto, somar as linhas da matrix de produção é possível. Assim, aceitando-se a hipótese de que os produtos são produzidos pelas atividades em cotas de mercado constantes, pode-se obter a matrix de cota de mercado ou de *market-share* D [$d_{ij} = v_{ij}/Q_j$]. Em notação matricial:

$$D = V(\hat{Q})^{-1} \quad (\text{Eq. 4})$$

onde:

V é a matriz de produção;

\hat{Q} é o vetor diagonalizado do valor da produção por produto;

D é a matriz de cotas de mercado (*market-share*), que registra a cota de mercado da atividade “j” na produção do produto “i”.

Ressalte-se que a construção da matriz de cota de mercado D significa também a aceitação da hipótese de tecnologia da atividade ou do setor - ou seja, aceita-se que a tecnologia de produção de um produto está associada à atividade que o produz⁶⁵. Em outras palavras, a função de produção não é uma determinação técnica intrínseca ao produto; ao contrário, ela é definida na atividade que elabora o produto.

Tal hipótese é compatível com objetivos deste estudo (análise intersetorial), sendo particularmente adequada ao tratamento de produtos energéticos, pois, em geral, esses produtos apresentam diferentes funções de produção em diferentes atividades). O produto eletricidade, por exemplo, apresenta estrutura de insumos bastante diferente se gerado em centrais elétricas (na atividade Eletricidade) ou em unidades de co-geração (nas atividades Papel e Celulose, Minerais Não-Metálicos, Ferro e Aço, Alimentos e Bebidas, Serviços e Comércio, por exemplo).

Desse modo, pode-se obter o vetor do valor da produção por atividade (O) em unidades híbridas pré-multiplicando-se a matriz de cotas de mercado (D), calculada em unidades híbridas, pelo vetor do valor da produção por produto (Q), expresso também em unidades híbridas:

$$O = DQ \quad (\text{Eq. 5})$$

Retornando à Eq. (3), pode-se então calcular a matriz de coeficientes técnicos (B) em unidades híbridas e reescrever a Eq. (2) como:

$$Q = BDQ + H \quad (\text{Eq. 6})$$

⁶⁵ A rejeição desta hipótese impossibilita a construção da matriz de cotas de mercado. Neste caso, para que o sistema seja operacionalizável, deve-se construir, a partir da matriz de produção V, uma matriz de composição da produção C [$c_{ij} = v_{ij} / O_i$; onde c_{ij} é a fração do valor da produção da atividade “i” associada ao produto “j”]. A construção de tal matriz implica a aceitação da hipótese de tecnologia do produto (i.e., aceita-se que a tecnologia de produção é intrínseca ao produto e, portanto, que a função de produção de um produto é a mesma em qualquer atividade). É possível também construir modelos mais complexos separando produtos sujeitos às tecnologias da atividade e às do produto (hipótese de tecnologia mista). De acordo com a literatura especializada, não há superioridade teórica entre tais hipóteses; a superioridade é dada pela adequação ao objetivo da análise (análise de relações tecnológicas ou intersetoriais). Vide FLASCHEL (1982), CASLER e WILBUR (1984), MILLER e BLAIR (1985) e RAMOS (1996), para aprofundamentos nesta questão.

Note que ao se pós-multiplicar B por D obtém-se uma matriz quadrada de coeficientes técnicos do tipo produto-por-produto (dimensão $m \times m$). Isto confere operacionalidade ao modelo, visto que tanto o vetor de valor da produção por produto Q quanto o de demanda final H são vetores de dimensão $m \times 1$. Ressalte-se, também, que BD tem unidades distintas por blocos de matriz (vide Tabela 3.3):

Tabela 3.3 – Unidades da Matriz de Coeficientes Técnicos BD

Produtos	Energético	Não-Energético
Energético	Joule/Joule	Joule/\$
Não-Energético	\$/Joule	\$/

Finalmente, pode-se rearranjar a Eq. (5) e solucioná-la:

$$Q = (I - BD)^{-1}H \quad (\text{Eq. 7})$$

onde (em unidades híbridas):

Q é um vetor de valor da produção por produto;

$(I-BD)^{-1}$ é uma matriz inversa de Leontief do tipo produto-por-produto;

H é o vetor de demanda final por produto.

Como mencionado anteriormente, as linhas da matriz inversa de Leontief associadas a produtos energéticos registram os coeficientes totais de intensidade energética por produto. Para se obter apenas os vetores de tais coeficientes, deve-se calcular o produto matricial $\hat{F}(\hat{Q})^{-1}$, onde \hat{F} é um vetor diagonalizado contendo zeros (0) nos elementos da diagonal principal associados a produtos não-energéticos e o valor total dos produtos energéticos F_k em unidades físicas nos elementos da diagonal principal associados a energia, e \hat{Q} é, como antes, o vetor diagonalizado do valor da produção por produto. O resultado deste produto matricial é uma matriz de zeros (0) e uns (1), onde o número um (1) indica a localização das linhas produtos energéticos. Assim, pode-se facilmente isolar os coeficientes

diretos e totais de intensidade energética em unidades híbridas, aplicando-se, respectivamente, as equações:

$$\delta = \hat{F}(\hat{Q})^{-1} BD \quad (\text{Eq. 8})$$

$$\alpha = \hat{F}(\hat{Q})^{-1} (I - BD)^{-1} \quad (\text{Eq. 9})$$

Considerando-se uma economia fechada, um teste de consistência pode ser realizado aplicando-se a equação $F = \alpha H$, onde os vetores dos coeficientes totais de intensidade energética (α) e de demanda final (H) são expressos em unidades híbridas, e o vetor de oferta/usos de produtos energéticos (F) é expresso em unidades físicas (os elementos não-energéticos são nulos). O produto vetorial αH tem que igualar o vetor de produtos energéticos (F), o qual é um dado de entrada no modelo de unidades híbridas (em energia ou em carbono). Uma vez verificada a consistência do modelo, pode-se utilizar estes coeficientes para se estimar a energia embutida no comércio internacional (como mencionado anteriormente).

A mensuração da energia embutida nas exportações é evidente, visto que as exportações (X) constituem num componente da demanda final total (H). A pré-multiplicação do vetor de coeficientes totais de intensidade energética (α) pelo de exportação (X) permite estimar a energia embutida nas exportações (F_x), como descrito na Eq. (10):

$$F_x = \alpha X \quad (10)$$

No que concerne às importações, o procedimento depende do objetivo do estudo: se a análise de um país em particular ou dos fluxos de comércio exterior (HERENDEEN e BULLARD, 1976). Se se tem como foco o último, um novo vetor de coeficientes totais de intensidade energética tem que ser estimado com base em tabelas de insumo-produto dos países exportadores (onde as importações do país foco se originam). Obviamente, é operacionalmente complexo cobrir todos os países exportadores. Assim, pode-se utilizar um vetor de coeficientes de intensidade energética por produto de um país exportador “típico” (por exemplo, os EUA), ou se construir um vetor com base na média dos coeficientes de

intensidade energética dos principais parceiros comerciais do país - por exemplo as principais economias da OCDE (BATTJES et al., 1998).

Nesse estudo, todavia, o foco consiste em avaliar o uso de energia “evitado” ou “transferido” pelo Brasil (bem como as emissões de carbono associadas a essa energia) em virtude das importações de produtos não-energéticos. Em outras palavras, busca-se avaliar o impacto sobre a demanda doméstica de energia no Brasil em função da opção pela importação de produtos não-energéticos ao invés de seu processamento doméstico. Portanto, o vetor de coeficientes de intensidade energética apropriado para a avaliação da energia embutida nas importações (F_M) é o mesmo estimado para a demanda final (e também utilizado para as exportações):

$$F_M = \alpha M \quad (\text{Eq. 11})$$

Cabe ressaltar, novamente, que o modelo apresentado pode ser facilmente reproduzido para se estimar os coeficientes totais de intensidade de carbono e o carbono embutido nas exportações e importações. Para isto, basta converter para carbono os dados de uso de energia em unidades físicas da matriz de uso, do vetor de demanda final e da matriz de produção (Eqs. 2 e 4), e repetir a derivação apresentada para o modelo de energia⁶⁶.

3.3 Procedimentos e Preparação de Dados

Dois tipos de dados são requeridos para aplicar os modelo em unidades híbridas apresentado na seção anterior: tabelas de insumo-produto e estatísticas de uso de energia. Embora ambos possam ser facilmente encontrados no Brasil, seus sistemas de classificação de atividades/produtos são distintos. Nesse sentido, uma tarefa essencial para empreender este estudo é tornar ambos sistemas compatíveis. Tal tarefa envolve uma análise detalhada de ambos os códigos de classificação e a definição de um sistema de classificação que satisfaça às necessidades deste estudo.

⁶⁶ Formalmente, a conversão pode ser empreendida aplicando-se a fórmula $C_{ki} = E_{ki}\varphi_k$, onde C_{ki} é a emissão de carbono associada ao uso de energia da fonte “k” pela atividade “i”, E_{ki} é a energia da fonte “k” usada pela atividade “i” e φ_k é fator de conversão de energia da fonte “k” para carbono. Na seção “Procedimentos e Preparação de dados”, apresentam-se os fatores de conversão utilizados por este estudo. Para maiores detalhes sobre o processo de conversão de energia em carbono, vide IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

O código de classificação de atividades do Balanço Energético Nacional (BEN) é utilizado como base na definição da classificação de atividades para este trabalho (MME, 1999). Apenas duas mudanças são realizadas na classificação do BEN: “Ferro-Gusa e Aço” e “Ferro-Ligas” são agregados em “Ferro e Aço”; e “Cimento”, “Cerâmica” e “Outros Minerais Não-Metálicos” são agregados em “Minerais Não-Metálicos”. Estas mudanças são necessárias para evitar modificações adicionais e infundadas, por escassez de informações, nas tabelas de insumo-produto.

A decisão de se utilizar o código de classificação do BEN é justificada pelo fato de esse ser o código mais agregado, não sendo possível desagregá-lo de modo crível ao nível de agregação das tabelas de insumo-produto (IBGE, 1997)⁶⁷. Assim, o código de classificação de atividades/produtos das tabelas de insumo-produto tem que ser compatibilizado com o do BEN.

Operacionalmente, isto é possível utilizando-se ponderadores que permitam desagregar os fluxos econômicos de produtos/atividades. IBGE (1989), OLIVEIRA (1999) e HAGUENAUER et al. (1998) são as principais fontes utilizadas neste trabalho para se estimar tais ponderadores. Após esses ajustes, as tabelas de insumo-produto para o Brasil apresentam 19 produtos e 14 atividades (dimensão 19x14 para a tabela de usos e 14x19 para a tabela de produção). A Tabela 3.4 sumariza as modificações feitas no sistema de classificação de produtos/atividades das tabelas de insumo-produto.

Algumas modificações adicionais nas informações divulgadas no BEN também são necessárias (MME, 1999). Os dados de hidreletricidade devem ser corrigidos para expressar seu equivalente calórico ($3600\text{ J} = 1\text{ kWh}$) e os de combustíveis fósseis devem ser ajustados para expressar o poder calorífico inferior (PCI) dos respectivos combustíveis, tal como sugerido por convenções internacionais (IPCC, 1996; PHYLIPSEN et. al., 1998).

⁶⁷ O BEN é, por sua consistência e abrangência, de fato, a melhor fonte de dados para uso de energia no Brasil. Embora haja outras fontes de dados de uso de energia (Associações de Produtores, por exemplo) estas não são consistentes entre si (metodologias diferentes, problemas com amostragem, etc), nem permitem abranger todo o sistema econômico. Não obstante recorrer também a dados de associações de produtores, o BEN realiza o cruzamento destes dados com informações do setor energético e da demanda de energia “esperada” por atividade (baseado no balanço de energia útil, que considera a demanda de energia por categoria de uso final), conferindo consistência às estatísticas de uso de energia – vide MME (1999).

Tabela 3.4 – Ajustes no Sistema de Classificação de Produtos/Atividade das Tabelas de Insumo-Produto

Classificação Utilizada	Classificação Original do IBGE	Realocações
Lenha	Lenha e Carvão Vegetal estão agregados em Outros Produtos Agropecuários	Inclui Lenha e Carvão Vegetal (excluídos de Agropecuária)
Petróleo e Gás Natural	Petróleo e Gás; Gasolina Pura; Gasoálcool; Óleos Combustíveis e Óleo Diesel; Outros Produtos do Refino	
Carvão e Outros	Carvão e Outros	
Produtos Energéticos de Cana-de-Açúcar	Álcool	
Eletricidade	Agregados em Serviços Industriais de Utilidade Pública	Exclui Água e Esgoto
Resíduos	Agregado em Produtos Diversos	Inclui Resíduos (excluído de Produtos Diversos)
Agropecuária	Café em Côco; Cana-de-Açúcar; Arroz em Casca; Trigo em Grão; Soja em Grão; Algodão em Caroço; Milho em Grão; Bovinos e Suínos; Leite Natural; Aves Vivas; Outros Produtos Agropecuários	Exclui Lenha e Carvão Vegetal (de Outros Produtos Agropecuários)
Extrativa Mineral	Minério de Ferro; Outros Minerais	
Minerais Não-Metálicos	Minerais Não Metálicos	
Ferro e Aço	Produtos Siderúrgicos Básicos (inclui Ferro-Ligas); Laminados de Aço	
Metais Não-Ferrosos e Outras Metalurgias	Metais Não-Ferrosos; Outros Produtos Metalúrgicos	
Papel e Celulose	Papel, Celulose, Papelão e Artefatos	Exclui Produtos e Serviços Gráficos
Química	Elementos Químicos Não-Petroquímicos; Petroquímicos Básicos; Resinas; Adubos; tintas; e Outros Produtos Químicos	Inclui Perfumaria (excluído de Outras Indústrias)
Alimentos e Bebidas	Produtos do Café; Arroz Beneficiado; Farinha de Trigo; Outros Produtos Vegetais Beneficiados; Carne Bovina; Carne de Aves Abatidas; Leite Beneficiado; Outros Laticínios; Açúcar; Óleos Vegetais em Bruto; Óleos Vegetais Refinados; Rações e Outros Produtos Alimentares; Bebidas	Exclui Produtos do Fumo (de Outros Produtos Vegetais Beneficiados)
Têxtil e Vestuário	Fios Têxteis Naturais; Tecidos Naturais; Fios Têxteis Artificiais; Tecidos Artificiais; Outros Produtos Têxteis; Artigos do Vestuário	

(Continua)

(Continuação)

Outras Indústrias	Fabricação e Manutenção de Máquinas e Equipamentos; Tratores e Máquinas de Terraplenagem; Material Elétrico; Equipamentos Eletrônicos; Automóveis, Caminhões e Ônibus; Outros Veículos e Peças; Madeira e Mobiliário; Produtos Derivados da Borracha; Produtos do Couro e Calçados; Artigos de Plástico; Produtos Farmacêuticos e Perfumaria; Produtos Diversos; Produtos da Construção Civil	Exclui Perfumaria (de Produtos Farmacêuticos e Perfumaria) e Resíduos (de Produtos Diversos) Inclui Produtos do Fumo (excluído de Alimentos e Bebidas) and Produtos, e Serviços Gráficos (excluídos de Papel e Celulose)
Comércio e Serviços	Margem de Comércio; Comunicações; Seguros; Serviços Financeiros; Alojamento e Alimentação; Outros Serviços; Saúde e Educação Mercantis; Serviços Prestados às Empresas; Aluguel de Imóveis; Aluguel Imputado; Serviços Privados Não-Mercantis; Saúde Pública; Educação Pública	
Transporte	Margem de Transporte	
Serviços Públicos	Administração Pública	Inclui Serviços de Água e Esgoto (excluído de Serviços Industriais de Utilidade Pública; vide Eletricidade).

Fontes: Baseado em IBGE (1998) e MME (1999).

Notas: Para Classificação por Atividades, considere Atividade ou Setor Energético ao invés de Lenha, Petróleo e Gás Natural, Carvão e Outros, Produtos Energéticos de Cana-de-Açúcar, Eletricidade e Resíduos. Ressalte-se que, por causa da produção secundária, a classificação por Atividade (baseada no produto principal) é ambígua.

A energia primária é utilizada como *proxy* do total de energia requerida pelo sistema econômico em geral e pelas atividades econômicas em particular. Perdas energéticas na transformação e na distribuição são atribuídas às atividades econômicas usuárias finais de energia, ao invés de atribuí-las totalmente à atividade energética (setor energético). Por exemplo, ao invés de se atribuir toda a lenha usada na produção de carvão vegetal à atividade energética, esse estudo distribui tal montante de lenha entre os usuários finais de carvão vegetal. Esse procedimento implica que, na aplicação de um modelo em unidades híbridas, somente os produtos energéticos primários são de fato substituídos por fluxos físicos, enquanto os produtos energéticos secundários são ignorados para se evitar dupla-contagem (vide seção anterior: “Fundamentos e Formalização do Modelo...”).

Operacionalmente, isto significa primeiro agregar cada produto energético secundário (em valores monetários), ao seu respectivo produto energético primário (em valores monetários) e apenas depois substituir os fluxos monetários por físicos de energia primária.

Os produtos energéticos importados são adicionados (transferidos) aos seus similares domésticos para se contabilizar toda a energia requerida (e o carbono associado) pela economia. No caso da importação de produtos energéticos secundários (derivados de petróleo, por exemplo), o equivalente primário de cada produto é transferido (adicionado) para a linha do produto primário relevante (“Petróleo Bruto e Gás Natural”, por exemplo). O equivalente primário dos produtos energéticos secundários importados também é distribuído por seus usuários finais, mantendo-se a mesma estrutura de uso final por atividade para cada produto. Por exemplo, o equivalente em petróleo bruto do óleo combustível importado é distribuído pelas atividades segundo a participação de cada atividade no uso final de óleo combustível. Cabe destacar que o equivalente primário dos produtos energéticos secundários é estimado considerando-se o balanço de energia (razão produtos energéticos primários/produtos energéticos secundários) nos centros de transformação relevantes (MME, 1999).

Finalmente, o equivalente primário dos produtos energéticos destinados ao uso não-energético (nafta, por exemplo) é subtraído do total de energia primária considerado, tendo-se em vista contabilizar apenas os produtos energéticos utilizados realmente para uso energético (e as emissões de carbono associadas).⁶⁸

Após se ajustar os dados de energia primária aos objetivos deste estudo, pode-se estimar as emissões de carbono associadas a partir da aplicação de fatores de conversão de energia primária para carbono (vide Tabela 3.5). Os fatores de conversão de energia primária para carbono são obtidos em IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999), e depois ponderados pela participação das fontes nos respectivos produtos energéticos, tal como definidos no modelo de insumo-produto (Petróleo Bruto e Gás Natural, por exemplo).

Ressalte-se, contudo, que esse estudo utiliza-se do princípio de emissões líquidas de carbono por fonte. Assim, assume-se que a biomassa renovável (20% da Lenha e dos Resíduos e 100% dos Produtos Energéticos da Cana-de-Açúcar) tem emissões líquidas de

⁶⁸ Ressalte-se, contudo, que o processamento de produtos energéticos para uso não-energético pode acarretar em emissões fugitivas de carbono não negligenciáveis. Segundo PATEL et. al. (1999), por exemplo, o processamento de produtos energéticos para uso não-energético resulta em emissões da ordem de 9% do carbono embutido nestes produtos. A ausência de informações detalhadas para o Brasil no que concerne a este tema impede uma avaliação confiável destes montantes para o país (na verdade, poucos países empreenderam estas estimativas).

carbono igual a zero, uma vez que o desenvolvimento da biomassa sequestra carbono da atmosfera (ODUM, 1983; IPCC, 1996). No caso da Eletricidade Primária, devido à escassez de parâmetros robustos e confiáveis a emissão de carbono é considerada igual a zero, o que é compatível com os procedimentos metodológicos recomendados internacionalmente (IPCC, 1996; SCHECHTMAN et al., 1999). Todavia, alguns estudos têm mostrado que quando o reservatório de centrais hidrelétricas alaga extensões de terra com cobertura vegetal, a parte submersa da biomassa local decompõe-se, emitindo gases de efeito-estufa, particularmente CO₂ e CH₄ (ROSA e SCHAEFFER, 1994 e 1995; ROSA et al., 1996). Assim, é bastante provável que no futuro próximo a metodologia de estimativa das emissões de carbono recomendada pelo IPCC (órgão técnico-scientífico da UNFCCC) considere fatores de emissão de carbono associados a hidreletricidade diferentes de zero.

Tabela 3.5 – Fatores de conversão de energia primária para emissões líquidas de carbono por produto energético das tabelas de insumo-produto do Brasil (tC/TJ)

Produto	1985	1990	1995
Lenha (20% de renováveis)	23,92	23,92	23,92
Petróleo e Gás Natural	19,77	19,76	19,75
Carvão e Outros	25,80	25,80	25,80
Produtos Energéticos da Cana-de-Açúcar	0,00	0,00	0,00
Eletricidade Primária	0,00	0,00	0,00
Resíduos	19,17	19,17	19,17

Fontes: Baseado em IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

Notas: Fatores de conversão de energia primária de emissões brutas por fonte: Lenha = 29,90 tC/TJ; Petróleo Bruto = 20,00 tC/TJ; Gás Natural Úmido = 17,20 tC/TJ; Carvão Metalúrgico = 25,80 tC/TJ; Carvão Vapor = 25,80 tC/TJ; Bagaço de Cana-de-Açúcar = 29,90 tC/TJ; Álcool = 14,80 tC/TJ; Hidreletricidade = 0,00 tC/TJ; Resíduos Vegetais = 29,90 tC/TJ; Líxivia = 20,00 tC/TJ.

3.4 Apêndice: Formulação do Modelo dos Impactos Totais dos Coeficientes Diretos sobre a Matriz Inversa de Leontief

A formulação do coeficiente direto é operacionalmente versátil, o que explica sua ampla utilização em diferentes questões. Tal formulação pode ser aplicada na avaliação de diversos impactos físicos e econômicos, como, por exemplo, geração de emprego e de renda, uso de recursos naturais (energia inclusive) e danos ambientais - vide, por exemplo, ISARD et al. (1968), PROOPS (1983), ROOP (1987), GELLER et al. (1992), WYCKOFF and ROOP (1994), YOUNG (1996), SCHAEFFER et. al. (1997), CHANG e LIN (1998) e WIER (1998).

Nesta formulação, estima-se o vetor de coeficientes de impactos totais (diretos e indiretos) a partir da pré-multiplicação de um vetor de coeficientes de impacto diretos intersetoriais pela matriz inversa de Leontief, e de sua adição a um vetor de coeficientes de impacto diretos da demanda final (para levar em conta o impacto associado diretamente à demanda final). Considerando-se um modelo aplicado à energia em uma abordagem produto-por-atividade, os coeficientes totais de impacto podem ser expressos formalmente por⁶⁹:

$$\varepsilon = J(I - BD)^{-1} + \tilde{N} \quad (\text{Eq. 12})$$

onde

ε é um vetor de coeficientes totais de intensidade energética por produto dado em unidades físicas de energia por unidade monetária (Joule/US\$, por exemplo);

J é um vetor de coeficientes diretos de intensidade energética por produto dado em unidades físicas de energia por unidade monetária (Joule/US\$, por exemplo) – note-se que $J_{kj} = e_{kj} / Q_j$ [ou $J = E(\hat{Q})^{-1}$, em notação matricial], sendo e_{kj} o volume do energético “k” usado na elaboração do produto “j” e Q_j o valor da produção da produto “j” ;

$(I - BD)^{-1}$ é uma matriz inversa de Leontief de dimensão $m \times m$ (produto-por-produto) calculada a partir dos fluxos em unidades monetárias;

⁶⁹ A derivação formal deste modelo pode ser encontrada em HERENDEEN (1974a) e MILLER e BLAIR (1985).

$\tilde{N} [= \tilde{n}_{kh}]$ é uma matriz de coeficientes diretos de intensidade energética da demanda final em unidades físicas de energia por unidade monetária (Joule/US\$, por exemplo) de dimensão $k \times m$, cujos elementos são n_{kh} para $k=j$ (quando o produto energético k e o produto j constituem o mesmo produto) e zero (0) em todas as outras posições.

Para se estimar o total de energia embutida na demanda final (F), aplica-se, então, o vetor de coeficientes totais de intensidade energética por produto ε , estimado pela formulação dos coeficientes diretos, ao vetor de demanda final por produto H (este procedimento é equivalente ao aplicado na formulação do modelo em unidades híbridas – vide seção “Fundamentos e Formalização do Modelo...”).

$$F = \varepsilon H \quad (\text{Eq. 13})$$

Similarmente, os volumes de energia embutida nas exportações (F_x) e nas importações (F_M) por produto podem ser estimados a partir da aplicação do vetor de coeficientes totais de intensidade energética (ε) aos vetores de exportação (X) e importação por produto (M).

$$F_x = \varepsilon X \quad (\text{Eq. 14})$$

$$F_M = \varepsilon M \quad (\text{Eq. 15})$$

Como mencionado na seção Metodologia, essa formulação pode apresentar sérios problemas quando condições estritas não são verificadas. O problema mais grave é o da violação da lei de conservação de energia (energia primária = energia secundária + perdas energéticas), caso os preços dos energéticos não sejam similares em todos as atividades. HERENDEEN (1974a: pp. 143-144) e MILLER e BLAIR (1985: pp. 222-223) apresentam exemplos numéricos, numa abordagem atividade-por-atividade com tabelas simplificadas (dimensão 3x3), para ilustrar tal anomalia. Em ambos os casos os autores encontram requisitos totais de energia secundária maiores que os requisitos de energia primária.

Outro problema desta formulação também apontado por MILLER e BLAIR (1985) é a distorção dos resultados do modelo quando se simula um novo vetor de demanda final. Neste caso, se o novo vetor for significativamente diferente do vetor original no ano-base, as estimativas do modelo podem ser distorcidas. A demonstração desta limitação, fornecida por MILLER e BLAIR (1985: pp. 227) numa abordagem atividade-por-atividade, pode ser facilmente derivada para numa abordagem produto-por-atividade, como se segue.

Considerando-se um novo vetor de demanda final por produto H_1 e substituindo a Eq. (12) na Eq. (13), tem-se que:

$$F_1 = J(I - BD)^{-1} H_1 + \tilde{N}H_1 \quad (\text{Eq. 16})$$

ou

$$F_1 = JQ_1 + \tilde{N}H_1 \quad (\text{Eq. 17})$$

onde Q_1 é o novo vetor de valor da produção por produto (vide Eq. 7).

Como o vetor de coeficientes diretos de intensidade energética J tem por base o vetor de valor da produção por produto relativo ao ano-base 0 [i.e., $J = E(\hat{Q}_0)^{-1}$], tem-se que:

$$F_1 = E(\hat{Q}_0)^{-1} Q_1 + \tilde{N}H_1 \quad (\text{Eq. 18})$$

onde, se $Q_0 = Q_1$, então, $(\hat{Q}_0)^{-1} Q_1 = i$ (i é um vetor coluna-unidade ou $i_{ii} = 1$) e, portanto:

$$F_1 = Ei + E_{H1} \quad (\text{Eq. 19})$$

A Eq. (19) é a equação de identidade dos fluxos energia, estabelecendo que o uso total de energia por produto final (F_1) é igual à energia embutida nos produtos intermediários ou insumos (Ei) mais a energia embutida diretamente nos produtos finais (E_{H1}).

Nesse sentido, caso $Q_0 \neq Q_1$, então, o produto $(\hat{Q}_0)^{-1}Q_1$ será um vetor k , cujos elementos k_{i1} serão $>1 \forall q_{i0} < q_{i1}$ e $<1 \forall q_{i0} > q_{i1}$, superestimando ou subestimando a energia embutida nos insumos E_i , e, portanto, o total de energia embutida nos produtos finais F_1 .

4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRO SOBRE O USO DE ENERGIA E AS EMISSÕES DE CARBONO DO PAÍS

Nesse capítulo, avaliam-se os impactos recentes do comércio exterior brasileiro sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país. Para isso, inicialmente, constróem-se os vetores de exportação e importação da economia brasileira em unidades híbridas para 1985, 1990 e 1995. Em seguida, estimam-se os coeficientes de intensidade energética e de carbono por produto para o Brasil para os mesmos anos, mediante a aplicação do modelo em unidades híbridas às tabelas de insumo-produto da economia brasileira (vide capítulo 3, seção 3.2). Multiplicam-se, então, tais coeficientes pelos vetores de exportação e de importação das tabelas de insumo-produto da economia brasileira para se avaliar a energia e o carbono embutidos no comércio exterior do Brasil. Finalmente, derivam-se implicações de políticas públicas a partir da análise dos resultados e das perspectivas de evolução do comércio exterior do Brasil.

Tendo em vista facilitar sua exposição, esse capítulo é dividido em quatro seções: Comércio Exterior Brasileiro em 1985, 1990 e 1995: Bens Energéticos e Não-Energéticos; Energia Embutida nas Exportações e nas Importações Brasileiras; Carbono Embutido nas Exportações e nas Importações Brasileiras; e Implicações para Políticas Públicas.

4.1 Comércio Exterior Brasileiro em 1985, 1990 e 1995: Bens Energéticos e Não-Energéticos

Nessa seção, enfoca-se o comércio exterior brasileiro em 1985, 1990 e 1995, traçando-se um panorama das modificações ocorridas nesse período. Em particular, constróem-se os vetores de exportação e importação da economia brasileira em unidades híbridas requeridos pela abordagem utilizada pelo estudo.

Como mencionado anteriormente, os anos de 1985, 1990 e 1995 foram selecionados por se tratarem de marcos na evolução recente do comércio exterior brasileiro, permitindo implicitamente avaliar os impactos do processo de abertura da economia nacional sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país. De fato, a economia brasileira que era significativamente fechada em 1985 (início do Governo Sarney), sofreu um vigoroso processo de liberalização a partir de 1990 (início do Governo Collor), atingindo já

considerável grau de abertura em 1995 (início do Governo Cardoso). Ademais, há tabelas de insumo-produto para a economia brasileira disponíveis para esses anos. Assim, evitam-se as incertezas adicionais associadas à atualização dos coeficientes da matriz de impacto intersetoriais e da demanda final para outros anos não disponibilizados pelo IBGE⁷⁰. Não obstante, é relevante ressaltar que o processo de abertura se aprofundou ainda mais na segunda metade da década de 90 e que, tão logo, as tabelas de insumo-produto estejam disponíveis deve-se expandir a análise realizada por esse estudo para anos mais recentes.

As Tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 permitem analisar a evolução do comércio exterior brasileiro em 1985, 1990 e 1995. Embora esse estudo esteja interessado especialmente na energia e no carbono embutidos em bens não-energéticos (cujas transações internacionais são representadas nas Tabelas 4.3 e 4.4), vale a pena observar as Tabelas 4.1 e 4.2, o que permite a contrastação dos fluxos internacionais diretos e indiretos (embutidos) de energia e carbono do Brasil.

As Tabelas 4.1 e 4.2 mostram a evolução das exportações e das importações de bens energéticos em unidades físicas de energia e carbono, respectivamente. Note-se que a Tabela 4.2 corresponde, na verdade, ao equivalente em carbono (potencial líquido de emissão) dos montantes de energia apresentados na Tabela 4.1. Tal equivalente foi calculado aplicando-se os fatores de conversão de energia para carbono disponibilizados na Tabela 3.5 do capítulo anterior.

⁷⁰ Na verdade, há atualizações, realizadas pelo próprio IBGE, das matrizes para os anos compreendidos entre 1990 e 1995. Todavia, o IBGE não realizou atualizações para os anos compreendidos entre 1985 e 1990; provavelmente, em virtude da alta volatilidade dos preços relativos nesse período de alta inflação, que torna irreal a hipótese de estabilidade dos coeficientes técnicos da economia.

Tabela 4.1 – Evolução do comércio exterior brasileiro de bens energéticos em unidades físicas (equivalência primária de energia)

	Exportação						Importação						Balança Comercial (Saldo)		
	1985		1990		1995		1985		1990		1995		1985	1990	1995
	PJ	(%)	PJ	(%)	PJ	(%)	PJ	(%)	PJ	(%)	PJ	(%)	PJ	PJ	PJ
Lenha e Carvão Vegetal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petróleo e Gás Natural	335,2	96,9	210,4	100,0	193,7	95,6	1.079,0	76,6	1.193,8	71,4	1.302,9	67,3	-743,8	-983,4	-1.109,2
Carvão e Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	282,2	20,0	314,0	18,8	421,8	21,8	-282,2	-314,0	-421,8
Produtos da Cana-de-açúcar	10,8	3,1	0,0	0,0	8,9	4,4	0,0	0,0	25,1	1,5	52,2	2,7	10,8	-25,1	-43,2
Eleticidade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0	3,4	139,8	8,4	160,2	8,3	-48,0	-139,8	-160,2
Outras Fontes Primárias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Produtos Energéticos	346,0	100,0	210,4	100,0	202,6	100,0	1.409,2	100,0	1.672,6	100,0	1.937,0	100,0	-1.063,3	-1.462,3	-1.734,4

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999).

Tabela 4.2 – Evolução do comércio exterior brasileiro de bens energéticos em unidades físicas (equivalência de carbono)

	Exportação						Importação						Balança Comercial (Saldo)		
	1985		1990		1995		1985		1990		1995		1985	1990	1995
	ktC	(%)	ktC	(%)	ktC	(%)	ktC	(%)	ktC	(%)	ktC	(%)	ktC	ktC	ktC
Lenha e Carvão Vegetal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petróleo e Gás Natural	6.626,8	100,0	4.157,4	100,0	3.824,0	100,0	21.332,2	74,6	23.590,7	74,4	25.727,6	70,3	-14.705,4	-19.433,3	-21.903,6
Carvão e Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.280,7	25,4	8.100,2	25,6	10.882,1	29,7	-7.280,7	-8.100,2	-10.882,1
Produtos da Cana-de-açúcar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eleticidade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outras Fontes Primárias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Produtos Energéticos	6.626,8	100,0	4.157,4	100,0	3.824,0	100,0	28.612,9	100,0	31.690,9	100,0	36.609,7	100,0	-21.986,1	-27.533,5	-32.785,7

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

Pode-se verificar nas Tabelas 4.1 e 4.2 que o Brasil registrou uma balança comercial de bens energéticos forte e progressivamente deficitária no período analisado. Isso significa, obviamente, que o Brasil recebeu aportes diretos de energia e carbono (potencial líquido de emissão) do exterior em magnitude superior aos volumes que remeteu ao exterior no período. Ao longo desse capítulo, contudo, ficará claro que parcelas consideráveis desses aportes líquidos de energia e de carbono foram remetidas de volta ao exterior embutidos nos bens não-energéticos.

A Tabela 4.3 apresenta a evolução do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos em dólares norte-americanos corrigidos para valores constantes de 1995 (US\$₉₅)⁷¹. Pode-se constatar que a taxa média de crescimento das exportações de bens não-energéticos em valores monetários foi de 5,5% a.a. no período 1985-1995⁷², enquanto a das importações de bens não-energéticos foi de 16,3% a.a.⁷³. Em ambos os casos, as taxas médias de crescimento registradas no período 1990-1995 (5,9% a.a. para exportações e 18,5% a.a. para as importações) foram maiores do que as verificadas no período 1985-1990 (5,1% a.a. para exportações e 14,1% a.a. para as importações). Nota-se também que tal diferença entre as taxas médias de crescimento das exportações e das importações levou à reversão do saldo da balança comercial de bens não-energéticos, passando de um superávit de US\$₉₅ 14,3 bilhões em 1985 para um déficit de US\$₉₅ 6,2 bilhões em 1995.

Embora não seja do escopo desse estudo teorizar sobre os motivos que determinaram tal descompasso, pode-se afirmar que dois fatores foram fundamentais para a evolução da balança comercial de bens não-energéticos do Brasil: a liberalização econômica e a

⁷¹ No procedimento usual de correção da série, aplicam-se deflatores de preços domésticos (normalmente, o deflator implícito do PIB ou índices setoriais baseados no IPA) aos valores correntes em moeda nacional. Tal procedimento, contudo, pode gerar distorções significativas nos valores “corrigidos” das exportações e das importações em países submetidos a processos inflacionários crônicos, como o Brasil no período analisado (HAGUENAUER et al., 2001; BAZONI, 2001). Assim, num procedimento alternativo utilizado por esse estudo, convertem-se os valores nominais em moeda nacional pela taxa de câmbio corrente e depois utiliza-se o deflator implícito do PIB norte-americano para corrigir as variações monetárias dos valores em dólar. Destaque-se, contudo, que não há consenso entre os especialistas sobre qual seria o procedimento de deflação mais adequado. Ao contrário, a escolha tem sido determinada pelo objetivo da análise; i.e., escolhe-se o procedimento que minimize as distorções nos dados relevantes para o objetivo da análise.

⁷² RAMOS e ZONENSCHAIN (2000) mostram que em termos de volume (índice de quantum) o crescimento das exportações é maior do que em termos de valores monetários. Isto porque os preços das exportações não acompanharam o ritmo de crescimento do volume exportado.

⁷³ Para uma análise de decomposição do crescimento das importações por categoria de uso (bens de consumo final, bens de consumo intermediário e bens de capital), vide RAMOS e ZONENSCHAIN (2000).

mudança na política cambial do Brasil, levando à sobrevalorização da moeda nacional (BONELLI et al., 1997; PEREIRA e CARVALHO, 1998; NONNENBERG, 1998; CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998; RAMOS e ZONENSCHAIN, 2000; VEIGA, 2000; PINHEIRO e MOREIRA, 2000; MIRANDA, 2001; HAGUENAUER et al., 2001).

Tabela 4.3 – Evolução do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos em unidades monetárias

	Exportação						Importação						Balança Comercial (Saldo)		
	1985		1990		1995		1985		1990		1995		1985	1990	1995
	US\$-95 Milhões	(%)	US\$-95 Milhões	US\$-95 Milhões	US\$-95 Milhões										
Agropecuária	983,1	3,9	972,7	3,0	775,6	1,8	1.173,7	10,8	1.201,1	5,7	2.495,2	5,1	-190,6	-228,4	-1.719,7
Extrativa Mineral	2.252,1	9,0	2.846,9	8,9	2.578,1	6,0	190,3	1,8	514,5	2,4	538,4	1,1	2.061,7	2.332,3	2.039,7
Minerais Não-metálicos	156,5	0,6	242,1	0,8	540,2	1,3	63,5	0,6	191,0	0,9	446,8	0,9	93,1	51,2	93,4
Ferro e Aço	2.538,5	10,1	3.708,4	11,5	4.021,6	9,4	181,1	1,7	370,5	1,8	600,0	1,2	2.357,5	3.337,9	3.421,6
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	1.314,3	5,2	2.403,2	7,5	3.061,7	7,1	447,7	4,1	736,5	3,5	1.864,1	3,8	866,6	1.666,7	1.197,6
Papel e Celulose	593,4	2,4	1.188,5	3,7	2.401,3	5,6	88,8	0,8	266,4	1,3	697,2	1,4	504,6	922,1	1.704,0
Química	1.496,0	6,0	2.010,9	6,3	2.688,4	6,3	2.356,1	21,7	3.455,4	16,4	6.254,8	12,7	-860,1	-1.444,5	-3.566,4
Alimentos e Bebidas	7.452,1	29,6	6.912,2	21,5	10.851,5	25,3	609,5	5,6	1.573,0	7,5	3.197,4	6,5	6.842,7	5.339,2	7.654,2
Têxtil e Vestuário	1.032,1	4,1	1.310,9	4,1	1.311,3	3,1	111,5	1,0	625,9	3,0	2.349,3	4,8	920,6	685,0	-1.038,0
Outras Indústrias	7.318,7	29,1	10.563,3	32,8	14.669,6	34,2	5.630,6	51,9	12.099,8	57,5	30.687,9	62,5	1.688,1	-1.536,6	-16.018,3
Total Bens Não-Energéticos	25.136,7	100,0	32.159,0	100,0	42.899,2	100,0	10.852,7	100,0	21.034,0	100,0	49.131,2	100,0	14.284,0	11.124,9	-6.231,9

Fontes: Elaboração própria baseada IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000).

A liberalização da economia brasileira nesse período (sobretudo entre 1990-1995) compreendeu a redução e/ou retirada de barreiras tarifárias e não-tarifárias sobre as importações, a eliminação de subsídios e a reestruturação do sistema de incentivos às exportações. Tais medidas visavam incrementar a eficiência produtiva das empresas brasileiras à medida em que as expunha a maior pressão competitiva. Como era esperado pelos formuladores de políticas públicas do país, a liberalização econômica favoreceu o rápido crescimento das importações. Todavia, seus efeitos sobre as exportações foram frustrantes, não se verificando o “choque de competitividade” que era antevisto como resultado de médio prazo do processo (BONELLI et al., 1997; MOREIRA e CORREA, 1997; PINHEIRO e MOREIRA, 2000; RAMOS e ZONENSCHAIN, 2000).

Três fatores são apontados pela literatura especializada, variando a ênfase, como responsáveis pelo desempenho modesto das exportações após o processo de liberalização: a sobrevalorização da moeda nacional, a especialização comercial do Brasil em segmentos (produtos) pouco dinâmicos do mercado internacional e as barreiras comerciais dos países desenvolvidos (BONELLI et al., 1997; MEDEIROS, 1997; PEREIRA e CARVALHO, 1998; NONNENBERG, 1998; CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998; RAMOS e ZONENSCHAIN, 2000; RICUPERO, 2000; VEIGA, 2000; PINHEIRO e MOREIRA, 2000; GONÇALVES, 2001; MIRANDA, 2001; HAGUENAUER et al., 2001).

De fato, a mudança da política cambial brasileira no início do Plano Real, em julho de 1994, em direção à valorização da moeda nacional encareceu as exportações e barateou as importações efetuadas pelo país, contribuindo, decisivamente, para a diferenciação de suas respectivas taxas médias de crescimento (vide Figura 4.1). Se, por um lado, o aumento das importações, já estimulado pela liberalização, contribuía para o processo de estabilização de preços (ao incrementar a oferta de bens no mercado brasileiro), por outro, afetava a rentabilidade das exportações e promovia a deterioração da balança comercial⁷⁴. Tal processo reafirmou o que alguns especialistas chamam de “viés anti-exportador” da

⁷⁴ As evidências apresentadas por CAVALCANTI e RIBEIRO (1998) e PEREIRA e CARVALHO (1998) mostram que o índice de rentabilidade das exportações brasileiras em 1990 era 11,7 pontos percentuais maior do que em 1995 (ano-base), enquanto em 1985 tal indicador era 67,2 pontos percentuais maior do que em 1995. Nesses trabalhos o índice de rentabilidade considera a taxa de câmbio nominal deflacionada por um índice de preços no atacado (IPA-DI) e multiplicado pelo índice de preços das exportações (calculado no âmbito do convênio FUNCEX-IPEA).

economia brasileira; i.e., as empresas domésticas, em geral, teriam preferência pelo mercado doméstico – por aversão ao risco e pela estrutura tributária, creditícia e alfandegária desfavorável -, exportando apenas de maneira complementar ou quando o mercado doméstico entrasse em crise (NONNENBERG, 1998; CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998; VEIGA, 2000; PINHEIRO e MOREIRA, 2000)

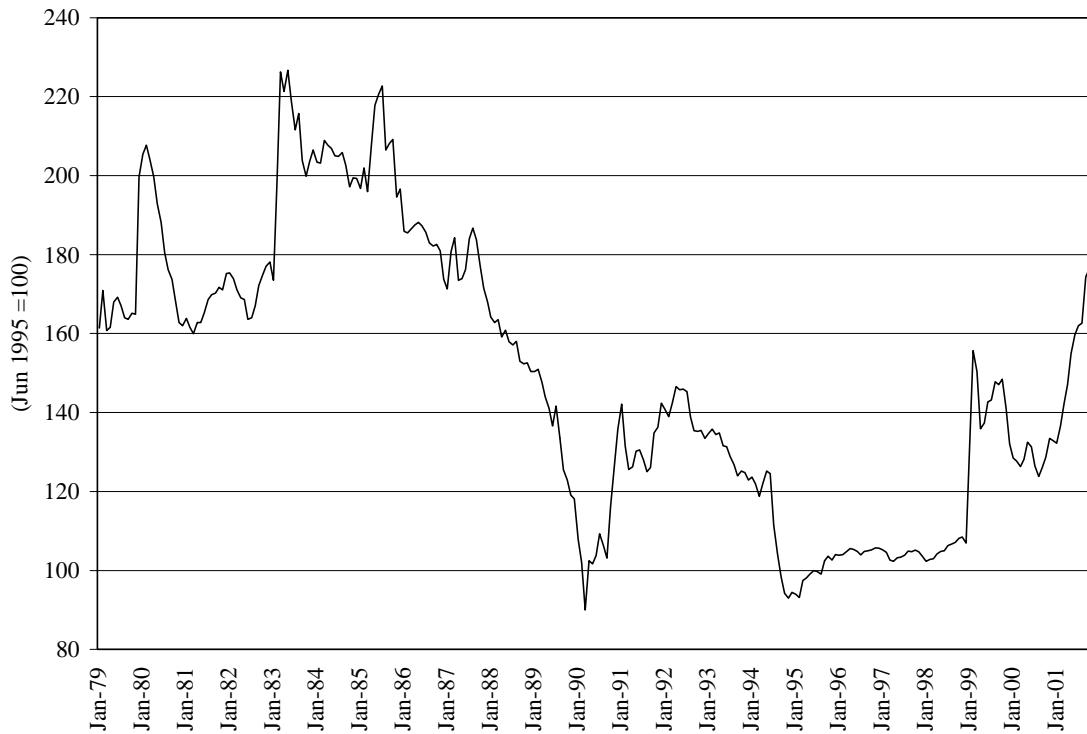


Figura 4.1 – Taxa de câmbio real
Fonte: IPEA (2001)

Nota: A taxa de câmbio real calculada é obtida deflacionando-se a taxa de câmbio nominal pelo IPA-OG brasileiro e ajustando-a, em seguida, pelo IPA norte-americano.

Outro fator é que a liberalização econômica, geralmente, reforça as vantagens comparativas (estáticas) dos países, levando-os a se especializarem em produtos intensivos nos fatores produtivos abundantes - tal como postulado no Teorema de Heckscher-Ohlin. No caso do Brasil, isso significou a reafirmação de sua especialização comercial concentrada em segmentos (produtos) pouco dinâmicos do mercado internacional tais como *commodities* agrícolas e industriais (PEREIRA e CARVALHO, 1998; NONNENBERG, 1998; CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998; MIRANDA, 2001; HAGUENAUER et al., 2001). Tais produtos enfrentam, recorrente ou permanentemente (dependendo do caso), contrações de demanda e/ou excesso de oferta, afetando o preço e/ou o volume das exportações. Nesse sentido, a queda da rentabilidade das exportações decorrente da sobrevalorização cambial,

mencionada acima, foi reforçada pela deterioração dos preços de alguns produtos da pauta de exportação brasileira⁷⁵ (MEDEIROS, 1997; RICUPERO, 2000; VEIGA, 2000; GONÇALVES, 2001; MIRANDA, 2001; HAGUENAUER et al., 2001).

Finalmente, a retirada de barreiras comerciais, como parte do processo de liberalização econômica, foi uma decisão unilateral do país, não envolvendo contrapartida de outros países (retirada de barreiras sobre as exportações brasileiras) como numa negociação multilateral (SERRA, 1998). Ao contrário, as barreiras comerciais erigidas pelos EUA contra as exportações brasileiras, por exemplo, foram ampliadas com a formação do NAFTA (MEDEIROS, 1997; NONNENBERG, 1998). Esse fator, sem dúvida, contribuiu também para explicar as diferenças nas taxas médias de crescimento das exportações e das importações.

Embora se tenha analisado a evolução do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos com base na Tabela 4.3, estimativas mais acuradas dos coeficientes de intensidade energética e de carbono da economia brasileira (a serem apresentadas na seção a seguir) requerem ajustes adicionais nos dados utilizados por esse estudo. Isso porque o procedimento de deflação adotado inicialmente por esse estudo⁷⁶ (implícito nos dados da Tabela 4.3, por exemplo) permitia evitar tanto a distorção monetária dos valores, quanto dos preços relativos entre bens e serviços transacionados nos mercados doméstico e externo (a qual está sujeito o procedimento de deflação tradicional)⁷⁷, mas não conseguia impedir distorções associadas à volatilidade da taxa de câmbio (Figura 4.1).

Desse modo, para se obter estimativas mais acuradas dos coeficientes de intensidade energética e de carbono da economia brasileira, é preciso “expurgar” dos dados da

⁷⁵ NONNENBERG (1998), VEIGA (2000) e PINHEIRO e MOREIRA (2000) relativizam a relevância desse efeito uma vez que o Brasil perdeu participação até nesses mercados. Num momento de forte sobrevalorização cambial é natural que esse efeito perca importância relativa. Todavia, esse efeito consiste numa limitação estrutural ao crescimento das exportações grave. Na verdade, o próprio fato desses segmentos serem sensíveis ao preço (mercados concorrenenciais), potencializando o efeito do câmbio, explica a perda de participação de mercado das exportações brasileiras.

⁷⁶ Tal procedimento é muito usado em trabalhos de comparações intertemporais de comércio exterior (exportações e importações). Vide, por exemplo, MOREIRA e CORREA (1997) e CAVALCANTI e RIBEIRO (1998).

⁷⁷ Durante processos inflacionários crônicos, o procedimento de deflação tradicional, que corrige valores nominais em moeda nacional aplicando-se deflatores de preços domésticos, distorce os valores a preços constantes das exportações e das importações (HAGUENAUER et al., 2001; BAZONI, 2001). Isso porque tal procedimento não permite a correta expressão entre os preços relativos domésticos e internacionais ao longo do tempo, visto que a hipótese implícita é que os preços relativos não variam.

economia brasileira a parte relativa ao efeito da volatilidade cambial⁷⁸, o qual, à semelhança da variação meramente monetária (inflação), não tem contrapartida no uso de energia e nas emissões de carbono⁷⁹.

Uma forma de se “expurgar” o efeito da volatilidade cambial dos dados do modelo é o ajustamento da taxa de câmbio nominal pela paridade do poder de compra da moeda (SUMMERS e AHMAD, 1974; SUMMERS e HESTON, 1991; HESTON e SUMMERS, 1997). A Tabela 4.4 apresenta a evolução do comércio exterior brasileiro em “dólares internacionais”, i.e. corrigida pela paridade do poder de compra da moeda nacional. Observa-se que os valores das exportações e das importações em 1985 são maiores do que aqueles mostrados na Tabela 4.3 (subestimados pela taxa de câmbio depreciada), enquanto em 1990 e 1995 os valores das exportações e das importações são menores do que os que aparecem na Tabela 4.3 (superestimados pela taxa de câmbio apreciada). Não obstante, as composições das exportações e das importações brasileiras de bens não-energéticos (participação relativa dos produtos) são iguais nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Cumpre informar que é com base na Tabela 4.4 que se aplicarão os coeficientes de intensidade energética e de carbono da economia brasileira (vide próxima seção). Deve-se ressaltar, contudo, que, mesmo que não se corrigisse a taxa de câmbio pela paridade do poder de compra, as estimativas da energia e do carbono embutidos no comércio exterior brasileiro não seriam afetadas (distorcidas). Isso porque haveria uma compensação dos

⁷⁸ Por exemplo, o crescimento das exportações brasileiras de bens não-energéticos em dólares constantes de 1995 entre 1985 e 1990 (vide Tabela 4.3) decorre, em boa medida, do fato de em 1985 a taxa de câmbio encontrar-se muito depreciada em relação ao patamar vigente em 1990. Assim, o crescimento das exportações valoradas em dólar nesse período ocorre não apenas por causa do crescimento do volume (quantum) exportado (CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998), mas também porque sua cotação em dólares aumenta devido à apreciação da taxa de câmbio (Figura 4.1).

⁷⁹ Cabe relembrar que, embora não haja consenso sobre o procedimento mais adequado para deflacionar séries de valores monetários em períodos de inflação crônica, adota-se como regra tácita que o procedimento mais adequado é aquele que distorce menos os dados relevantes para o objetivo da análise. No caso desse estudo, o procedimento adotado foi o que se mostrou mais adequado.

viéses nessa estimativa, com os erros, em boa medida, se anulando (as distorções nos dados de comércio exterior seriam simétricas às distorções nos coeficientes de intensidade energética e de carbono).

Tabela 4.4 – Evolução do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos em unidades monetárias (ajustado pela paridade do poder de compra)

	Exportação						Importação						Balança Comercial (Saldo)		
	1985		1990		1995		1985		1990		1995		1985	1990	1995
	US\$ ₉₅ ^{PPC} Milhões	(%)	US\$ ₉₅ ^{PPC} Milhões	US\$ ₉₅ ^{PPC} Milhões	US\$ ₉₅ ^{PPC} Milhões										
Agropecuária	1.405,8	3,9	908,2	3,0	674,2	1,8	1.678,4	10,8	1.121,4	5,7	2.169,2	5,1	-272,6	-213,2	-1.495,0
Extrativa Mineral	3.220,4	9,0	2.658,0	8,9	2.241,3	6,0	272,1	1,8	480,4	2,4	468,0	1,1	2.948,2	2.177,6	1.773,2
Minerais Não-metálicos	223,9	0,6	226,1	0,8	469,6	1,3	90,8	0,6	178,3	0,9	388,5	0,9	133,1	47,8	81,2
Ferro e Aço	3.630,0	10,1	3.462,4	11,5	3.496,2	9,4	258,9	1,7	345,9	1,8	521,6	1,2	3.371,1	3.116,4	2.974,6
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	1.879,3	5,2	2.243,8	7,5	2.661,7	7,1	640,2	4,1	687,7	3,5	1.620,6	3,8	1.239,1	1.556,1	1.041,1
Papel e Celulose	848,5	2,4	1.109,6	3,7	2.087,6	5,6	127,0	0,8	248,7	1,3	606,2	1,4	721,5	861,0	1.481,4
Química	2.139,2	6,0	1.877,5	6,3	2.337,2	6,3	3.369,2	21,7	3.226,2	16,4	5.437,6	12,7	-1.230,0	-1.348,7	-3.100,5
Alimentos e Bebidas	10.656,3	2,6	6.453,6	21,5	9.433,8	25,3	871,5	5,6	1.468,6	7,5	2.779,6	6,5	9.784,8	4.985,0	6.654,1
Têxtil e Vestuário	1.475,8	4,1	1.223,9	4,1	1.140,0	3,1	159,4	1,0	584,3	3,0	2.042,4	4,8	1.316,5	639,6	-902,4
Outras Indústrias	10.465,5	29,1	9.862,5	32,8	12.753,1	34,2	8.051,6	51,9	11.297,2	57,5	26.678,6	62,5	2.413,9	-1.434,6	-13.925,5
Total Bens Não-Energéticos	35.944,6	100,0	30.025,7	100,0	37.294,5	100,0	15.519,0	100,0	19.638,7	100,0	42.712,2	100,0	20.425,6	10.387,0	-5.417,7

Fontes: Elaboração própria baseada IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000).

Notas: Os fatores de correção das taxas de câmbio nominais pela paridade do poder de compra da moeda brasileira foram derivados das razões entre o PIB em dólares norte-americanos e o PIB em “dólares internacionais” (ajustado pela paridade do poder de compra) nos anos considerados; obtidos em IPEA (2001). Grupo energo-intensivo: Ferro e Aço, Metais Não-Ferrosos e Outras Metalurgias, Papel e Celulose e Química.

À semelhança da Tabela 4.3, a Tabela 4.4 permite observar a evolução absoluta e relativa da composição do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos. O item “Outros Produtos”, por exemplo, destacou-se por sua elevada e crescente participação tanto nas exportações (29,1% em 1985 e 34,2% em 1995), quanto nas importações (51,9% em 1985 e 62,5% em 1995). Deve-se atentar, porém, para o fato de a participação de “Outros Produtos” nas importações não apenas verificar patamares mais significativos (quase o dobro), mas também para a diferença entre as taxas médias de crescimento desse item nas exportações e nas importações de bens não-energéticos no período 1985-1995, respectivamente 2,0% a.a. e 12,7% a.a.. Tal item apresentou, em particular, a maior contribuição ao déficit da balança comercial de bens não-energéticos em 1995: importações líquidas de cerca de US\$₉₅^{ppc} 14,0 bilhões. Alternativamente, o item “Alimentos e Bebidas”, cujo peso nas exportações de bens não-energéticos também foi elevado no período (29,6% em 1985, 21,5% em 1990 e 25,3% em 1995), registra as maiores contribuições positivas líquidas ao saldo da balança comercial de não-energéticos nos anos analisados: US\$₉₅^{ppc} 9,8 bilhões em 1985, US\$₉₅^{ppc} 5,0 bilhões em 1990 e US\$₉₅^{ppc} 6,7 bilhões em 1995.

Cabe ressaltar ainda, na Tabela 4.4, a evolução da participação nas exportações e nas importações de bens não-energéticos dos chamados produtos energo-intensivos: “Minerais Não-metálicos”, “Ferro e Aço”, “Metais Não-ferrosos”, “Papel e Celulose” e “Químicos”⁸⁰. A participação dos produtos energo-intensivos cresceu de 24,3% em 1985 para cerca de 30,0% em 1990 e 1995 nas exportações de bens não-energéticos, enquanto nas importações de bens não-energéticos o peso desses produtos caiu de 28,9% em 1985 para 20,1% em 1995.

Individualmente, nota-se que “Minerais Não-metálicos” e “Papel e Celulose” apresentaram tendências inequívocas de crescimento em suas participações nas exportações de bens não-energéticos, enquanto “Químicos” manteve-se estável em cerca de 6,0% em todo o período. Já “Ferro e Aço” e “Metais Não-Ferrosos e Outras Metalurgias” mostraram retrações em suas participações em 1995 *vis-à-vis* 1990. A bem da verdade, as participações

⁸⁰ A categorização desses produtos como energo-intensivos foi proposta por STROUT (1985). Em geral, esse conceito não é relacionado a uma medida quantitativa estrita, mas sim à noção qualitativa que esses produtos requerem grandes volumes de energia para serem produzidos. Isso porque medidas quantitativas podem variar de acordo com a cesta de bens que define o produto, com o processo tecnológico e com a matriz energética; por conseguinte, pode variar espacial e temporalmente. De qualquer forma, nesse estudo, todos os produtos chamados energo-intensivos registraram coeficientes de intensidade energética acima do valor mediano dos bens não-energéticos.

desses produtos nas exportações brasileiras de bens não-energéticos seriam provavelmente maiores em 1995, não fossem alguns limitantes conjunturais tais como: a sobrevalorização cambial (menor rentabilidade e competitividade das exportações), o elevado nível de atividade econômica do país no início do Plano Real (reorientação das vendas para o mercado interno) e a moderação da demanda externa em mercados relevantes para os produtores nacionais (contração da atividade econômica no Japão e na Europa e instituição de barreiras comerciais pelos EUA)⁸¹.

O único item do grupo de produtos energo-intensivos que verificou participação relativa nas importações maior, ainda que decrescente, do que nas exportações foi o de “Químicos”: 21,7% em 1985, 16,4% em 1990 e 12,7% em 1995. Além disso, tal item foi também o único a registrar contribuições negativas ao saldo da balança comercial de bens não-energéticos. No entanto, os déficits na balança comercial desse item foram mais do que compensados pelos superávits comerciais dos demais produtos energo-intensivos.

No que concerne à participação de produtos energo-intensivos nas importações de bens não-energéticos, destaca-se, além da forte redução sofrida no item “Químicos”, os crescimentos modestos dos pesos de “Papel e Celulose” e “Minerais Não-metálicos” na pauta (vide Tabela 4.3). “Ferro e Aço” registrou uma tendência à queda na participação no período 1990-1995 (de 1,8% para 1,2%), enquanto “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias” observou uma tendência a recuperação do patamar inicial, após verificar uma redução em 1990. De qualquer forma, o resultado líquido, como mencionado anteriormente, é a redução inequívoca da participação dos produtos energo-intensivos na pauta de importação de bens não-energéticos.

Em última análise, pode-se concluir com base na Tabela 4.4 (assim como na Tabela 4.3) que a especialização comercial (não-energética) do Brasil alterou-se em favor de produtos energo-intensivos no período 1985-1995, ainda que exceções relevantes (mas aparentemente conjunturais) tenham ocorrido (Ferro e Aço e Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias em 1995). Tal conclusão é consistente com pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto, que apontam para uma especialização comercial brasileira em produtos intensivos

⁸¹ Vide, por exemplo, MEDEIROS (1997), MOREIRA e CORREA (1997), NONNENBERG (1998) e PEREIRA e CARVALHO (1998).

em recursos naturais (MOREIRA e CORREA, 1997; MEDEIROS, 1997; PEREIRA e CARVALHO, 1998; NONNENBERG, 1998; CAVALCANTI e RIBEIRO, 1998; RICUPERO, 2000; VEIGA, 2000; PINHEIRO e MOREIRA, 2000; GONÇALVES, 2001; MIRANDA, 2001; HAGUENAUER et al., 2001).

4.2 Energia Embutida nas Exportações e nas Importações Brasileiras em 1985, 1990 e 1995

Nessa seção, avaliam-se os impactos do comércio exterior brasileiro sobre o uso de energia do país em 1985, 1990 e 1995. Para isso, em primeiro lugar, estimam-se os coeficientes totais de intensidade energética para o Brasil nos mesmos anos, mediante aplicação do modelo em unidades híbridas às tabelas de insumo-produto da economia brasileira (vide capítulo 3, seção 3.2). Em seguida, multiplicam-se tais coeficientes por vetores de exportação e importação construídos com base nas Tabelas 4.1 e 4.4 para se obterem os volumes de energia embutida no comércio exterior brasileiro nos anos selecionados.

A Tabela 4.5 mostra as estimativas dos coeficientes totais de intensidade energética por produto da economia brasileira em unidades híbridas em 1985, 1990 e 1995: produtos energéticos em MJ/GJ e produtos não-energéticos em MJ/US\$₉₅.

No caso dos produtos energéticos, nota-se que os coeficientes totais são modestos; cada GJ de energia oferecido pela economia brasileira requer relativamente poucos insumos energéticos extras. Por exemplo, a oferta de 1,0 GJ de “Petróleo e Gás Natural” em 1995 requereu o próprio 1,0 GJ de “Petróleo e Gás Natural” e adicionais 1,8 MJ de energia primária (inclusive “Petróleo e Gás Natural”). Isso se deve ao fato desse estudo trabalhar apenas com o conceito de energia primária. Quando se utiliza o conceito de energia “efetiva” (formas primária e secundária separadas), os coeficientes totais das fontes secundárias são mais elevados; i.e., cada GJ de energia oferecido requer montantes adicionais mais significativos de energia primária⁸².

Sobre os produtos energéticos, observa-se uma relativa estabilidade de seus respectivos coeficientes totais ao longo do período considerado, ainda que esses registrem

⁸² Para mais detalhes, vide MILLER e BLAIR (1985).

uma ligeira queda em 1990 e uma sutil alta em 1995 em relação aos coeficientes de 1985. Tal estabilidade nos coeficientes totais dos produtos energéticos parece estar ligada ao fato do mesmo ser um coeficiente “físico” (MJ/GJ), cuja variação só ocorre em casos de mudanças técnicas (tecnológica ou de gestão energética) sensíveis. Ademais, percebe-se também uma certa proximidade entre os valores dos coeficientes, a qual parece estar relacionada à utilização do conceito de energia primária.

Tabela 4.5 - Coeficientes totais* de intensidade energética da economia brasileira

	1985	1990	1995
Produtos Energéticos (MJ/GJ)			
Lenha	1.001,0	1.000,9	1.002,2
Petróleo e Gás Natural	1.000,8	1.000,7	1.001,8
Carvão e Outros	1.001,0	1.000,9	1.002,3
Produtos da Cana-de-açúcar	1.001,0	1.000,9	1.002,4
Eletricidade	1.001,0	1.000,9	1.002,3
Outras Fontes Primárias	1.000,4	1.000,4	1.001,3
Produtos Não-Energéticos (MJ/US\$₉₅^{ppc})			
Agropecuária	9,3	9,7	9,5
Extrativa Mineral	18,0	20,2	24,3
Minerais Não-metálicos	33,9	29,4	31,3
Ferro e Aço	60,5	71,7	72,2
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	21,6	26,0	27,1
Papel e Celulose	24,0	26,4	32,0
Química	22,0	22,4	38,8
Alimentos e Bebidas	14,3	14,2	15,2
Têxtil e Vestuário	6,9	7,4	8,7
Outras Indústrias	13,9	13,1	9,5
Comércio e Serviços	4,1	3,4	3,2
Transporte	47,3	47,4	52,9
Serviços Públicos	3,4	2,4	2,8
Bens Não-Energéticos (média)**	17,0	17,0	17,0
Bens e Serviços Não-Energéticos (média)***	13,8	12,4	12,3

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000).

Notas: * Totais = direto + indireto; ** Média ponderada pelo peso de cada produto na demanda total de bens não-energéticos (em valores monetários). Bens Não-Energéticos abrangem os Produtos Não-Energéticos tangíveis, excluindo, portanto, Comércio e Serviços, Transporte e Serviços Públicos; *** Média ponderada pelo peso de cada produto na demanda total de bens e serviços não-energéticos (em valores monetários). Bens e Serviços Não-Energéticos compreendem todos os Produtos Não-Energéticos, tangíveis e intangíveis.

A Tabela 4.5 também mostra as estimativas dos coeficientes totais de produtos não-energéticos da economia brasileira em 1985, 1990 e 1995. Dois aspectos sobressaem-se na observação desses coeficientes. Primeiro, ao contrário do que acontece no caso dos produtos energéticos, há uma considerável variância nos coeficientes totais dos produtos não-energéticos, refletindo as diferenças nas funções de produção de cada atividade no tocante aos insumos energéticos. Pode-se constatar, por exemplo, que a amplitude total dos

coeficientes foi de 69,4 MJ/US\$₉₅^{ppc} em 1995, sendo seus limites mínimos e máximos dados, respectivamente, pelos produtos “Serviços Públicos” (2,8 MJ/US\$₉₅^{ppc}) e “Ferro e Aço” (72,2 MJ/US\$₉₅^{ppc}). Pode-se verificar ainda que a média (ponderada pelo peso dos produtos na demanda total) dos coeficientes totais de intensidade energética dos produtos não-energéticos em 1995 foi 12,3 MJ/US\$₉₅^{ppc}, enquanto a mediana foi 24,3 MJ/US\$₉₅^{ppc} (“Extrativa Mineral”).

Em particular, cabe destacar as diferenças de magnitudes entre os coeficientes totais de intensidade energética dos chamados bens energo-intensivos (“Ferro e Aço”, “Química”, “Papel e Celulose”, “Minerais Não-metálicos” e “Metais Não-ferrossos e Outras Metalurgias”) e os dos demais bens não-energéticos⁸³. Todos revelaram-se significativamente acima da média dos coeficientes totais de intensidade energética dos bens não-energéticos.

Segundo, também à diferença dos produtos energéticos (estabilidade dos coeficientes), observa-se uma forte queda no patamar dos coeficientes totais de intensidade energética dos produtos não-energéticos, quando se comparam as estimativas dos coeficientes em 1985 e em 1990 e 1995. A média dos coeficientes totais de produtos não-energéticos, por exemplo, passou de 13,8 MJ/US\$₉₅^{ppc} em 1985 para 12,4 MJ/US\$₉₅^{ppc} em 1990 e para 12,3 MJ/US\$₉₅^{ppc} em 1995. Já a média dos coeficientes totais dos bens não-energéticos (exclui serviços) manteve-se estável em 17,0 MJ/US\$₉₅^{ppc} ao longo dos anos analisados. Tais evoluções precisam, contudo, ser qualificadas a fim de se evitar conclusões equivocadas.

Embora possam ter havido ganhos relevantes de eficiência energética em várias atividades econômicas nesse período (TOLMASQUIM e SZKLO, 2000), não se pode fazer afirmações inequívocas a esse respeito com base na evolução dos coeficientes de intensidade energética. Isso porque a eficiência técnica não é o único determinante do coeficiente de intensidade energética; a cesta de bens que compõe o produto e seu valor econômico também influenciam decisivamente o coeficiente de intensidade energética

⁸³ Esse estudo interessa-se, particularmente, pelos bens não-energéticos, uma vez que sua análise se concentra na balança comercial de bens não-energéticos. Por isso, não se menciona o serviço “Transporte” entre os produtos energo-intensivos. Essa é, inclusive, a razão de se referir a bens energo-intensivos: está-se excluindo os serviços.

(ROSA e TOLMASQUIM, 1993; MACHADO e SCHAEFFER, 1994; FREEMAN et al., 1997; PHYLIPSEN et al., 1997).

O fato é que um coeficiente “físico-econômico” está sempre sujeito a distorções de natureza monetária e/ou cambial, que não resultam em contrapartidas no uso de energias, tornando sua interpretação ambígua. A alternativa seria trabalhar com coeficientes físicos de intensidade energética, também denominados coeficientes de conteúdo energético. Todavia, se essa alternativa é possível em teoria, na prática ela se tornar inviável, pois requereria uma enorme disponibilidade de dados e de recursos financeiros para adquirí-los e operacionalizá-los. Ademais, tal alternativa não apenas dificultaria a visão de todo (problema da agregação de qualidades de “massas” distintas), como também encobriria uma das principais questões do debate meio ambiente e desenvolvimento econômico (e/ou comércio exterior): qual é a contrapartida de renda econômica derivada da exploração/uso de recursos naturais (energia e materiais) e da degradação ambiental?

Nesse estudo, como mencionado anteriormente, procurou-se minizar as distorções monetárias e/ou cambiais sobre os coeficientes de intensidade energética e de carbono utilizando-se um procedimento que corrige os valores correntes em moeda nacional para valores constantes em “dólares internacionais”⁸⁴. Com esse procedimento, além de se respeitar a variação dos preços relativos dos bens e serviços domésticos e internacionais no período, evitam-se distorções associadas à volatilidade da taxa de câmbio, tornando as evoluções dos coeficientes de intensidade energética e de carbono “melhor comportadas” e mais inteligíveis.

Ressalve-se, entretanto, que a escolha do procedimento de deflação não influencia as estimativas de energia embutida (ou de carbono embutido) nos produtos não-energéticos (transacionados doméstica e/ou internacionalmente). Isso porque os eventuais “erros” são simétricos, anulando-se na multiplicação do valor do bem ou do serviço por seu respectivo coeficiente de intensidade energética (ou de carbono) na estimativa da energia embutida (ou do carbono embutido). Ainda assim, ou até por isso, a utilização dos coeficientes totais de intensidade energética estimados por esse estudo deve ser feita com cuidado, tendo-se

⁸⁴ Em outras palavras, deflacionam-se os valores correntes em moeda nacional pela taxa de câmbio de paridade do poder de compra da moeda nacional ajustada pela inflação norte-americana.

consciência do procedimento usado e considerando-se as limitações e a validade de sua utilização. Feitas essas ressalvas, pode-se voltar à avaliação dos resultados em si mesmos.

A Tabela 4.6 revela a contribuição por fonte aos coeficientes totais de intensidade energética por produto não-energético em 1985, 1990 e 1995. Destaquem-se os processos de substituição de lenha por carvão e por eletricidade em “Ferro e Aço” e em “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias”, de lenha e carvão por petróleo e gás natural e outras fontes primárias em “Papel e Celulose” e de lenha por produtos da cana-de-açúcar em “Química” e “Alimentos e Bebidas”⁸⁵.

⁸⁵ É importante lembrar que esse trabalho utiliza o conceito de energia primária. Isso significa que o carvão vegetal está implícito na fonte lenha, os derivados de petróleo em petróleo e gás natural, o álcool em produtos da cana-de-açúcar, o coque em carvão e outros e que a eletricidade considera apenas eletricidade primária.

Tabela 4.6 – Contribuição por fonte ao coeficiente total de intensidade energética (%)

	Lenha			Petróleo e Gás Natural			Carvão e Outros			Produtos da Cana-de-açúcar			Eletricidade			Outras Fontes Primárias		
	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995
Agropecuária	26,9	23,2	15,7	53,0	53,8	56,5	2,7	2,3	2,9	8,2	8,7	12,2	8,6	11,1	11,3	0,6	0,9	1,3
Extrativa Mineral	23,0	14,8	8,5	42,0	45,4	48,7	7,6	8,5	9,8	5,5	5,6	7,6	20,8	24,5	23,9	1,1	1,2	1,4
Minerais Não-metálicos	52,2	37,4	30,9	18,6	37,0	43,7	15,5	10,3	8,8	2,1	2,4	3,4	9,4	10,7	11,1	2,2	2,2	2,2
Ferro e Aço	47,2	47,5	37,1	8,1	7,6	8,3	33,6	33,1	42,4	1,0	0,9	0,9	9,9	10,6	11,1	0,2	0,2	0,2
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	32,6	33,2	24,6	20,2	17,0	18,2	21,0	20,6	26,6	2,8	2,4	2,7	22,9	26,3	27,3	0,5	0,6	0,7
Papel e Celulose	26,7	18,8	16,1	21,5	25,3	26,0	5,4	4,7	3,3	4,3	4,5	4,3	17,6	18,4	18,0	24,4	28,4	32,3
Química	9,7	8,6	4,6	49,3	50,7	49,7	7,6	5,8	6,9	18,4	18,1	24,8	13,3	14,3	10,8	1,7	2,5	3,2
Alimentos e Bebidas	24,0	21,5	14,4	30,1	32,1	32,7	3,4	3,3	3,3	31,4	29,5	36,2	10,0	12,0	11,4	1,0	1,6	1,9
Têxtil e Vestuário	17,7	13,1	8,3	41,3	45,3	44,5	5,4	4,4	4,5	9,5	8,7	12,1	24,4	26,2	27,7	1,7	2,3	2,8
Outras Indústrias	23,2	21,1	18,2	32,7	34,5	34,0	14,1	12,4	15,9	14,6	14,1	10,7	13,4	15,3	18,4	1,9	2,6	2,8
Comércio e Serviços	14,9	12,0	8,3	42,2	43,5	45,4	6,0	5,0	4,7	12,5	12,5	13,3	22,4	24,8	26,0	1,9	2,1	2,3
Transporte	0,9	0,7	0,4	82,3	79,9	81,6	0,6	0,4	0,4	15,1	17,9	16,6	0,9	0,9	0,8	0,1	0,1	0,1
Serviços Públicos	12,0	9,8	6,5	33,4	35,7	42,1	5,3	4,4	4,2	9,5	10,2	10,7	38,4	38,5	35,0	1,5	1,4	1,6

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000).

Além de influenciar a eficiência energética (as fontes têm rendimentos diferentes) e os requisitos primários de energia, tais substituições afetam decisivamente as emissões de carbono associadas ao uso de energia e, por conseguinte, o carbono embutido no comércio exterior (vide seção 4.3 a seguir).

Finalmente, a aplicação dos coeficientes totais de intensidade energética fornecidos na Tabela 4.5 aos dados de comércio exterior providos nas Tabelas 4.1 e 4.4 permite estimar a energia embutida nas exportações e nas importações brasileiras. Cabe relembrar que, nesse estudo, utiliza-se o conceito de “uso de energia evitado” nas estimativas de energia embutida nas importações, de tal forma que os coeficientes totais de intensidade energética estimados para a economia brasileira são utilizados também para se avaliar a energia embutida nas importações (vide capítulo 3, seção 3.2).

A Tabela 4.7 apresenta a energia embutida nas exportações e importações brasileiras de bens não-energéticos. Observa-se que, principalmente em função do crescimento do comércio exterior brasileiro (efeito-atividade – vide Tabela 4.4), os volumes totais de energia embutida no período como um todo cresceram tanto nas exportações (de 714,4 PJ em 1985 para 831,8 PJ em 1995), quanto nas importações de bens não-energéticos (de 255,7 PJ em 1985 para 669,9 PJ em 1995). Cabe destacar que esses volumes totais advieram de uma resultante de efeitos positivos e negativos sobre os montantes de energia associados ao comércio exterior (efeito-atividade, efeito-intensidade, efeito-estrutura)⁸⁶.

A Tabela 4.7 mostra também o saldo da balança comercial de bens não-energéticos em termos de energia embutida (doravante “balança de energia”). Nota-se que o saldo foi positivo em todos os anos considerados, conquanto fosse decrescente: 458,7 PJ em 1985, 356,8 PJ em 1990 e 161,9 PJ em 1995. Não obstante, deve-se levar em consideração que tal evolução refletiu, em boa medida, a própria dinâmica da balança comercial de bens não-energéticos (em valores monetários) do Brasil em 1985, 1990 e 1995. Nesse sentido, impressiona o fato de o saldo da “balança de energia” ter sido positivo em 1995, uma vez

⁸⁶ O efeito-atividade relaciona-se aos impactos sobre o uso de energia associado ao patamar, ou escala, do comércio exterior. O efeito-intensidade diz respeito aos impactos sobre o uso de energia de modificações na intensidade energética dos produtos comercializados internacionalmente. O efeito-estrutura refere-se aos impactos sobre o uso de energia decorrentes de mudanças na estrutura econômica derivadas da especialização comercial (GROSSMAN e KRUGER, 1991; OECD, 1997c; JONES, 1998; NORDSTRÖM e VAUGHAN, 1999).

que nesse ano a balança comercial de bens não-energéticos em valores monetários foi deficitária em US\$₉₅^{PPC} 5,4 bilhões. Isso significa que a diferença nos efeitos-estrutura das exportações (positivo) e das importações (negativo) mais do que compensou a diferença nos efeitos-atividade das exportações (positivo) e das importações (fortemente positivo)⁸⁷.

Tabela 4.7 – Energia embutida no comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos (PJ)

	Exportação			Importação			Balança Comercial (Saldo)		
	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995
Agropecuária	13,1	8,8	6,4	15,7	10,9	20,7	-2,5	-2,1	-14,2
Extrativa Mineral	58,1	53,8	54,4	4,9	9,7	11,4	53,2	44,1	43,0
Minerais Não-metálicos	7,6	6,6	14,7	3,1	5,2	12,1	4,5	1,4	2,5
Ferro e Aço	219,7	248,3	252,4	15,7	24,8	37,7	204,0	223,5	214,8
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	40,6	58,3	72,0	13,8	17,9	43,9	26,8	40,4	28,2
Papel e Celulose	20,4	29,3	66,9	3,0	6,6	19,4	17,3	22,7	47,4
Química	47,2	42,0	90,6	74,3	72,2	210,9	-27,1	-30,2	-120,2
Alimentos e Bebidas	152,4	91,8	143,0	12,5	20,9	42,1	140,0	70,9	100,8
Têxtil e Vestuário	10,2	9,0	10,0	1,1	4,3	17,8	9,1	4,7	-7,9
Outras Indústrias	145,1	128,9	121,4	111,7	147,6	254,0	33,5	-18,7	-132,6
Total Bens Não-Energéticos	714,4	676,9	831,8	255,7	320,1	669,9	458,7	356,8	161,9

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000).

As estimativas apresentadas na Tabela 4.7 são melhor compreendidas quando contrastadas com a evolução do comércio exterior brasileiro de produtos energéticos (Tabela 4.1). Pode-se constatar, então, que os montantes de energia embutida nas importações dos bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995 foram da ordem de 18,1%, 19,1% e 34,6% das importações brasileiras de produtos energéticos, respectivamente. Já a energia embutida nas exportações dos bens não-energéticos corresponderam a 50,7% das importações de produtos energéticos em 1985, 40,5% em 1990 e 42,9% em 1995.

Finalmente, quando se contrastam as importações líquidas (i.e., o saldo do comércio) de produtos energéticos do Brasil (vide Tabela 4.1) com os volumes de energia embutida nas exportações líquidas (vide Tabela 4.7), percebe-se que parte da energia importada diretamente é reexportada indiretamente embutida nas exportações de bens não-energéticos: 43,2% em 1985, 24,4% em 1990 e 9,3% em 1995. Novamente, deve-se destacar que essa

⁸⁷ Os efeitos-intensidade das exportações e das importações são iguais por definição metodológica, visto que os coeficientes de intensidade energética utilizados são os mesmos para as exportações e para as importações.

trajetória decrescente é determinada, em boa medida, pela dinâmica da própria balança comercial de bens não-energéticos nesse período.

Outra análise relevante é aquela que compara as estimativas de energia embutida no comércio exterior com o uso total de energia primária pelo Brasil, cujas magnitudes alcançaram: 5.973,4 PJ em 1985, 6.140,9 PJ em 1990 e 6.892,9 PJ em 1995. A razão entre a energia embutida nas exportações e o uso total de energia primária pelo Brasil evoluiu de 17,8% em 1985, para 14,5% em 1990 e para 15,0% em 1995. Já a razão entre a energia embutida nas importações e o uso total de energia primária pelo Brasil passou de 4,3% em 1985, para 5,2% em 1990 e para 9,7% em 1995. Finalmente, quando se considera o saldo dos montantes de energia embutida nas exportações e nas importações em relação ao uso de energia primária do país, verifica-se que essa relação passou de 7,7% em 1985 para 5,8% em 1990 e para 2,3% em 1995. Mais uma vez é importante considerar que essa trajetória decrescente é função da própria evolução da balança comercial brasileira de bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995.

A Tabela 4.7 também permite análises mais desagregadas da energia embutida no comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos. É possível constatar, por exemplo, que o grupo dos bens energo-intensivos aumentou sua participação no total da energia embutida nas exportações de bens não-energéticos: 46,9% em 1985, 56,8% em 1990 e 59,7% em 1995. Destaca-se nesse grupo o produto “Ferro e Aço”, que respondeu individualmente por 30,8% em 1985, 36,7% em 1990 e 30,3% em 1995 do total de energia embutida nas exportações de bens não-energéticos. A participação do grupo dos bens energo-intensivos sobre o total da energia embutida nas importações de bens não-energéticos também foi elevada: 43,0% em 1985, 39,6% em 1990 e 48,4% em 1995. Aqui, contudo, a principal contribuição foi dada pelo produto “Química”: 29,0% em 1985, 22,6% em 1990 e 31,5% em 1995 do total de energia embutida nas importações de bens não-energéticos.

Aponta-se ainda que dos produtos que compõem o grupo dos bens energo-intensivos somente o item “Química” registrou contribuição negativa ao saldo da “balança de energia”. Assim, pode-se atribuir, em boa medida, ao grupo dos bens energo-intensivos os saldos positivos da “balança de energia” em 1985, 1990 e 1995. Fora desse grupo, os produtos “Alimentos e Bebidas” e “Extrativa Mineral” também apresentaram contribuição positivas importantes, em função principalmente de suas participações na balança comercial em

valores monetários (vide Tabela 4.4). Alternativamente, além de “Química”, “Outras Indústrias” (exceto em 1985), “Agropecuária” e “Têxtil e Vestuário” (apenas em 1995) também contribuiram negativamente ao saldo.

Ao longo dessa seção procurou-se ressalvar, fastidiosamente, que as vicissitudes das exportações e das importações (em valores monetários) influenciam decisivamente os saldos da “balança de energia”. Assim, confiar apenas nos saldos da “balança de energia” para se analisar os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia primário pode resultar em conclusões míopes ou accidentalmente verdadeiras. Nesse sentido, concluir que o comércio exterior está se tornando uma variável pouco significativa na determinação do uso de energia primária, uma vez que o saldo está se reduzindo, pode ser equivocado.

Tendo em vista fornecer uma visão mais completa da situação, a Tabela 4.8 apresenta os termos de troca em energia do comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995. Os termos de troca em energia consistem na razão entre os coeficientes totais de intensidade energética das exportações e das importações de bens não-energéticos (ANTWEILER, 1996). Pode-se observar na Tabela 4.8 os termos de troca em energia para o Brasil foram não apenas maiores que 1 (um), mas também crescentes: 1,21 em 1985, 1,38 em 1990 e 1,42 em 1995. Isso significa que cada dólar auferido com as exportações de bens não-energéticos embutiu mais energia do que cada dólar dispendido com as importações de bens não-energéticos: 20,6% a mais em 1985, 38,3% a mais em 1990 e 42,2% a mais em 1995. Numa situação de equilíbrio na balança comercial de bens não-energéticos (em valores monetários), *ceteris paribus*, essa seria a proporção entre os volumes de energia embutida nas exportações e nas importações de bens não-energéticos. Numa situação de superávit, essas proporções seriam amplificadas.

Tabela 4.8 – Termos de troca em energia da economia brasileira para bens não-energéticos

	1985	1990	1995
Intensidade energética das exportações (MJ/US\$ ₉₅ ^{PPC})*	19,88	22,54	22,30
Intensidade energética das importações (MJ/US\$ ₉₅ ^{PPC})**	16,48	16,30	15,68
Termos de troca em energia***	1,21	1,38	1,42

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001) e US DOC (2000)
 Notas: * Média ponderada pelo peso de cada produto nas exportações de bens não-energéticos (em valores monetários); ** Média ponderada pelo peso de cada produto nas importações de bens não-energéticos (em valores monetários); *** Termos de troca em energia (τ_e) é a razão entre os coeficientes médios de intensidade energética das exportações (e^X) e das importações (e^M) de bens não-energéticos: $\tau_e = e^X / e^M$.

À guisa de conclusão, pode-se dizer que o Brasil revelou-se não apenas um exportador líquido de energia embutida no comércio exterior de bens não-energéticos (458,7 PJ em 1985, 356,8 PJ em 1990 e 161,9 PJ em 1995), mas também que cada dólar auferido com as exportações de bens não-energéticos embutiu significativamente mais energia do que cada dólar dispendido com as importações de bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995. Esse ponto torna-se extremamente relevante quando se considera que tais montantes (cerca de 7,7%, 5,8% e 2,3% do uso total de energia primária do país em, respectivamente, 1985, 1990 e 1995) decresceram principalmente em função da perda de competitividade das exportações brasileiras. Assim, diante da perspectiva de recrudescimento do crescimento das exportações (depreciação da taxa de câmbio e fortalecimento política de exportação) e de superávits na balança comercial, essas estimativas colocam um importante alerta aos formuladores de políticas públicas do Brasil: uma política comercial agressiva pode gerar, *ceteris paribus*, impactos significativos sobre o uso de energia primária do país. Essa questão será retomada na seção 4.4.

4.3 Carbono Embutido nas Exportações e nas Importações Brasileiras em 1985, 1990 e 1995

Nessa seção, avaliam-se os impactos do comércio exterior brasileiro sobre as emissões de carbono do país advindas do uso de recursos energéticos em 1985, 1990 e 1995. À semelhança da avaliação dos impactos do comércio exterior sobre o uso de energia do Brasil, isso requer, em primeiro lugar, que se estimem os coeficientes totais de intensidade de carbono para o Brasil nos mesmos anos para, então, aplicá-los aos vetores de exportação e importação apropriados (vide capítulo 3, seção 3.2).

A Tabela 4.9 apresenta as estimativas dos coeficientes totais de intensidade de carbono por produto da economia brasileira em unidades híbridas em 1985, 1990 e 1995: produtos energéticos em gC/kgC e produtos não-energéticos em gC/US\$₉₅^{ppc}.

No que concerne aos produtos energéticos, embora valha como regra a mesma explicação dada sobre os coeficientes totais de intensidade energética (seção 4.2), é importante esclarecer um ponto adicional. No caso de “Produtos da Cana-de-açúcar” e da “Eletricidade”, o milhar 1 (um) nos respectivos coeficientes totais de intensidade de carbono consiste apenas num operador matemático (o coeficiente é um multiplicador), visto que para essas fontes assumiram-se fatores de conversão de energia para carbono líquido (vide

capítulo 3, seção 3.3). Assim, poder-se-ia esperar, equivocadamente, que o coeficiente fosse exatamente igual a 1.000,0 gC/kgC, o que não acontece. Em 1995, por exemplo, os coeficientes totais foram 1.026,3 gC/kgC para “Produtos da Cana-de-açúcar” e 1.025,6 gC/kgC para a “Eletricidade”. Cabe lembrar, contudo, que os coeficientes totais de intensidade de carbono contabilizam não apenas o carbono diretamente emitidos, mas também os indiretamente emitidos. Ou seja, os produtos da cana-de-açúcar e da eletricidade utilizaram ao longo de suas respectivas cadeias produtivas fontes de energia cujos fatores de emissão líquida de carbono são diferentes de zero.

Tabela 4.9 - Coeficientes totais* de intensidade de carbono da economia brasileira

	1985	1990	1995
Produtos Energéticos (g C/kgC)			
Lenha	1.012,6	1.011,0	1.023,7
Petróleo e Gás Natural	1.010,2	1.008,9	1.020,0
Carvão e Outros	1.012,1	1.011,2	1.025,7
Produtos da Cana-de-açúcar	1.012,4	1.011,5	1.026,3
Eletricidade	1.012,5	1.010,9	1.025,6
Outras Fontes Primárias	1.005,4	1.005,0	1.013,8
Produtos Não-Energéticos (g C/US\$₉₅^{PPC})			
Agropecuária	165,8	164,2	150,0
Extrativa Mineral	289,0	302,7	348,9
Minerais Não-metálicos	703,2	573,0	591,8
Ferro e Aço	1.320,7	1.553,1	1.584,7
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	376,3	437,3	451,7
Papel e Celulose	403,0	427,4	515,8
Química	307,3	307,3	470,7
Alimentos e Bebidas	182,8	180,1	166,6
Têxtil e Vestuário	97,3	100,3	105,9
Outras Indústrias	218,6	200,7	147,4
Comércio e Serviços	56,4	45,4	40,5
Transporte	796,1	768,4	879,9
Serviços Públicos	37,1	25,5	31,9
Bens Não-Energéticos (média)**	285,3	277,6	264,1
Bens e Serviços Não-Energéticos (média)***	375,1	369,3	358,7

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001), US DOC (2000), IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

Notas: Intensidade de carbono no conceito de emissões líquidas (i.e., descontam-se os volumes de carbono absorvidos pelo crescimento da biomassa renovável); * Totais = direto + indireto; ** Média ponderada pelo peso de cada produto na demanda total de bens não-energéticos (em valores monetários). Bens Não-Energéticos abrangem os Produtos Não-Energéticos tangíveis, excluindo, portanto, Comércio e Serviços, Transporte e Serviços Públicos; *** Média ponderada pelo peso de cada produto na demanda total de bens e serviços não-energéticos (em valores monetários). Bens e Serviços Não-Energéticos compreendem todos os Produtos Não-Energéticos, tangíveis e intangíveis.

Em outras palavras, ofertas de 1,0 PJ de “Produtos da Cana-de-açúcar” e de “Eletricidade”, ainda que não emitissem carbono (líquido) diretamente, acarretaram em 1995 em emissões líquidas totais de carbono de cerca de 26,3 tC e 25,6 tC, respectivamente.

Como se poderia supor, os coeficientes totais de intensidade de carbono verificaram uma trajetória de evolução similarmente aos coeficientes totais de intensidade energética, uma vez que aqueles coeficientes são relativos somente às emissões advindas do uso de energia. Assim, percebe-se que os coeficientes totais de intensidade de carbono em 1985, 1990 e 1995 caracterizaram-se por uma certa estabilidade temporal e pela convergência de valores (à exceção de “Outras Fontes Primárias”, num nível ligeiramente menor). Os eventuais “descolamentos” com a trajetória dos coeficientes totais de intensidade energética, maior ou menor variação das estimativas entre os anos, devem ser atribuídas a variações nas participações das fontes de energia, cujos fatores de emissão de carbono diferem entre si (vide capítulo 3, seção 3.3). O mesmo também vale para os produtos não-energéticos.

A Tabela 4.9 provê também as estimativas dos coeficientes totais de intensidade de carbono para os produtos não-energéticos da economia brasileira em 1985, 1990 e 1995. Observa-se que a média dos coeficientes totais de produtos não-energéticos (bens e serviços), por exemplo, passou de 375,1 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1985 para 369,3 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1990 e 358,7 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1995, enquanto a média dos coeficientes de bens não-energéticos diminuiu de 285,3 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1985 para 277,6 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1990. e 264,1 gC/US\$₉₅^{PPC} em 1995.

A Tabela 4.9 mostra ainda que os denominados bens energo-intensivos (“Minerais Não-metálicos”, “Ferro e Aço”, “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias”, “Papel e Celulose” e “Química”) são também bens carbono-intensivos. Destaca-se, individualmente, “Ferro e Aço”, cujo afastamento em relação à média dos bens não-energéticos é maior nos coeficientes totais de intensidade de carbono do que nos de intensidade energética. Em 1995, esse afastamento é da ordem de 500,0% no caso dos coeficientes totais de intensidade de carbono (1.584,7 gC/US\$₉₅^{PPC} para “Ferro e Aço” e 264,1 gC/US\$₉₅^{PPC} para a média dos bens não-energéticos), contra 324,7% no caso dos de intensidade energética. Tal potencialização ocorre porque a matriz energética da cadeia produtiva do “Ferro e Aço” concentrou-se fortemente em fontes intensivas em carbono nos anos abordados (vide Tabelas 3.5 e 4.6). No período 1985-1995, “Lenha”⁸⁸ e “Carvão e Outros” responderam por cerca de 80,0% do uso de energia da cadeia produtiva do “Ferro e Aço”.

⁸⁸ Inclui o equivalente primário do carvão vegetal, excluindo, contudo, as parcelas renováveis da Lenha (20%) – vide capítulo 3, seção 3.3.

A Tabela 4.10 registra as contribuições por fonte ao coeficiente total de intensidade de carbono em 1985, 1990 e 1995. Tais contribuições foram determinadas pelo cruzamento da participação das fontes de energia com seus respectivos fatores de emissão de carbono (vide Tabelas 3.5 e 4.5). A Tabela 4.10 permite confirmar que, de fato, “Lenha” e “Carvão e Outros” foram responsáveis por cerca de 90,0% dos coeficientes totais de intensidade de carbono de “Ferro e Aço”. Tal Tabela permite ainda perceber o efeito de mudanças na matriz energética das diferentes cadeias produtivas. Nota-se, por exemplo, que o processo de substituição de fornos a carvão vegetal (expresso na “Lenha”) por fornos a carvão metalúrgico na siderurgia refletiu-se claramente nas evoluções das contribuições de “Lenha” (reduziu-se de 51,7% em 1985 para 40,6% em 1995) e de “Carvão e Outros” (aumentou de 39,9% em 1985 para 50,3% em 1995) aos coeficientes totais de “Ferro e Aço”. O mesmo processo ocorreu em “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias”. Outra mudança importante foi o crescimento das contribuições de “Outras Fontes Primárias” em “Papel e Celulose”, refletindo o crescimento da utilização de lixívia nessa atividade.

Tabela 4.10 – Contribuição por fonte ao coeficiente total de intensidade de carbono (%)

	Lenha			Petróleo e Gás Natural			Carvão e Outros			Produtos da Cana-de-açúcar			Eletricidade			Outras Fontes Primárias		
	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995
Agropecuária	36,3	32,7	23,8	59,2	62,8	70,0	3,9	3,5	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	1,5
Extrativa Mineral	34,3	23,6	14,2	52,0	60,0	66,5	12,3	14,7	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,6	1,9
Minerais Não-metálicos	60,1	46,0	39,1	18,5	38,0	46,4	19,4	13,8	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,2	2,3
Ferro e Aço	51,7	52,5	40,6	8,3	7,6	8,8	39,9	39,6	50,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	44,7	47,2	35,4	23,5	20,5	22,4	31,1	31,6	41,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,8
Papel e Celulose	38,1	27,8	23,9	25,6	31,1	32,2	8,4	7,5	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	33,6	38,4
Química	16,4	14,7	8,5	68,0	71,3	73,7	13,4	10,6	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	3,3	4,5
Alimentos e Bebidas	44,9	40,7	31,1	46,6	50,2	58,0	6,9	6,7	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	2,4	3,3
Têxtil e Vestuário	30,2	23,0	16,2	57,7	65,6	70,4	9,8	8,2	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,2	4,3
Outras Indústrias	35,2	32,7	28,0	39,7	43,5	42,3	22,8	20,6	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,2	3,4
Comércio e Serviços	25,8	21,8	15,8	60,3	65,3	71,1	11,3	9,9	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	3,1	3,5
Transporte	1,5	1,2	0,7	97,3	97,9	98,2	1,1	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
Serviços Públícos	25,9	21,7	13,9	59,3	65,2	73,9	12,3	10,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	2,7

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001), US DOC (2000), IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

Nota: Intensidade de carbono no conceito de emissões líquidas (i.e., desconta os volumes de carbono absorvidos pelo crescimento da biomassa renovável).

Finalmente, aplicando-se os coeficientes totais de intensidade de carbono (Tabela 4.9) aos dados de comércio exterior providos nas Tabelas 4.2 e 4.4, obtêm-se os volumes de carbono embutido nas exportações e nas importações brasileiras. Novamente, é fundamental se ter em mente que os montantes de carbono embutido nas importações brasileiras foram estimados considerando-se o conceito de “emissões líquidas evitadas” pelo Brasil. Em outras palavras, quanto o Brasil deixou de emitir em carbono por importar bens ao invés de processá-los domesticamente. Assim, uma avaliação sobre o saldo “real” de carbono embutido no comércio exterior demandaria a mensuração de coeficientes totais de intensidade de carbono dos países de origem das importações (vide capítulo 3, seção 3.2).

A Tabela 4.11 fornece as estimativas de carbono embutido nas exportações e nas importações de bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995. Nota-se que os volumes de carbono embutido aumentaram tanto nas exportações (de 12.201,7 ktC em 1985 para 13.653,2 ktC em 1995), quanto nas importações de bens não-energéticos (de 4.002,4 ktC em 1985 para 9.797,5 ktC em 1995), impulsionados consideravelmente pelo crescimento do comércio exterior brasileiro. Esses resultados são compatíveis com aqueles estimados para energia embutida no comércio exterior, o que não é surpresa visto que se está contabilizando somente as emissões de carbono associadas ao uso de energia.

Assim, à semelhança da “balança de energia”, o saldo dos volumes de carbono embutido nas exportações e nas importações de bens não-energéticos (“balança de carbono”) foi positivo, embora decrescente, em todos os anos analisados: 8.176,8 ktC em 1985, 6.800,1 ktC em 1990 e 3.891,3 ktC em 1995. Tais estimativas expressam, em boa medida, o próprio comportamento da balança comercial (em valores monetários) nesses anos. Em particular, chama a atenção, como na “balança de energia”, o fato de a “balança de carbono” ser positiva mesmo em 1995, quando houve déficit na balança comercial da ordem de US\$₉₅^{PPC} 5,4 bilhões.

Ou seja, a resultante da conjugação do efeito-estrutura e do efeito-fonte (energética) sobre as exportações (positiva) e as importações (negativa) de bens não-energéticos mais do que compensou a diferença nos efeitos-atividade das exportações (positivo) e das importações (fortemente positivo). Nesse contexto, é ilustrativa a contribuição de “Ferro e Aço” ao superávit em carbono embutido no comércio exterior de bens não-energéticos, que

registrou saldos positivos da ordem de 4.700 ktC nos anos analisados. “Ferro e Aço” é um produto carbono-intensivo, que incrementou sua participação na pauta de exportação entre 1985 e 1995 e cuja a matriz energética de sua cadeia produtiva tornou-se mais intensiva em carbono nesse período.

Tabela 4.11 – Carbono embutido no comércio exterior brasileiro de bens não-energéticos (ktC)

	Exportações			Importações			Balança Comercial (Saldo)		
	1985	1990	1995	1985	1990	1995	1985	1990	1995
Agropecuária	233,1	149,1	101,1	278,3	184,1	325,4	-45,2	-35,0	-224,3
Extrativa Mineral	930,8	804,5	781,9	78,7	145,4	163,3	852,1	659,1	618,6
Minerais Não-metálicos	157,4	129,5	277,9	63,8	102,2	229,9	93,6	27,4	48,0
Ferro e Aço	4.794,3	5.377,5	5.540,5	341,9	537,3	826,6	4.452,3	4.840,2	4.713,9
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	707,2	981,2	1.202,4	240,9	300,7	732,1	466,3	680,5	470,3
Papel e Celulose	342,0	474,3	1.076,9	51,2	106,3	312,7	290,8	368,0	764,2
Química	657,4	576,9	1.100,2	1.035,5	991,3	2.559,7	-378,0	-414,4	-1.459,5
Alimentos e Bebidas	1.948,5	1.162,6	1.571,5	159,4	264,6	463,0	1.789,1	898,0	1.108,4
Têxtil e Vestuário	143,6	122,8	120,8	15,5	58,6	216,4	128,1	64,2	-95,6
Outras Indústrias	2.287,4	1.979,2	1.880,1	1.759,8	2.267,1	3.933,0	527,6	-287,9	-2.052,9
Total Bens	12.201,7	11.757,7	13.653,2	4.025,0	4.957,7	9.761,9	8.176,8	6.800,1	3.891,3
Não-Energéticos									

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001), US DOC (2000), IPCC (1996) e SCHECHTMAN et al. (1999).

Nota: Intensidade de carboneo no conceito de emissões líquidas (i.e., descontam-se os volumes de carbono absorvidos pelo crescimento da biomassa renovável).

Tendo em vista colocar esses volumes de carbono embutido em melhor perspectiva, esse estudo estimou também as emissões totais de carbono associadas ao uso de energia pela economia brasileira: 98.030,2 ktC em 1985, 95.936,8 ktC em 1990 e 102.647,9 ktC em 1995. Isso significa que, em relação às emissões de carbono pela economia brasileiras, o carbono embutido nas exportações de bens não-energéticos correspondeu a 12,4% em 1985, 12,3% em 1990 e 13,3% em 1995, enquanto o carbono embutido nas importações representou 4,1% em 1985, 5,2% em 1990 e 9,5% em 1995. Ao se contrastar a “balança de carbono” (saldo) com as emissões de carbono pela economia brasileiras, encontrou-se: 8,4% em 1985, 7,1% em 1990 e 3,8% em 1995.

A Tabela 4.11 permite também análises mais detalhadas. Quando se examina o carbono embutido nas exportações de bens energo-intensivos, constata-se que esse grupo respondeu por 54,6% em 1985, 64,1% em 1990 e 67,4% em 1995 do carbono embutido nas exportações de bens não-energéticos. É particularmente impressionante a participação de “Ferro e Aço” nesse grupo: 39,3% em 1985, 45,7% em 1990 e 40,6% em 1995 do carbono

embutido nas exportações de bens não-energéticos. Fora do grupo dos energo-intensivos, “Alimentos e Bebidas” e “Outras Indústrias” também tiveram participações significativas.

No que concerne ao carbono embutido importações dos bens energo-intensivos, esses percentuais alcançaram: 43,1% em 1985, 41,1% em 1990 e 47,7% em 1995. Aqui o destaque foi a “Química”, com participações de 25,7% em 1985, 20,0% em 1990 e 26,2% em 1995 do carbono embutido nas importações de bens não-energéticos. “Ferro e Aço” e “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias” apresentaram percentuais mais moderados. A maior parcela do carbono embutido nas importações adveio, no entanto, de “Outras Indústrias”, o que pode ser atribuído à magnitude de suas importações (em valores monetários). Tal parcela correspondeu a ordem de 40,0% nos anos abordados, atingindo 45,7% em 1990. “Outras Indústrias” (exceto em 1985) e “Química” deram as contribuições negativas mais significativas à “balança de carbono”.

A Tabela 4.12 permite descontar a influência da dinâmica da balança comercial em 1985, 1990 e 1995, à medida que fornece a evolução dos termos de troca em carbono nesses anos. Os termos de troca em carbono consistem na razão entre os coeficientes totais de intensidade de carbono das exportações e das importações de bens não-energéticos (ANTWEILER, 1996).

Tabela 4.12 – Evolução dos termos de troca em carbono da economia brasileira

	1985	1990	1995
Intensidade de carbono das exportações ($\text{gC}/\text{US\$}_{95}^{\text{PPC}}$)*	339,46	391,59	366,09
Intensidade de carbono das importações ($\text{gC}/\text{US\$}_{95}^{\text{PPC}}$)**	259,36	252,44	228,55
Termos de troca em carbono***	1,31	1,55	1,60

Fontes: Elaboração própria baseada em MME (1999), IBGE (1989, 1995, 1997 e 1998), IPEA (2001), US DOC (2000), IPCC (1996) e Schechtman et al. (1999).

Notas: Intensidade de carbono no conceito de emissões líquidas (i.e., descontam os volumes de carbono absorvidos pelo crescimento da biomassa renovável); * Média ponderada pelo peso de cada produto nas exportações de bens não-energéticos (em valores monetários); ** Média ponderada pelo peso de cada produto nas importações de bens não-energéticos (em valores monetários); *** Termos de troca em carbono (τ_c) é a razão entre os coeficientes médios de intensidade de carbono das exportações (c^X) e das importações (c^M) de bens não-energéticos: $\tau_c = c^X / c^M$.

A Tabela 4.11 revela que os termos de troca em carbono do Brasil, similarmente aos de energia, foram não apenas superiores a 1 (um), mas também crescentes: 1,31 em 1985, 1,55 em 1990 e 1,60 em 1995. Em outras palavras, cada dólar auferido com as exportações de bens não-energéticos embutiu mais carbono do que cada dólar dispendido com as importações de bens não-energéticos: 30,9% a mais em 1985, 55,1% a mais em 1990 e

60,2% a mais em 1995. Numa situação de equilíbrio na balança comercial de bens não-energéticos (em valores monetários), *ceteris paribus*, essa proporção se reproduziria entre os volumes de carbono embutido nas exportações e nas importações de bens não-energéticos. Naturalmente, essas proporções seriam exacerbadas numa situação de superávit.

Em última análise, as estimativas mostraram que o Brasil foi não apenas um exportador líquido de carbono embutido no comércio exterior de bens não-energéticos (8.176,8 ktC em 1985, 6.800,1 ktC em 1990 e 3.891,3 ktC em 1995), mas também que cada dólar auferido com as exportações de bens não-energéticos embutiu consideravelmente mais carbono do que cada dólar dispendido com as importações de bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995.

Tal assertiva ganha importância quando se considera que esses volumes de carbono (cerca de 8,4%, 7,1% e 3,8% das emissões de carbono do país associadas ao uso de energia em, respectivamente, 1985, 1990 e 1995) diminuiram, em boa medida, em virtude da evolução da balança comercial brasileira. Como mencionado na seção anterior, tal situação deve ser revertida nos próximos anos. Nesse sentido, os formuladores de políticas públicas do Brasil devem observar que, *ceteris paribus*, uma política comercial agressiva pode gerar impactos significativos sobre as emissões de carbono do país. Essa questão, juntamente com a colocada na seção anterior, é abordada a seguir.

4.4 Implicações para Políticas Públicas

Nas seções anteriores, mostrou-se que o Brasil foi exportador líquido de energia e de carbono embutidos em bens não-energéticos em 1985, 1990 e 1995, embora ambos os volumes (energia e carbono) fossem decrescentes devido ao comportamento da balança comercial no período. Mostrou-se também que cada dólar auferido pelo Brasil com exportações de bens não-energéticos embutiu mais energia e carbono do que cada dólar dispendido pelo país com importações de bens não-energéticos no período 1985-1995. Mais ainda, os resultados encontrados apontaram que os diferenciais de energia e carbono aumentaram progressivamente, revelando que os termos de troca em energia e em carbono da economia brasileira se deterioraram nesse período.

Tais termos de troca indicam a proporcionalidade em termos de energia e de carbono entre as exportações e as importações de bens não-energéticos, a qual se reproduziria caso a balança comercial de bens não-energéticos estivesse em equilíbrio, ou se ampliaria em caso de superávit. Esse ponto é melhor compreendido quando se analisam as perspectivas para a economia brasileira.

Na primeira fase do Plano Real (1994-1999)⁸⁹, a política cambial do governo brasileiro mantinha a moeda nacional sobrevalorizada com uma dupla motivação: dar um “choque de competitividade” na economia brasileira⁹⁰ e consolidar a estabilização monetária, incrementando a oferta de bens importados no mercado brasileiro (MOREIRA e CORREA, 1997; BACHA, 1997). Embora essa política, catalizada pelo maior grau de abertura da economia brasileira, criasse problemas na balança comercial e contribuísse para a deterioração da conta de transações correntes (inclui também balança de serviços e transferências unilaterais), a elevada entrada de capital estrangeiro no país (superávit na conta de capital) permitia o financiamento do déficit da conta de transações correntes.

No entanto, essa “equação”, que permitia o equilíbrio contábil do balanço de pagamentos, foi revelando sua insustentabilidade à medida que as sucessivas crises internacionais afetavam a entrada de capital estrangeiro no país. Nesses momentos, o equilíbrio contábil era conseguido às custas da redução das reservas oficiais do país. A crise cambial em janeiro de 1999, finalmente, levou ao ocaso da política de sobrevalorização do Real (vide Figura 4.1), bem como ampliou no governo brasileiro a preocupação com a vulnerabilidade externa do país.

⁸⁹ A bem da verdade, não é raro referir-se ao período de junho de 1994 a março de 1995 como primeira fase do Plano Real, pois, a partir de, então, a política cambial passou a visar a lenta mas progressiva correção do câmbio (regime de bandas cambiais deslizantes). Todavia, somente a partir de janeiro de 1999 que a sobrevalorização do Real foi, de fato, revertida. Por simplicidade, esse estudo prefere referir-se à primeira fase do Plano Real, como é comum, ao período 1994-1999, uma vez que é a partir de 1999 que ocorrem mudanças mais significativas.

⁹⁰ A noção por trás do “choque de competitividade” era que ao se expor as empresas domésticas a maior competição internacional ocorreria um forte incremento na produtividade (o que parece ter ocorrido, ainda que com várias distorções) e que o Real forte reduziria os custos de investimentos em modernização tecnológica, à medida que a aquisição de bens de capital no mercado internacional tornavam-se mais baratos em dólar para as empresas domésticas. Embora em tese o argumento estivesse correto, há evidências de que o que ocorreu, em boa medida, foi o sucateamento de parte do capital produtivo doméstico ao invés de modernização tecnológica, gerando perda de densidade na cadeia produtiva da economia brasileira – expressas nos aumentos dos coeficientes de insumos importados no valor da produção das atividades e de produtos importados na oferta agregada (MOREIRA e CORREA, 1997; PEREIRA e CARVALHO, 1998; RAMOS e ZONENSCHAIN, 2000; HAGUENAUER et al., 2001; MIRANDA, 2001).

Nesse sentido, o Programa de Exportações 2001 da Câmara de Comércio Exterior é ilustrativo (CAMEX, 2001). Nesse documento, que aponta medidas e políticas para estimular a geração de saldos crescentes na balança comercial, conclui-se que “*a capacidade de crescimento econômico sustentado do país depende fundamentalmente da expansão contínua e acelerada das exportações brasileiras, de forma a reduzir gradativamente a restrição externa ao crescimento através da queda da relação entre o déficit em conta corrente e o PIB*” (CAMEX, 2001: 3).

Em suma, diante da depreciação da taxa de câmbio, que contribui para o aumento da competitividade das exportações, e do fortalecimento da política de exportação, espera-se o recrudescimento do crescimento das exportações e a ocorrência de elevados superávits na balança comercial. É nesse contexto que as evidências apresentadas por esse estudo sugerem um alerta aos formuladores de políticas públicas do Brasil: uma política comercial que vise megasuperávits na balança comercial pode gerar, *ceteris paribus*, impactos significativos sobre os volumes de energia e de carbono remetidos ao exterior embutidos nos bens-energéticos exportados pelo Brasil, hipertrofiando o uso de energia e as emissões de carbono do país.

Uma simulação simples pode fornecer uma idéia de quais seriam as magnitudes desses impactos. Considerando-se coeficientes totais de intensidade energética e de carbono e especialização comercial similares aos verificados em 1995, o mesmo nível de importação de bens não-energéticos ($\text{US\$}_{95}^{\text{PPC}}$ 42,7 bilhões) e um superávit comercial de $\text{US\$}_{95}^{\text{PPC}}$ 9,0 bilhões (exportações de bens não-energéticos de $\text{US\$}_{95}^{\text{PPC}}$ 51,7 bilhões)⁹¹, o Brasil teria exportado liqüidamente 483,7 PJ de energia e 9,2 MtC de carbono embutidos em bens não-energéticos transacionados internacionalmente. Isso significaria 6,7% do uso de energia primária e 8,5% das emissões de carbono por parte da economia brasileira do ano de referência (1995 ajustado pela nova situação).

⁹¹ Tendo em vista pôr essas hipóteses em perspectiva, cabe relembrar que: o Secretário-executivo da CAMEX declarou, em julho de 2000, que o Brasil deveria ter saldos comerciais anuais entre US\$ 8 bilhões e US\$ 10 bilhões para o crescimento sustentável da economia (FONSECA, 2000); a meta do Programa Especial de Exportações é (ou era) dobrar o nível das exportações em 5 anos (base 1997: US\$ 53,0 bilhões), ultrapassando US\$ 100,0 bilhões em 2002 (CAMEX, 1998).

Tendo em vista explicitar o efeito da especialização comercial sobre essas estimativas, pode-se empreender uma nova simulação considerando-se uma composição alternativa das exportações brasileiras de bens não-energéticos, mas mantendo-se todas as demais hipóteses da simulação anterior. Nesse cenário alternativo, assume-se que a composição das exportações de bens não-energéticos seria igual à dos EUA nos produtos da cadeia minero-metalúrgica em 1995: 0,6% para “Extrativa Mineral”, 1,0% para “Ferro e Aço” e 3,0% para “Metais Não-ferrosos e Outros Metalurgias (vide Tabela 4.13). Supondo como hipótese o enobrecimento das exportações brasileiras, as diferenças, em torno de 18% (vide Tabela 4.3), entre as composições das exportações do Brasil e dos EUA em 1995 foram transferidas para “Outras Indústrias” nessa simulação. Em tal cenário alternativo, o Brasil teria exportado liqüidamente 133,2 PJ de energia e 1,7 MtC de carbono embutidos em bens não-energéticos transacionados internacionalmente. Isso corresponderia a 1,7% do uso de energia primária e 1,9% das emissões de carbono por parte da economia brasileira do ano de referência (1995 ajustado pela nova situação).

Tabela 4.13 – Composição do comércio exterior de bens não-energéticos, 1995: Brasil x EUA (%)

	Exportação		Importação	
	Brasil	EUA	Brasil	EUA
Agropecuária	1,8	6,5	5,1	3,0
Extrativa Mineral	6,0	0,6	1,1	0,3
Minerais Não-metálicos	1,3	0,9	0,9	1,3
Ferro e Aço	9,4	1,0	1,2	2,0
Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias	7,1	3,0	3,8	3,0
Papel e Celulose	5,6	2,9	1,4	2,5
Química	6,3	11,3	12,7	5,7
Alimentos e Bebidas	25,3	5,1	6,5	2,7
Têxtil e Vestuário	3,1	2,5	4,8	7,2
Outras Indústrias	34,2	66,3	62,5	72,4
Total Bens	100,0	100,0	100,0	100,0
Não-Energéticos				

Fontes: IBGE (1998) e US CENSUS BUREAU (1997).

Ou seja, mesmo que as exportações brasileiras de bens não-energéticos fossem 38,7% maiores do que o patamar de 1995, seria possível mais do que compensar seus impactos sobre o uso de energia e de suas emissões de carbono associadas, caso a composição das exportações brasileiras fosse alterada em detrimento da participação de alguns bens energo-intensivos (estratégia de “desmaterialização”, ou “enobrecimento”, das exportações).

Ademais, é preciso ressaltar que, embora esse estudo tenha se concentrado nas emissões de carbono no que concerne a danos ambientais, as emissões de carbono não são os únicos danos ambientais associados ao uso de energia. Há vários outros impactos ambientais que não foram enfocados aqui, em boa medida por escassez de fatores de conversão confiáveis, mas que podem ser avaliados em outros estudos. Alguns exemplos são: desflorestamento para a produção de lenha e carvão vegetal não-renovável; alagamento de áreas para barragens de hidrelétricas (com o agravante de a maior parte do potencial hidráulico de geração situar-se na Amazônia); poluição atmosférica (CO, NO_x, SO₂, material particulado etc.) e hídrica (efluentes tóxicos, DBO etc) advindas de termelétricas, refinarias e outras centrais energéticas (coquerias, destilarias, etc); acumulação de rejeitos radioativos de usinas termo-nucleares; e erosão e/ou contaminação do solo e das águas na mineração de recursos energéticos. Há também outros danos ambientais advindos da produção dos bens energo-intensivos que não são associados à oferta e ao uso de energia, visto que esses bens também são, em geral, intensivos em poluição e degradação ambiental (REIS e MARGULIS, 1991; GOMES e VERGOLINO, 1997; YOUNG, 2000a).

À guisa de conclusão, cabe ressaltar que esse estudo não sugere a criação de restrições gerais ao comércio exterior brasileiro para evitar os impactos sobre o uso de energia e as emissões de carbono associados às exportações. Ao contrário, esse estudo julga absolutamente necessária a redução da vulnerabilidade externa do país via superávits na balança comercial, decorrentes tanto de aumento nas exportações, quanto de substituições de importações que permitam readensar as cadeias produtivas de atividades relevantes da economia brasileira (setores-líderes)⁹². No entanto, é fundamental que o governo brasileiro integre suas políticas comercial e ambiental (incluindo aí, a energética), reconciliando seus objetivos: megasuperávits comerciais e preservação ambiental (inclusive racionalização do uso dos recursos energéticos e proteção ao ecossistema global). Alterar a pauta de exportação brasileira em detrimento dos bens energo-intensivos (“enobrecimento” das exportações) é uma política que pode ser perseguida quer internalizando-se os custos ambientais, quer definindo-se compensações (investimento em P&D, por exemplo), cotas ou tarifas de exportação para produtos de alto potencial de impacto ao meio ambiente.

⁹² A bem da verdade, as substituições de importações devem por pressão adicional no meio ambiente do país. Todavia, esse processo é importante para o próprio desenvolvimento econômico do país, reforçando a necessidade de contrabalançar a pressão adicional sobre o meio ambiente.

5. TÓPICOS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS E RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

Esse capítulo tem dois objetivos básicos: apontar tópicos para desenvolvimentos futuros e apontar algumas recomendações para políticas públicas. Trata-se, por um lado, de ressaltar alguns pontos que, por extrapolarem o foco deste estudo, não foram desenvolvidos ao longo do trabalho (embora tenham sido sinalizados ou estejam implícitos). Por outro, busca-se indicar tópicos para as quais ações concretas de políticas públicas podem e devem ser estabelecidas.

5.1 Desenvolvimentos Futuros

No que concerne a desenvolvimentos futuros do tema, há duas linhas de possibilidades. A primeira está associada à expansão da abordagem utilizada nesta pesquisa a outros recursos naturais e poluentes. Nesse trabalho (capítulo 2), analisaram-se as relações qualitativas entre os sistemas ecológico e sócio-econômico e a maneira pela qual o comércio exterior poderia afetar tais relações. No tocante às relações quantitativas entre o comércio exterior e o sistema ecológico, avaliaram-se somente os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de CO₂ associadas (capítulo 4). Não obstante, é possível desenvolver avaliações de impactos quantitativos do comércio exterior sobre o sistema ecológico para diversos recursos naturais e poluentes, aplicando-se (adaptando-se, em alguns casos) uma abordagem metodológica similar à apresentada neste estudo (capítulo 3).

Pode-se desenvolver, por exemplo, avaliações de impactos do comércio exterior sobre florestas nativas (madeiras nobres, etc), biodiversidade, água limpa, materiais (minerais metálicos e não-metálicos), níveis de poluição atmosférica (materiais particulados, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, metano, hidrocarbonetos, etc) e hídrica (níveis de demanda bioquímica de oxigênio e concentrações de metais pesados), acumulos de resíduos sólidos, áreas alagadas de barragens, erosões/deteriorações de solos, etc.

Algumas destas avaliações já foram desenvolvidas para o Brasil para anos específicos. YOUNG (1996 e 2000a), por exemplo, avalia o impacto do comércio exterior sobre o nível de poluição hídrica e atmosférica do Brasil no período 1980-85. No entanto, há ainda um vasto campo de impactos ambientais a ser coberto e atualizado sistematicamente no Brasil. Note-se que um entrave importante à proliferação destes estudos está associado à escassez de dados sobre uso de recursos naturais e poluentes sistematizados e/ou compatíveis com sistema de contas nacionais do Brasil.

Cabe destacar que à medida que se aumenta o leque de recursos naturais e poluentes analisados a interpretação do conjunto dos resultados pode se tornar mais complexa. Isso proque a redução de um impacto pode significar, em alguns casos, o aumento de outro (área alagada de barragens x emissão de poluentes atmosféricos, por exemplo). Nesse sentido, situações de escolha (*trade-offs*) entre diferentes impactos certamente surgirão e questões subjetivas de hierarquização de impactos se colocarão. De qualquer forma, é possível estabelecer numerários, a partir de critérios minimamente objetivos, que permitam algum tipo de hierarquização de impactos, como por exemplo: índice de toxidez, magnitude e abrangência do impacto, tempo de regeneração do meio ambiente, valoração monetária etc. A definição de critérios de hierarquização, ou de pesos para uma análise multicritério, poderia ser definida em fóruns abrangentes e democráticos, aumentando a responsabilidade e a participação da sociedade no processo.

Não raramente questões como oposição entre impactos globais ou locais, bem como de distribuição de seus custos e benefícios sócio-ambientais, também irão se colocar. Por exemplo, a redução de emissões de CO₂ na geração elétrica pode estar associada ao aumento de impactos ambientais locais (resíduos radioativos, de áreas alagadas por barragens etc.)⁹³. A identificação de situações de escolha entre impactos e a elaboração de procedimentos e metodologias que permitam a definição de hierarquias objetivas são também campos de pesquisa bastante promissores.

A segunda possibilidade está associada ao aperfeiçoamento e/ou aprofundamento da abordagem desenvolvida nesta pesquisa. Nesse contexto, um trabalho importante a ser

⁹³ A este respeito vide, por exemplo, SCHAEFFER e SZKLO (2001).

realizado é o cálculo da energia e do carbono efetivamente embutidos nas importações do Brasil.

Vale lembrar que nesse estudo estimaram-se a energia e o carbono embutidos nas importações utilizando-se como referência de análise o Brasil; ou seja, aplicando-se às importações os mesmos coeficientes totais (domésticos) de intensidade energética e de carbono estimados para a economia brasileira (capítulo 3). Assim, utilizou-se para as importações um custo de oportunidade em termos de energia e de carbono (quanto o Brasil economizou em energia e em emissões de carbono por importar ao invés de produzir domesticamente o bem) e não obrigatoriamente o valor real de energia e de carbono embutidos nas importações.

Para efeito de análise do impacto do comércio exterior sobre as emissões de gases de efeito-estufa, entretanto, deve-se estimar também os valores efetivos de carbono embutidos nas importações, pois a referência de análise deve ser o mundo (o impacto das importações sobre as emissões globais de GHG). Esse novo trabalho, contudo, pressupõe, além dos dados utilizados na presente pesquisa, a disponibilidade de tabelas de insumo-produto para os (principais) parceiros comerciais do Brasil e a compatibilização de seus códigos de classificação de produtos e atividades.

Um aperfeiçoamento que não pode ser desprezado é a realização de um estudo semelhante ao desta pesquisa, ou mesmo mais abrangente (incluindo outros recursos naturais e poluentes), considerando-se um nível de desagregação maior dos produtos e atividades econômicas. Isto porque, ao se trabalhar com um nível de agregação mais elevado (imposto pela disponibilidade de dados), aceita-se implicitamente que cada grupo típico de produtos é homogêneo em sua respectiva função de produção. Em outras palavras, que a função de produção do produto típico (médio) não é muito diferente das funções de produção de cada produto que compõe o grupo. É por esta razão que se aplicam os mesmos coeficientes de intensidade energética e de carbono de um produto típico da economia brasileira aos grupos de produtos correspondentes das exportações ou das importações para se estimar os volumes respectivos de energia e de carbono embutidos. Embora esta hipótese pareça ser razoável, podem haver casos em que talvez ela não seja. Nesses casos, incorre-se em viéses associados aos erros de agregação; i.e., o grupo de produto doméstico típico pode ser composto de uma cesta de produtos diferente do respectivo grupo de produto para a

exportação ou para a importação, apresentando, portanto, uma função de produção distinta das de produtos de exportação e/ou de importação.

Os fatores limitantes do nível de agregação definido por esta pesquisa foram as classificações de produtos e atividades econômicas utilizadas pelo BEN (principalmente) e pelas matrizes de insumo-produto do Brasil, bem como a escassez de informações (estudos de análise de processo) que possibilitassem gerar um nível de desagregação mais elevado (MME, 1999; IBGE, 1998). Cabe destacar que códigos de classificação de produtos e atividades mais desagregados provavelmente tornariam desnecessários os ponderadores utilizados para desagregar e redefinir grupos de produtos no processo de compatibilização dos códigos do BEN e da matriz de insumo-produto (capítulo 3). Em outras palavras, com um código de produtos e atividades econômicas suficientemente desagregado não seria necessário estimar ponderadores para desagregar mais grupos de produtos e atividades da matriz de insumo-produto. Note-se que este processo de compatibilização de códigos, redefinindo grupos de produtos e atividades, introduz incertezas (erros de estimativas) que não ocorreriam no caso de haver códigos de classificação da matriz de insumo-produto e do BEN suficientemente desagregados e compatíveis.

Outra linha de trabalho importante a ser desenvolvida é a simulação de impactos de diferentes cenários de especialização comercial do Brasil sobre o uso de energia, as emissões de carbono e outros indicadores ambientais (mencionados acima). Pode-se desenvolver simulações abrangentes (“cenários gerais”) ou específicas (“cenários parciais”). Onde “cenários gerais” são aqueles que levam em conta a economia brasileira como um todo, resultando em impactos totais sobre o meio ambiente, e “cenários parciais” são aqueles que consideram apenas fenômenos específicos.

Assim, pode-se simular impactos totais de mudanças no cenário macroeconômico e/ou na especialização comercial do país. Alternativamente, pode-se também simular especificamente impactos de diferentes políticas comerciais sobre o meio ambiente. Por exemplo, impactos de diferentes formatos de constituição do ALCA (Acordo de Livre Comércio das Américas), cujas negociações estão previstas para 2005, sobre o meio ambiente (um dos principais entraves à sua constituição). Ou ainda avaliar os impactos da “Lei Kandir” (Lei Complementar No. 87, 13/09/96), que desonera de ICMS as exportações

de produtos primários e semi-manufaturados (igualando-os aos produtos manufaturados e serviços, os quais já dispunham de isenção), sobre o meio ambiente.

Ressalte-se que o desenvolvimento destas pesquisas, tanto de caráter genérico quanto específico, seria fundamental para gerar conhecimento sobre a questão no Brasil. Este tipo de trabalho seria de grande valia aos formuladores de políticas públicas do Brasil, pois fornece uma sistematização dos impactos ambientais de diferentes estratégias de desenvolvimento do país. Esse ponto será aprofundado na seção de recomendações de políticas públicas a seguir.

Finalmente, outro ponto importante é o estudo sobre os mecanismos institucionais de determinação das políticas comercial e ambiental e a identificação de pontos de conflito e de procedimentos de integração entre ambas. Esta linha de pesquisa tem se desenvolvido consideravelmente nos países desenvolvidos e nas grandes organizações internacionais (OECD, UN, UNCTAD, WTO etc.). Há vários relatórios e documentos sendo divulgados nesta linha, sobretudo no que concerne ao estabelecimento de procedimentos para aumentar a transparência e a integração entre as políticas comercial e ambiental; vide, por exemplo: OECD (1993, 1995a, 1999, 2000), VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA (1999), WTO (1999) e JHA e VOSSENAAR (2000).

5.2 Recomendações para Políticas Públicas

Com base nas questões abordadas neste estudo, apresentam-se algumas recomendações para políticas públicas. Em primeiro lugar, é fundamental que o governo brasileiro estabeleça, imediatamente e em larga escala, políticas de geração de informação e de capacitação técnica na área de meio ambiente e comércio exterior. Mais que isto, é necessário que estas políticas não sejam dispersas, mas sim altamente coordenadas e consistentes. Na verdade, já há alguns programas específicos, porém estes carecem de foco e de articulação. As políticas de geração de informação e de capacitação técnica constituem a base primordial para a formulação de políticas ambiental e comercial integradas e que se estimulem mutuamente.

Em segundo lugar, é necessário estabelecer mecanismos institucionais que viabilizem a própria integração entre as políticas comercial e ambiental, à semelhança do que vem ocorrendo nos organismos internacionais e em vários países (LANGE, 1998; OECD, 1999 e 2000; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; WTO, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000). A falta de articulação entre essas esferas de políticas no país é patente, por exemplo, na ausência de menção ao tema meio ambiente-comércio exterior entre os objetivos da Câmara de Comércio Exterior do Brasil.

Finalmente, é preciso formular políticas orientadas para a área de meio ambiente e comércio exterior. Na verdade, a própria integração entre as políticas comercial e ambiental já se constitui num importante instrumento de políticas públicas na área de meio ambiente e comércio exterior. Não obstante, há políticas que se forem orientadas para esta área podem reforçar o efeito desta integração.

Política de Geração de Informação e Capacitação Técnica

No que concerne à política de geração de informação, há três objetivos relevantes: compatibilização metodológica da produção de dados e do código de classificação de produtos e atividades econômicas do sistema de estatísticas do Brasil, ampliação da cobertura de estatísticas regulares de exploração e uso de recursos naturais e de geração de poluentes em formato desagregado e compatível com a classificação de produtos e atividades econômicas do Sistema de Contas Nacionais e incentivo ao desenvolvimento de estudos temáticos na área de meio ambiente e comércio exterior.

Os problemas identificados por este trabalho são similares aos anteriormente apontados no “*Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*” (COUTINHO e FERRAZ, 1994). Assim, as soluções propostas também se assemelham. O IBGE, por exemplo, é visto como protagonista no processo de compatibilização metodológica da produção de dados e do estabelecimento de um código comum de classificação de produtos e atividades econômicas. Tal código deveria, preferencialmente, seguir o ISIC (*International Standard Industrial Classification*) a fim de tornar estudos de comparação internacional tarefas diretas e menos sujeitas a incertezas associadas a erros de agregação.

No que tange à compatibilização de estatísticas de recursos naturais e poluição com a classificação de produtos e atividades econômicas do Sistema de Contas Nacionais, segundo YOUNG (2000b) e RAMOS (2000), há um projeto sendo executado no IBGE com esse objetivo, o qual seria a base do desenvolvimento de um Sistema de Contas Ambientais no Brasil. Cabe destacar que é altamente relevante que o MME desenvolva um projeto semelhante com o IBGE, tendo em vista a divulgação no BEN de estatísticas de energia mais desagregadas e num formato compatível com o Sistema de Contas Nacionais (a atividade “Outras Indústrias” do BEN, por exemplo, poderia ser consideravelmente mais desagregada). Em particular, seria importante que o IBGE desagregasse aqueles produtos e atividades que sejam relevantes para a área de energia e meio ambiente - como, por exemplo: “Energia Elétrica”, “Água e Esgoto” e “Produção e Distribuição de Gás” (agregados em “SIUP”), “Lenha e Carvão Vegetal” e “Outros Agropecuários” (agregados em “Outros Produtos Agropecuários”) - desagregações que eram feitas na Matriz de Insumo-Produto para o Brasil em 1980. Ou, pelos menos, que o IBGE divulgasse regularmente ponderadores que permitissem desagregar tais produtos e atividades.

Em relação à cobertura das estatísticas de exploração, uso e esgotamento de recursos naturais e de geração de poluentes, seria importante estabelecer uma política de ampliação desta, sobretudo com enfoque regional e local⁹⁴. Tal ampliação poderia ser de responsabilidade direta do Governo Federal, mediante a utilização dos órgãos oficiais de estatística, ou indireta, recorrendo aos diversos institutos públicos ou privados que produzem estatística no Brasil.

Neste segundo caso, o Governo Federal estabeleceria uma política de geração de informação descentralizada, mediante estímulo à produção de estatísticas por Estados, Municípios, Universidades, Associações de Classe, Organizações Não Governamentais etc., mas se encarregaria de conferir consistência ao sistema de estatística e facilitar o acesso do público em geral à base de dados a partir daí criada. Parece claro que nesta alternativa uma coordenação técnica impor-se-ia para garantir o funcionamento orgânico do sistema de

⁹⁴ Na verdade, a Lei No. 6938/81, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, reconhece a necessidade de se dispor de informações de monitoramento ambiental. Neste contexto, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) instituiu o Programa Nacional de Monitoramento Ambiental Integrado (MONITORE), cujo prazo de implementação é de 5 anos (RIZZO, 2001). Todavia, não há menção no Programa sobre sua compatibilização metodológica com o Sistema de Contas Nacionais e Regionais do Brasil.

estatística. Novamente, o IBGE, por sua experiência e capacitação, surgiria como protagonista neste processo – como sugerido em COUTINHO e FERRAZ (1994).

Em qualquer caso, seria fundamental que houvesse padronização metodológica das pesquisas, compatibilidade de códigos de classificação de produtos e atividades, regularidade e simultaneidade na divulgação das estatísticas. A própria ampliação da cobertura estatística de recursos naturais e poluentes nos níveis nacional, regional e local teria que seguir tais orientações. A funcionalidade de um sistema integrado de estatísticas de economia, recursos naturais e poluentes dependeria destas características.

Nesse contexto, cumpre enfatizar que há vários países investindo no desenvolvimento de sistemas de Contas Ambientais, freqüentemente denominadas Contas Satélites, integrados ao de Contas Nacionais, buscando estabelecer uma visão mais abrangente de seus respectivos sistemas sócio-econômicos. Isto porque a integração destes sistemas possibilita a realização de diversos tipos de estudos (qualitativos e quantitativos) relacionando meio ambiente e economia. OECD (1995b) enumera várias utilizações potenciais para um sistema integrado de Contas Ambientais e Nacionais:

- Avaliar a escassez física de recursos naturais;
- Aperfeiçoar o gerenciamento de recursos naturais (gerando evidências de sobre-exploração);
- Análise de performance setorial (produtividade etc.), considerando esgotamento de recursos naturais;
- Mensurar a riqueza total na análise de políticas de desenvolvimento sustentável;
- Valorar a degradação ambiental e o esgotamento de recursos naturais;
- Examinar a incidência de taxas e regulação ambientais;
- Estimar a taxa ótima sobre emissões;
- Avaliar a eficiência no uso de recursos naturais por atividade econômica;
- Investigar questões relacionadas ao tema comércio exterior e meio ambiente;
- Analisar mudanças estruturais na economia;
- Relacionar componentes associados à poluição aos modelos macroeconômicos padrões;
- Examinar a dispersão e os impactos da poluição;
- Avaliar o custo econômico de abater poluição e proteger o meio ambiente;

- Estimar os custos econômicos setoriais associados à regulação e políticas governamentais;
- Mensurar o custo unitário de abatimento de diversos poluentes.

Não é demais ressaltar que o desenvolvimento de um sistema integrado de Contas Ambientais e de Contas Nacionais é um dos objetivos estabelecidos na Agenda 21 - Capítulo 8, Programa D, “*Establishing systems for integrated environmental and economic accounting*” (UN, 1992). Tal sistema de contas é visto como passo fundamental para a integração efetiva do princípio da sustentabilidade na gestão econômica dos países.

Deve-se ressaltar, ainda, que esta integração não é apenas um objetivo “desejável”, mas antes já se trata de um objetivo operacionalmente viável. Isto porque a UNSTAT (*United Nations Statistical Division*) já desenvolveu uma metodologia para estabelecer um sistema integrado de Contas Ambientais e Nacionais (SEEA, *System of Integrated Environmental and Economic Accounting*). A metodologia do SEEA encontra-se registrada em um manual da série de contas nacionais (SNA) da ONU denominado “*Integrated Environmental and Economic Accounting – An Operational Manual*”; editado em 1993 e revisado em 2000, a partir da experiência obtida com sua aplicação piloto ao México, Nova Guiné e Tailândia (BARTELMUS e TONGEREN, 1994; UNSTAT, 2000)⁹⁵.

Finalmente, este sistema integrado de estatística seria melhor aproveitado se o governo brasileiro catalisasse a realização de estudos temáticos e a qualificação técnica na área de comércio exterior e meio ambiente, apoiando, de forma coordenada, estudos específicos e formando pessoal especializado através de seus órgãos de fomento à pesquisa.

Na verdade, o próprio Ministério de Relações Exteriores do Brasil (MRE) reconheceu, recentemente, que é necessário empreender mais estudos na área de comércio exterior e meio ambiente, bem como criar uma estrutura auxiliar de apoio técnico com consultores e pesquisadores especializados para que o Brasil possa aumentar a eficácia de sua diplomacia nesta área (AMORIM, 2001; LAMPREIA, 2001; FONSECA, 2001). Tal demanda do MRE pode ser explicada por dois motivos. Por um lado, o número de disputas

⁹⁵ A metodologia do SEEA da ONU é resumida e analisada em BARTELMUS (1994), BARTELMUS e TONGEREN (1994) e BARTELMUS (1999).

comerciais na OMC (painéis) e de negociações internacionais com “motivação ambiental” tem aumentado substancialmente nos últimos anos, o que assoberba a equipe do MRE especializada nesta área. Por outro, os temas abordados são extremamente técnicos, exigindo alta especialização e informações específicas e detalhadas. Assim, face à ausência de uma estrutura adequada de apoio técnico, capaz de defender seus argumentos e negociar em igualdades de condições com seus oponentes, o MRE tem enfrentado muitas dificuldades para representar os interesses do país nesta área nos diversos *fora* internacionais⁹⁶.

Neste sentido, os investimentos do governo brasileiro em pesquisa e em qualificação técnica na área de comércio exterior e meio ambiente teriam retornos praticamente diretos para o governo e para a sociedade como um todo, uma vez que as deficiências do MRE nesta área levam freqüentemente a perdas comerciais e político-diplomáticas significativas. Uma pequena amostra do custo destas deficiências é a perda econômica associada à dificuldade de o governo brasileiro prover informações em tempo hábil sobre as condições sanitárias do rebanho bovino brasileiro (especificamente, o risco de contaminação pela doença da “vaca louca”) ao governo canadense recentemente.

Ademais, como o tema comércio exterior-meio ambiente vem se impondo⁹⁷, progressiva e inexoravelmente, na agenda internacional, é imperativo que o Brasil, sobretudo pela relevância do tema em sua trajetória de desenvolvimento, se capacite tecnicamente nesta área, montando uma estrutura de apoio ao MRE. A disponibilidade de informação e de pessoal técnico capacitado é essencial para uma participação mais efetiva, pró-ativa e eficaz na solução de conflitos comerciais com “motivação ambiental” e nas negociações internacionais sobre o tema. Um programa, coordenado e coerente, de capacitação técnica e de apoio a estudos nesta área certamente contribuiria para suprir a deficiência já reconhecida pelo MRE.

À guisa de conclusão, pode-se dizer que a sistematização, qualitativa e quantitativa, dos impactos ambientais em formato compatível com as informações econômicas do país é

⁹⁶ VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA (1999) e JHA e VOSSENAAR (2000) apontam que esta dificuldade é uma característica comum aos países em desenvolvimento.

⁹⁷ Especialistas em relações internacionais têm observado que conflitos comerciais envolvendo “motivação ambiental” devem crescer no futuro próximo, assim como devem ocorrer novas negociações internacionais na área de meio ambiente e comércio exterior (LAWRENCE et al., 1996; VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000).

o passo inicial para o estabelecimento de medidas e políticas para a minoração destes impactos. A própria identificação de medidas e políticas mitigatórias e de seus custos de abatimento⁹⁸ para diferentes impactos ambientais por atividade econômica é em si um aprofundamento importante, estando inclusive no âmbito da Agenda 21. Ao tornar evidentes os impactos ambientais e suas causas, um sistema integrado de Contas Nacionais/Regionais e Ambientais contribui inequivocamente para a proposição de medidas e políticas de minoração, de mitigação ou de compensação dos impactos e, assim, para a própria integração entre as políticas comercial e ambiental.

Integração de Políticas Comercial e Ambiental

Na seção anterior, procurou-se destacar a importância de se instituir políticas públicas de geração de informação e de capacitação técnica no Brasil na área de comércio exterior e meio ambiente. Todavia, ainda que esta estrutura técnica de apoio fosse montada, sua utilização efetiva e coerente dependeria de modificações institucionais que possibilitassem a integração entre as políticas comercial e ambiental. O fato é que a conformação institucional vigente no Brasil determina uma práxis política que não favorece a articulação entre os objetivos das políticas comercial e ambiental, correntemente estabelecidos de modo não apenas independente mas, freqüentemente, rival (com supremacia para os objetivos comerciais).

Essa característica fica patente, por exemplo, na ausência de menção aos temas meio ambiente e desenvolvimento sustentável nos objetivos da Câmara de Comércio Exterior do Brasil (CAMEX), bem como em sua própria composição (Decreto No. 1386, 06/09/1995). A composição da CAMEX inclui os Ministros da Indústria, Comércio e Turismo, das Relações Exteriores, da Fazenda, da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária e da Casa Civil; mas não inclui o Ministro de Meio Ambiente. Tampouco o Comitê Executivo da CAMEX inclui representante do Ministério do Meio Ambiente, embora entre seus membros encontrem-se, entre outros, o Secretário da Receita Federal e o Secretário de Assuntos

⁹⁸ Custo de abatimento é o custo dos investimentos necessários para reduzir uma unidade do impacto ambiental em questão. Ou seja, é o valor total do investimento em prevenção e/ou mitigação de um determinado impacto ambiental normalizado pelo impacto total relevante. Tal custo pode ser mensurado em termos médios (se não houver variação significativa em relação à escala) ou marginais (se houver variação significativa em relação à escala).

Internacionais do Ministério da Fazenda e o Diretor de Assuntos Internacionais do Banco Central do Brasil.

A ausência de referência à questão ambiental torna-se ainda mais surpreendente quando se constata que há entre as competências da CAMEX (Art. 2º, Decreto 3756, 21/02/2001) objetivos que podem ser afetados por esta questão, bem como afetá-la:

- I. *Definir diretrizes e procedimentos relativos à implementação da política de comércio exterior visando à inserção competitiva do Brasil na economia internacional;*
 - II. *Coordenar e orientar as ações dos órgãos que possuem competências na área do comércio exterior;*
 - III. *Definir, no âmbito das atividades de exportação e de importação, diretrizes e orientação sobre normas e procedimentos (...) observada a reserva legal;*
 - IV. *Estabelecer as diretrizes para as negociações de acordos e convênios relativos ao comércio exterior, de natureza bilateral, regional ou multilateral;*
-
- VIII. *Estabelecer diretrizes e procedimentos para investigações relativas às práticas desleais de comércio exterior.*

Finalmente, a omissão torna-se gritante no § 1º do próprio Art. 2º (Decreto 3756, 21/02/2001), onde se definem as diretrizes da política de comércio exterior:

§ 1º Na formulação e implementação da política de comércio exterior, a CAMEX deverá ter presente:

I – os compromissos internacionais firmados pelo País, em particular:

- a) *na Organização Mundial de Comércio – OMC;*
- b) *no Mercado Comum do Sul – MERCOSUL; e*
- c) *na Associação Latino-Americana de Integração – ALADI;*

II – O papel do comércio exterior como instrumento indispensável à promoção do crescimento da economia nacional e pelo aumento da produtividade e da qualidade dos bens produzidos no País;

Tal como redigido, o item I acima omite que: primeiro, a própria OMC não apenas ressalva, em seu preâmbulo, que sua disciplina não pode ser incompatível com a promoção do desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente, mas também dispõe de itens específicos sobre estes pontos no Artigo XX, *Exceções à Regra do GATT* (vide capítulo 2); segundo, o Brasil é signatário de vários Acordos Multilaterais sobre o Meio Ambiente (MEAs) que estabelecem restrições ao comércio exterior (CITES, Protocolo de Montreal e Convenção de Basel – vide capítulo 2) e que, portanto, deveriam ser levados em conta explicitamente pela CAMEX; finalmente, que estes próprios MEAs já foram, inclusive, regulamentados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente do Brasil (CONAMA). Na verdade, a omissão do Decreto que institui a CAMEX em relação aos MEAs pode ser em parte compensada, caso o Projeto de Lei Complementar No. de 2000 (*Lei Única de Comércio Exterior*) seja aprovado, visto que o item III, Art. 23 da mesma, que define a proibição de exportação de certos produtos, inclui aqueles "produtos" regulados por MEAs dos quais o Brasil é signatário.

Já o item II, § 1º, Art. 2º do Decreto 3756 (21/02/2001), torna evidente a intenção do redator em ignorar o assunto, uma vez que não se vê mais na redação oficial do Governo Federal a expressão "*promoção do crescimento da economia*", a qual tem sido substituída por "*promoção ao desenvolvimento sustentável*". A utilização da expressão "*promoção ao desenvolvimento sustentável*" no texto do item II, § 1º, Art. 2º (Decreto 3756, 21/02/2001) seria suficiente para conferir uma interpretação jurídica mais ampla aos objetivos da CAMEX, integrando-os à questão ambiental.

No que tange às instituições da área ambiental, o problema parece menor. O CONAMA, por exemplo, inclui entre seus integrantes representantes de cada um dos Ministérios e das demais Secretarias da Presidência da República, dos Governos Estaduais, das Confederações de Classe e de Trabalhadores da Indústria, Comércio e Agricultura e de Organizações Não-Governamentais. Além disso, o CONAMA tem empreendido análises acerca dos impactos sócio-econômicos da legislação ambiental, na tentativa de realizar avaliações mais abrangentes dos efeitos da política ambiental.

O fato é que, atualmente, a falta de integração entre as políticas comercial e ambiental faz com que, freqüentemente, ocorram conflitos de objetivos, o que afeta a própria consistência sistêmica das políticas públicas. Desse modo, a integração das esferas

decisórias de ambas as áreas é também um passo essencial para aumentar a eficácia das políticas públicas nacionais, à medida que reduz as contradições que as permeiam.

Cabe destacar, finalmente, que a integração institucional entre as políticas comercial e ambiental encontra-se também no âmbito da Agenda 21 - capítulo 8, *Integrating Environment and Development in Decision-Making* (UN, 1992). Visando atingir este objetivo, várias partes signatárias e organismos internacionais têm buscado incrementar a transparência e a consulta mútua entre as áreas comercial e ambiental, reestruturando, por vezes, o próprio arcabouço institucional de tomada de decisão (OECD, 1999 e 2000).

Em geral, a reestruturação consiste na criação de comitês multidisciplinares, compostos por especialistas em comércio exterior e em meio ambiente, que participariam das formulações de políticas ambiental e comercial conjuntamente, de tal forma que os eventuais conflitos sejam solucionados ainda na fase de formulação de políticas. O governo brasileiro, signatário da Agenda 21, deveria também promover a integração institucional entre as áreas comercial e ambiental. Corrigir as omissões da CAMEX no que concerne à questão ambiental parece ser o primeiro, e mais evidente, passo neste sentido.

Políticas Orientadas para a Área de Comércio Exterior-Meio Ambiente

Outra implicação importante de políticas públicas para o Brasil é a necessidade de formulação e implementação de políticas orientadas para a questão comércio exterior-meio ambiente. De certa forma, são essas políticas que permitem reconciliar objetivos de políticas comercial e ambiental. Isto porque tais políticas são formuladas tendo como foco um objetivo dual: maximizar os ganhos sócio-econômicos do comércio exterior, sujeito à minimização dos impactos ambientais, e maximizar os ganhos ambientais, sujeito à minimização dos custos sócio-econômicos associados à redução do comércio exterior⁹⁹.

As condições básicas para se formular e implementar políticas “duais” na área de comércio exterior e meio ambiente são justamente a existência de informações (e

⁹⁹ Observe-se que existem casos em que há ganhos ambientais associados aos ganhos de comércio exterior (importação de produtos agrícolas ao invés de produção doméstica acima de escala sustentável, por exemplo) e casos onde há ganhos de comércio exterior associados aos ganhos ambientais (adequação aos padrões ambientais do país importador, por exemplo); ou seja, situações de duplo ganho (não há *trade-off*), onde a restrição da “função objetivo” torna-se um “incentivo” (vide capítulo 2).

capacitação técnica) e a integração institucional entre as esferas políticas de comércio exterior e de meio ambiente (vide tópicos anteriores). É a existência de um sistema de informação detalhado, consistente e amplo que permite a identificação dos pontos críticos de tangência entre comércio exterior e meio ambiente. Por outro lado, é a integração entre as políticas comercial e ambiental que permite a gestação das políticas específicas, particularmente orientadas para os pontos críticos.

No caso do Brasil, há evidências de que os pontos críticos estão associados a produtos energo-intensivos, como “Ferro e Aço”, “Metais Não-Ferrosos”, “Minerais Não-Metálicos”, “Química” e “Papel e Celulose”. Primeiro, porque estes produtos são, em geral, intensivos também em materiais (recursos naturais não-energéticos) e em geração de poluentes. Segundo, porque, além de os próprios processos produtivos desses bens serem intensivos em recursos naturais, suas respectivas cadeias produtivas (“lastro” de insumos requeridos para sua produção) também são intensivas em recursos naturais. Finalmente, por “acidente geográfico”, em vários casos a localização das atividades produtivas (do produto e de seus insumos) se encontra em regiões ambientalmente sensíveis. Um exemplo dramático é a localização das atividades produtivas de parte significativa da indústria exportadora de alumínio e de seus insumos (mineração de bauxita, produção de alumina, geração hidrelétrica) na Região Amazônica (Pará e Maranhão).

Assim, pode-se citar entre as políticas relevantes para a área de comércio exterior-meio ambiente: o estabelecimento de padrões ambientais rígidos para a exploração de recursos naturais e para a geração de poluição (quotas de exploração, limites de poluentes, metas de redução de impacto ambiental etc.), instituição e fortalecimento de programas de certificação de qualidade ambiental para recursos naturais sensíveis (exigibilidade para a exportação, pois esta freqüentemente amplia a escala produtiva das atividades – magnitude da demanda), programas de incentivo ao desenvolvimento e à implantação de tecnologias e equipamentos “verdes”, instituição do Princípio do Poluidor Pagador (internalizando os custos ambientais), entre outras¹⁰⁰.

¹⁰⁰ Ressalte-se que, muitas vezes, o problema não é apenas uma questão de eficiência tecnológica (como pensam alguns), mas sim de impacto da magnitude da escala produtiva. A utilização da “melhor tecnologia disponível” em uma atividade que extrapole a capacidade de suporte local não impede a degradação do ecossistema local. Todavia, a instituição de uma cota de produção ou um limite de geração de poluentes pode resolver o problema, a despeito da utilização ou não da “melhor tecnologia”. Por isso é que o sistema de informações tem que ter enfoque regional e local.

Fontes de Financiamentos Potenciais para as Políticas Públicas Propostas

Freqüentemente, sugestões importantes de políticas deixam de ser implementadas por ignorarem um aspecto fundamental da formulação e da implementação de políticas pelo setor público: a captação de recursos financeiros. Como financiar os programas e projetos associados à política pública proposta? Mais ainda, face ao limitado montante de recursos financeiros disponíveis no setor público, por que selecionar determinada política em detrimento de outra? Estas são perguntas relevantes e oportunas a serem feitas pelos gestores de política públicas. Neste contexto, esta seção tem por objetivo indicar algumas fontes de financiamento já disponíveis, ainda que isto não impeça a proposição e a instituição de novas fontes financiamento (específicas ou não para a questão), e justificar sua alocação nas políticas propostas.

A pedra de toque no que concerne à captação de recursos financeiros pelo setor público e à justificativa de sua utilização para as políticas sugeridas encontra-se na disponibilidade de fundos específicos para a área e para áreas afins, bem como na existência de programas internacionais de capacitação e cooperação técnica de baixo custo (ou mesmo custo zero). Em outras palavras, além de haver recursos disponíveis para financiar ou implementar (programas de custo zero) as políticas prospostas, estes recursos estariam sendo disputados dentro da própria áreas ou por áreas afins, pois são recursos especificamente destinados para esta área e seu “entorno”. Tais recursos encontram-se disponíveis internacional e nacionalmente.

Internacionalmente, há recursos específicos para estudos e capacitação de pessoal no tema meio ambiente e comércio exterior disponíveis para países em desenvolvimento. Por exemplo, no âmbito da Agenda 21 (em cooperação com a UNDP e UNEP), a UNCTAD instituiu alguns programas nesta área com foco em países em desenvolvimento e em economias em transição: “*Understanding the links between Trade and Environment*”, “*Train for Trade on Trade and Environment*” e “*Capacity Building Task Force on Trade, Environment and Development*”. No âmbito deste último programa, o Brasil é um dos países beneficiados no projeto “*Strengthening Research and Policy-Making on Trade and Environment in Developing Countries*”. Provavelmente outros programas dessa natureza podem ser encontrados no BIRD, no BID e mesmo em ONGs da área ambiental

(Greenpeace, World Wildness Fund, Resources for the Future etc.). Alguns destes programas de capacitação são cursos à distância (*on line*) com custos próximos de zero.

Há também programas de capacitação e cooperação técnica para a construção de Sistemas de Contas Ambientais Satélites, no âmbito da Divisão de Estatística da ONU (UNSTAT, United Nations Statistical Division). Ademais, como mencionado anteriormente, a Seção de Estatística Ambiental da UNSTAT desenvolveu um Manual Operacional de Sistemas de Contas Nacionais e Ambientais Integrados, que fornece um guia prático etapa-por-etapa para a implementação de um Sistema Integrado de Contas Nacionais e Ambientais (inclui um software para ajudar na operacionalização do sistema). É desnecessário dizer que o manual e o suporte técnico da UNSTAT reduzem drasticamente o custo de desenvolvimento e implementação do Sistema Integrado de Contas.

Nacionalmente, é mais raro encontrar recursos específicos para área de meio ambiente e comércio exterior. Entretanto, há recursos disponíveis para áreas afins e para o “entorno”. No que concerne a áreas afins, destaca-se o Programa “San Tiago Dantas de Apoio ao Ensino de Relações Internacionais” da CAPES para capacitação de pessoal, o qual objetiva fortalecer e ampliar os programas de pós-graduação que abranjam diferentes instâncias de negociações internacionais; onde, sem dúvida, se podem enquadrar assuntos relativos à relação meio ambiente-comércio internacional.

Com o enfoque mais amplo (áreas do “entorno”), o Ministério de Ciência e Tecnologia gerencia diferentes programas de C&T, destacando-se o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), o Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (RHAE) e o Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG7). Embora estes Programas não tenham foco em meio ambiente e comércio exterior, é possível justificar projetos nesta área no âmbito destes programas. O mesmo também ocorre na FINEP. Por exemplo, no Programa FINEP Pré-Investimento, no qual se destacam áreas como: “planos diretores e estudos setoriais”, “estudos e projetos visando a modernização e/ou ampliação de capacidade técnica, administrativo-produtiva ou operacional”, estudos e projetos para otimização de consumo de energia”, “estudos e projetos de gestão ambiental” e “projetos de certificação de qualidade e certificação ambiental”.

Finalmente, administrado pela própria FINEP, há os “fundos setoriais” instituídos pelo Governo Federal, que são fundos para áreas específicas (Petróleo e Gás Natural, Energia Elétrica, Recursos Hídricos, Mineração, Transporte Terrestre e Universidade-Empresa), com dotação orçamentária definida por lei, no âmbito do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Novamente, é possível justificar projetos na área de meio ambiente e comércio exterior em todos estes fundos (a legislação sobre os “fundos setoriais” encontra-se disponível no portal eletrônico da FINEP), sobretudo no que concerne à geração de informação e de implementação de um Sistema de Contas Ambientais.

Na verdade, há várias outras alternativas de financiamento junto ao CNPq, à CAPES e à FINEP, nos quais projetos orientados para a questão comércio exterior-meio ambiente poderiam ser avaliados. Todavia, não se deve ignorar o recurso da “demanda induzida”, no qual se definem temas específicos como alvo institucional em áreas consideradas estratégicas para catalisar mais projetos nesta área. Tal recurso, muito utilizado por estas instituições, apresenta normalmente resultados bastante positivos.

Finalmente, não se deve descartar a própria possibilidade de se instituir fundos específicos sobre o assunto, realocando a dotação orçamentária do Poder Público ou estabelecendo mecanismos *ad hoc*. As políticas propostas nesse capítulo têm como consequência última aumentar a eficácia e a coerência das políticas públicas nacionais, bem como ampliar a capacidade de negociação do Brasil nesta área no cenário internacional. Assim, é bastante provável que a implementação destas políticas apresente até mesmo retorno financeiro *strictu senso* (vide o custo financeiro ao conflito Brasil-Canadá sobre a pretensa contaminação do rebanho brasileiro pela doença da “vaca louca”).

Comentários Finais

À guisa de conclusão, cabe ressaltar, novamente, que a formulação e a implementação de políticas específicas pressupõe, em boa medida, que políticas de geração de informação e capacitação técnica e de integração entre as políticas comercial e ambiental já tenham sido implementadas.

Primeiro, porque sem os investimentos em política de informação e de capacitação técnica pelo governo é pouco provável que se consiga avaliar, de modo confiável, amplo e sistemático, os impactos sócio-econômicos e ambientais associados ao problema enfocado, bem como os benefícios de se implementar políticas específicas para evitá-lo ou minorá-lo. Segundo, porque ainda que seja possível realizar estudos precisos sobre os benefícios de uma dada política, sua implementação pode não ser viável caso não haja integração entre as áreas comercial e ambiental.

Assim, do ponto de vista de gestão pública, é prioritário que se invista em geração de informação e capacitação técnica e na integração institucional das esferas comercial e ambiental como base para formulação de políticas públicas específicas.

Algumas das políticas e medidas identificadas neste capítulo como requisitos para uma participação pró-ativa do Brasil no tema comércio exterior-meio ambiente já estão sendo implementadas. Todavia, é necessário articulá-las, reforçá-las e ampliá-las, conferindo consistência e coerência sistêmica aos instrumentos, aos programas e às iniciativas dispersas e desarticuladas (quando não contraditórias) do governo, dos institutos de pesquisa, das universidades, das ONGs, das associações de classe e das empresas do Brasil. É verdade que tal processo ainda carece de laços institucionais mais fortes, que confirmam maior regularidade, amplitude e organicidade ao esforço de pesquisa nessa área no Brasil.

É fundamental que o governo brasileiro, em seu papel de ente articulante e arbitrista, perceba que sua resistência diplomática às negociações neste tema, por temor de ver atingidos os interesses de curto prazo do país e pela própria fragmentação e contradição dos interesses nacionais, não deve inibir sua preparação sobre o assunto.

Mais que isto, é necessário que o governo brasileiro, consciente dos riscos envolvidos nas negociações internacionais sobre o tema, estruture-se, instrumente-se e avalie as oportunidades de uma participação pró-ativa nas negociações, considerando, sobretudo os interesses de longo prazo do país (i.e., os anseios e “pactos” de sua sociedade expressos em sua estratégia de desenvolvimento). É essencial, enfim, que o governo brasileiro assuma uma postura pró-ativa, semelhante àquelas assumidas nas negociações da Agenda 21 e, em particular, nas sobre mudanças climáticas.

Os riscos envolvidos na omissão e/ou na falta de definição dos próprios interesses nacionais de longo prazo em negociações internacionais podem ser maiores do que os riscos de participar das negociações, buscando influenciá-las com base em seus interesses. Nesse sentido, a recente iniciativa da Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável do Ministério de Meio Ambiente de abordar o tema e integrar agentes-chave cria a expectativa de fortalecimento das redes institucionais e de um aprofundamento sobre o problema no país (BRAGA, MIRANDA e ALMEIDA, 2001).

Como reconhecem alguns eminentes políticos da cena nacional, foram as omissões dos Governos dos países em desenvolvimento (inclusive o brasileiro) nas negociações do GATT na Rodada do Uruguai, propositais ou não, que, de certa forma, permitiram a institucionalização de regras comerciais pouco favoráveis aos países em desenvolvimento na OMC (SERRA, 1998; CARDOSO, 2000; AMORIN, 2001).

6. CONCLUSÃO

Ao longo desse estudo, abordou-se a questão meio ambiente¹⁰¹ e comércio exterior, avaliando-se em particular os volumes de energia e carbono embutidos nos produtos não-energéticos transacionados internacionalmente pelo Brasil em 1985, 1990 e 1995.

Conquanto essa questão não seja exatamente nova (seu marco inicial é a Conferência de Estocolmo em 1972), tem-se observado um inequívoco recrudescimento do debate acerca das relações entre comércio exterior e meio ambiente nos últimos anos em todo o mundo (vide capítulo 2, para uma síntese da evolução desse debate). Mais ainda, nos últimos anos, o tema comércio exterior e meio ambiente consolidou-se como um dos principais itens da agenda política internacional. Assim, nenhum país conseguirá evitar por muito tempo a discussão desse tema. Como apontam BRACK, GRUBB e WINDRAM (2000: p. 19):

“O debate comércio exterior e meio ambiente não irá embora. Ao contrário, a combinação dos contínuos crescimentos do comércio exterior e da acumulação de evidências sobre a degradação do meio ambiente global, aliados à pressão por ações internacionais daí resultantes, parece levar a mais, e a mais sérios, conflitos nessa área. A primeira disputa comercial [painel] sob o arcabouço institucional da OMC foi sobre um caso de comércio exterior e meio ambiente (Painel da Gasolina Reformulada), e vários outros se sucederam desde então.” [tradução própria]

Recentemente, inclusive, as discussões sobre o tema ultrapassaram os limites dos fóruns formais de debate e alcançaram os cidadãos comuns, literalmente, nas ruas. As imagens, transmitidas em todo o mundo, das multidões protestando contra a ausência de debates mais transparentes e democráticos durante a reunião ministerial da OMC em Seattle (EUA), em 1999, e na reunião do G-8¹⁰² em Gênova (Itália), em 2001, asseveram que a participação social nas discussões sobre comércio exterior e meio ambiente já é um fato marcante desse debate. A própria inclusão do tema na nova rodada de negociações sobre as

¹⁰¹ Por meio ambiente, considera-se não apenas os ecossistemas *strictu sensu* (expressos nas cadeias tróficas), mas o próprio ambiente natural onde suas relações e interrelações se estabelecem e seus componentes geofísicos.

¹⁰² O G-8 (Grupo-8) é uma cúpula formada pelos Chefes de Estado dos 7 maiores países desenvolvidos (EUA, Reino Unido, França, Itália, Alemanha, Japão e Canadá – grupo conhecido como G-7) mais a Rússia.

regras do sistema internacional de comércio, lançada na reunião ministerial da OMC em Doha (Catar), em novembro de 2001, é um resultado não apenas da maturidade científica e política atingida pelo debate, mas também da consistente pressão social exercida nos últimos anos.

A relevância do tema comércio exterior e meio ambiente torna-se clara quando se observa que os sistemas econômicos não se encontram isolados dos sistemas ecológicos (DALY, 1968; AYRES e KNEESE, 1969; GEORGESCU-ROEGEN, 1971; UMAÑA, 1981; WCED, 1987; ARROW et al., 1995; PROOPS et al., 1999). Ao contrário, um sistema econômico deve ser entendido como um sistema que opera sobre um sistema mais amplo: o ecológico. O sistema econômico obtém recursos naturais (materiais e energia) de um sistema ecológico (meio ambiente) e retorna resíduos e poluentes para este último. São essas relações e interrelações que permitem ao sistema econômico manter e expandir sua própria organização.

O comércio exterior permite que um país desatrele parcialmente seus sistemas domésticos econômico e ecológico, à medida que bens e serviços possam ser produzidos pelos sistemas econômicos de outros países (DALY, 1993; PEARCE e WARFORD, 1993; ANDERSSON et al., 1995; MACHADO e SCHAEFFER, 1997; SURI e CHAPMAN, 1998; PROOPS et al., 1999). Assim, os impactos de produzir tais bens e serviços recaem sobre o sistema ecológico do país exportador (onde a produção ocorre) e não sobre o do país importador (onde o consumo ocorre). De tal forma que pode ser possível para um país, mas não para todos, reduzir a degradação de sua própria capacidade de sustentação ecológica via especialização comercial em atividades com menor potencial de degradação ambiental.

A bem da verdade, há casos mais complicados como os de impactos ambientais transfronteiriços e globais. Nos primeiros, os sistemas ecológicos de vários países (inclusive países não envolvidos no comércio) podem ser afetados. Nos últimos, o próprio sistema ecológico do planeta (biosfera) pode ser afetado, independentemente da localização da fonte primária de degradação (deterioração da camada de ozônio da atmosfera e mudança climática global por aumento da concentração atmosférica de gases de efeito-estufa).

Cabe destacar que o impacto líquido do comércio exterior sobre o meio ambiente é um resultado empírico que advém da contraposição de impactos positivos e negativos

decorrentes das escolhas de cada país (GROSSMAN e KRUEGER, 1991; OECD, 1997c; JONES, 1998; NORDSTRÖM E VAUGHAN, 1999). Daí a dificuldade de se formular teorias e se prescrever soluções inequívocas sobre esse tema, a complexidade das negociações internacionais e a necessidade de se gerar evidências empíricas caso a caso.

Nesse estudo, visou-se contribuir para o debate meio ambiente e comércio exterior, enfocando-se, em particular, os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de carbono do Brasil. Para isso, aplicou-se um modelo de insumo-produto numa abordagem produto-por-atividade em unidades híbridas à economia brasileira nos anos 1985, 1990 e 1995. A utilização de técnicas de insumo-produto permitiu a esse estudo avaliar os impactos diretos e indiretos das exportações e das importações brasileiras sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país. Assim, foi possível estimar os volumes totais de energia e de carbono embutidos nos produtos não-energéticos comercializados internacionalmente pelo Brasil em 1985, 1990 e 1995.

O foco desse estudo sobre energia e carbono justifica-se pela relevância dos mesmos no debate sobre comércio exterior e meio ambiente. Todavia, a abordagem metodológica utilizada nesse trabalho é bastante versátil, podendo ser aplicada nos mais diversos estudos da área de meio ambiente e comércio exterior.

A energia é um aspecto essencial nesse debate porque, por um lado, as fontes primárias de energia são, em si próprias, recursos naturais que se degradam irreversivelmente com o uso, tendendo à escassez relativa ou absoluta (esgotamento). Por outro, a oferta e o uso de energia encontram-se, geralmente, associados à exploração de vários outros recursos naturais e à degradação ambiental (geração de poluição, modificações em ciclos biogeoquímicos e em ecossistemas etc.). Embora nessa pesquisa tenha-se enfocado apenas as emissões de carbono associadas ao uso de energia, é possível avaliar muitos outros danos ambientais decorrentes da oferta e do uso de energia.

O tratamento a ser dado ao carbono embutido no comércio exterior, por sua vez, deve se tornar um dos principais itens das negociações sobre mudanças climáticas globais tão logo as dificuldades relacionadas à ratificação e à implementação do Protocolo de Quioto sejam superadas. Isso porque, à medida que o Protocolo de Quioto estabelece metas de redução das emissões nacionais a partir de um critério “territorial” de atribuição de

responsabilidades (onde ocorre a emissão), pode haver a ocorrência de “vazamentos de carbono” (*carbon leakage*) dos países de Anexo I (submetidos às metas do Protocolo) para países Não-Anexo I (não submetidos às metas do Protocolo) via comércio exterior. Nesse sentido, a própria eficácia do Protocolo de Quioto, cujo objetivo último, em consonância com a UNFCCC (1992), é a estabilização da concentração atmosférica de gases de efeito-estufa, pode ser afetada.

Para facilitar a exposição desse estudo, inicialmente, enfocou-se a evolução do debate acerca da questão meio ambiente-comércio exterior, ressaltando sua complexidade e os diferentes aspectos envolvidos na questão. Em especial, buscou-se sistematizar as principais concepções teóricas sobre o tema, apresentando-se os conceitos e princípios que fundamentam o referido debate, bem como fornecer um panorama da evolução institucional dessa questão, evidenciando sua consolidação na agenda política internacional nos últimos anos (capítulo 2).

Conquanto a classificação utilizada possa se tornar ambígua quando aplicada a alguns autores em pontos específicos do debate, identificou-se duas concepções teóricas principais acerca da relação meio ambiente-comércio exterior. A primeira, denominada economia ortodoxa por esse estudo, postula que o desenvolvimento sustentável é uma etapa do desenvolvimento econômico que é alcançada a partir de um determinado nível de renda per capita. Nesse sentido, a preservação e a proteção do meio ambiente seriam consequências naturais do crescimento econômico (*proxy* do desenvolvimento econômico, segundo essa concepção), catalizado pelo comércio exterior¹⁰³. A segunda, denominada economia ecológica por esse estudo, considera que o desenvolvimento sustentável não é uma etapa do desenvolvimento econômico, mas sim uma categoria particular de desenvolvimento econômico que leva em conta sua sustentabilidade econômica-ecológica (ou seja, um tipo específico de desenvolvimento com qualidades próprias). Assim, se mudanças qualitativas não forem engendradas na natureza do desenvolvimento de uma sociedade, o crescimento econômico conduzirá apenas à exacerbação quantitativa das

¹⁰³ Tal noção funda-se em dois pilares: teoria das vantagens comparativas e curva de Kuznets ambiental. Todavia, a “validade universal” desses pilares tem sido falseada por diversos trabalhos (alguns no próprio seio da economia ortodoxa), levando a economia ortodoxa a relativizar sua posição original. Para detalhes, vide capítulo 2, seção 2.1.

próprias características do padrão vigente de desenvolvimento e não à sustentabilidade econômica-ecológica.

Nessa parte do trabalho, mostrou-se que embora ainda haja contenciosos teóricos e políticos relevantes, pelo menos formaram-se, recentemente, alguns consensos no debate sobre o tema comércio exterior e meio ambiente: o tema é complexo, há legitimidade em argumentos contrários e seu equacionamento é fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável do planeta. Nesse sentido, atualmente, a própria economia ortodoxa, cuja prescrição para o problema era, simplesmente, incrementar o livre-comércio e o crescimento econômico (acreditando que no longo prazo o problema resolver-se-ia por si só), concorda que há situações em que o comércio exterior pode exacerbar a deterioração ambiental. Tal mudança de posição decorreu do reconhecimento das críticas feitas à pretensa validade universal dos pilares fundamentais dessa concepção teórica: a teoria das vantagens comparativas e a curva de Kuznets ambiental.

No plano político, similarmente, a evolução institucional do tema parece apontar para sua incorporação, progressiva, no núcleo do sistema multilateral do comércio, ainda que haja muitas dificuldades políticas nas negociações da distribuição de ganhos e de perdas associadas à essa incorporação e a seu formato (inclusão ou não de barreiras técnicas sobre processos e métodos de produção e de autorização de uso de sanções comerciais para o cumprimento de MEAs). De qualquer forma, essa não será a primeira vez que a institucionalização de novas regras internacionais acarretará em distribuição assimétrica de ganhos e de perdas entre países e/ou grupos de interesses; a abolição do trabalho escravo, no século XIX, e a internacionalização das leis trabalhistas, no século XX, são exemplos anteriores (FURTADO, 1987; BATISTA, 1994; COSTA, 1997). Cabe aos países em desenvolvimento, no entanto, negociar as condições em que essas regras serão institucionalizadas, garantindo que os custos das mudanças não se tornem obstáculos ao seu desenvolvimento econômico, mas antes que as mudanças se tornem catalizadores de seu desenvolvimento sustentável.

Desse modo, a constatação de que a distribuição dos ganhos e das perdas são assimétricos não será, como não foi outrora em outros temas, suficiente para barrar as negociações em comércio exterior e meio ambiente. A elaboração de uma agenda positiva própria nesse tema é, como tem apontado a UNCTAD (Conferência das Nações Unidas para

o Comércio e o Desenvolvimento), essencial para que os países em desenvolvimento tenham seus interesses representados nas negociações da “rodada de Doha” e numa eventual intitucionalização do tema no núcleo das regras da OMC (VOSSENAAR, HOFFMANN e JHA, 1999; JHA e VOSSENAAR, 2000). A própria assimetria no uso de recursos naturais e no histórico de degradação ambiental do planeta pode, e deve, ser utilizada pelos países em desenvolvimento como argumento nas negociações internacionais para influenciar a distribuição das perdas e dos ganhos.

No que concerne à deterioração global, em particular, parece claro que a humanidade não poderá esperar o “longo prazo” para implementar ações em prol do desenvolvimento sustentável, em função do prazo de maturação dessas ações. Assim, tem crescido a percepção da importância de ações imediatas de cunho precaucional. Parafraseando o economista britânico John Maynard Keynes, no longo prazo poderemos estar todos mortos.

Após fornecer um panorama teórico e institucional sobre o tema comércio exterior e meio ambiente, trataram-se dos aspectos metodológicos desse trabalho (capítulo 3). Primeiro, revisou-se a literatura internacional sobre técnicas de insumo-produto aplicadas à avaliação de energia e poluentes embutidos no comércio exterior. Depois, apresentaram-se os fundamentos de um modelo de insumo-produto em unidades híbridas numa formulação produto-por-atividade, bem como sua derivação formal. Finalmente, expuseram-se os procedimentos adotados na aplicação do modelo à economia brasileira em 1985, 1990 e 1995, inclusive aqueles relativos à preparação de dados.

A aplicação do modelo de insumo-produto em unidades híbridas à economia brasileira permitiu, então, avaliar propriamente os impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país em 1985, 1990 e 1995. Os resultados mostraram que o Brasil foi não apenas exportador líquido de energia e de carbono nos produtos não-energéticos transacionados internacionalmente pelo país nos anos analisados, mas também que cada dólar auferido com as exportações embutiu consideravelmente mais energia e carbono do que cada dólar dispendido com as importações¹⁰⁴.

¹⁰⁴ Ressalte-se que a energia e o carbono embutidos nas importações foram estimados considerando-se o conceito de custo evitado. Em outras palavras, quanto o Brasil deixou de usar de energia e emitir em carbono por importar bens ao invés de processá-los domesticamente (vide capítulo 3, seção 3.2).

Os saldos de energia embutida no comércio exterior de bens não-energéticos foram de 458,7 PJ em 1985, 356,8 PJ em 1990 e 161,9 PJ em 1995; montantes que representaram cerca de 7,7%, 5,8% e 2,3% do uso total de energia primária do Brasil, respectivamente. Já os saldos de carbono embutido no comércio exterior de bens não-energéticos foram de 8.176,8 ktC em 1985, 6.800,1 ktC em 1990 e 3.891,3 ktC em 1995; ou aproximadamente 8,4%, 7,1% e 3,8% das emissões de carbono do país associadas ao uso de energia do Brasil, respectivamente. Ressalte-se que as tendências decrescentes desses saldos de energia e de carbono embutidos decorrem, em boa medida, da perda de competitividade das exportações brasileiras, que levou à reversão da balança comercial brasileira nesse período (de superávits de US\$₉₅^{PPC} 20,4 bilhões em 1985 e US\$₉₅^{PPC} 10,4 bilhões em 1990 para déficits de US\$₉₅^{PPC} 5,4 bilhões em 1995).

A avaliação dos termos de troca em energia e em carbono da economia brasileira para bens não-energéticos permite retirar da análise o viés introduzido pelas vicissitudes da balança comercial brasileira. Os termos de troca em energia (em carbono) de bens não energéticos são dados pela razão entre os coeficientes médios de intensidades energética (de carbono) das exportações e das importações de bens não-energéticos.

Os termos de troca em energia para bens não-energéticos transacionados internacionalmente pelo Brasil foram de 1,21 em 1985, 1,38 em 1990 e 1,42 em 1995. Já os termos de troca em carbono atingiram 1,31 em 1985, 1,55 em 1990 e 1,60 em 1995. A conclusão que se pode derivar desses números é que as exportações de bens não-energéticos do Brasil embutem, em média, consideravelmente mais energia e carbono do que as importações de bens não-energéticos do país. Em 1995, por exemplo, cada dólar auferido com as exportações embutiu 42,2% mais energia e 60,2% mais carbono do que cada dólar dispendido com as importações.

Tais resultados impõem um alerta aos formuladores de políticas públicas do Brasil: uma política comercial que vise megasuperávits na balança comercial, como vem sinalizando o governo brasileiro, pode gerar, *ceteris paribus*, impactos significativos sobre os volumes de energia e de carbono remetidos ao exterior embutidos nos bens-energéticos exportados pelo Brasil, hipertrofiando o uso de energia e as emissões de carbono do país.

Simulações realizadas por esse estudo mostraram que a especialização comercial é uma variável-chave que pode levar à exacerbação ou à minoração dos impactos do comércio exterior sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país.

Considerando-se um superávit comercial de US\$₉₅^{ppc} 9,0 bilhões¹⁰⁵, coeficientes totais de intensidade energética e de carbono e especialização comercial similares aos verificados em 1995, o Brasil teria exportado liqüidamente 483,7 PJ de energia e 9,2 MtC de carbono embutidos em bens não-energéticos transacionados internacionalmente. Isso significaria 6,7% do uso de energia primária e 8,5% das emissões de carbono por parte da economia brasileira do ano de referência (1995 ajustado pela nova situação).

Adicionalmente, simulou-se um cenário alternativo para o Brasil, no qual ocorria um “enobrecimento” das exportações brasileiras de bens não-energéticos. Em tal cenário, assumiu-se que a participação dos bens da cadeia mínero-metalúrgica (“Extrativa Mineral”, “Ferro e Aço” e “Metais Não-ferrosos e Outras Metalurgias”) reduzir-se-ia em favor de “Outros Produtos” (em particular, “Artefatos Metálicos” e “Máquinas e Equipamentos de Transporte”), reproduzindo a participação das atividades da cadeia mínero-metalúrgica nas exportações de bens não-energéticos dos EUA em 1995. Vale notar que se considerou, nesse cenário alternativo, uma estratégia de “enobrecimento” (ou “desmaterialização”) das exportações brasileiras conservadora, ou seja, sem rupturas tecnológicas; não se está considerando a substituição de produtos primários e intermediários da cadeia mínero-metalúrgica por “Componentes Eletrônicos”, mas por bens finais metálicos que o Brasil já detém tecnologia e capacidade produtiva.

Supondo tal estratégia de “enobrecimento”, o Brasil teria exportado liqüidamente 133,2 PJ de energia e 1,7 MtC de carbono embutidos em bens não-energéticos transacionados internacionalmente. Isso corresponderia a 1,9% do uso de energia primária e 1,7% das emissões de carbono por parte da economia brasileira do ano de referência (1995 ajustado pela nova situação). Ou seja, mesmo que as exportações brasileiras de bens não-energéticos fossem 38,7% maiores do que o patamar de 1995, seria possível mais do que compensar seus impactos sobre o uso de energia e de suas emissões de carbono associadas,

¹⁰⁵ Segundo o Secretário-executivo da CAMEX, o Brasil deveria ter saldos comerciais anuais entre US\$ 8 bilhões e US\$ 10 bilhões para garantir o crescimento sustentável da economia (FONSECA, 2000).

caso a composição das exportações brasileiras fosse alterada em detrimento da participação de alguns bens energo-intensivos. Tal estratégia não seria inédita, tendo alcançado resultados expressivos na Suécia e no Japão (ÖSTBLOM, 1982 e 1998; HAN e LAKSHMANAN, 1994).

Além disso, deve-se ressaltar as emissões de carbono não são os únicos danos ambientais associados ao uso de energia. Há vários outros impactos ambientais que não foram avaliados no presente estudo (em boa medida, por escassez de fatores de conversão confiáveis). Cite-se, por exemplo: o desflorestamento para a produção de lenha e carvão vegetal não-renovável; o alagamento de áreas para barragens de hidrelétricas; poluição atmosférica (CO, NO_x, SO₂, material particulado etc.) e hídrica (efluentes tóxicos, DBO etc) advindas de termelétricas, refinarias e outras centrais energéticas (coquerias, destilarias, etc); acumulação de rejeitos radioativos de usinas termo-nucleares; e erosão e/ou contaminação do solo e das águas na mineração de recursos energéticos. Há também outros danos ambientais advindos da produção dos bens energo-intensivos que não são associados à oferta e ao uso de energia, visto que esses bens também são, em geral, intensivos em poluição e degradação ambiental (REIS e MARGULIS, 1991; GOMES e VERGOLINO, 1997; YOUNG, 2000a).

Cabe apontar ainda que o fato de boa parte do potencial hidrelétrico remanescente (70,0%) e de recursos minerais (como minério de ferro, bauxita, ouro, outros metais não-ferrosos etc.) associados à produção de bens energo-intensivos para exportação localizarem-se em plena região amazônica contribui para aumentar bastante o potencial de degradação ambiental da atual especialização comercial brasileira (FONSECA, 1987; FEARNSIDE, 1989; ROSA et al., 1995; AMARAL, 1996; LUCZYNSKI e SAUER, 1996; CARVALHO, 1997; MEDEIROS, 1998; ELETROBRÁS, 1999).

À guisa de conclusão, deve-se esclarecer que esse estudo não sugere a criação de restrições gerais ao comércio exterior brasileiro para evitar os impactos sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país associados às exportações. Ao contrário, esse estudo acredita ser absolutamente necessária a redução da vulnerabilidade externa do país.

Não obstante, o governo brasileiro precisa harmonizar e integrar suas políticas comercial e ambiental (incluindo aí, a energética), reconciliando seus objetivos:

megasuperávits comerciais e preservação ambiental (inclusive racionalização do uso dos recursos energéticos e proteção ao ecossistema global). O fato é que embora o governo brasileiro participe ativamente em algumas negociações internacionais em meio ambiente (UNCED e UNFCCC, por exemplo) e esteja estabelecendo políticas ambientais domésticas importantes, os objetivos ambientais nacionais encontram-se bem abaixo dos objetivos econômicos de curto e médio prazos na escala de prioridades do governo.

A solução, contudo, não é inverter as prioridades, mas sim buscar as sinergias. A alteração da pauta de exportação brasileira em detrimento dos bens energo-intensivos (“enobrecimento das exportações”), por exemplo, é uma política que pode ser perseguida quer internalizando-se os custos ambientais, quer definindo-se quotas, tarifas ou contrapartidas (investimentos em pesquisa e programas ambientais e sócio-ambientais no Brasil) para a exportação produtos de alto potencial de impacto ao meio ambiente.

A percepção de que políticas ambientais ativas afetam a competitividade das empresas é uma visão míope e estática do processo competitivo. Como apontam PORTER e VAN DER LINDE (1998: p. 374): “*países em desenvolvimento que se mantêm utilizando métodos de produção perdulários em recursos e evitam estabelecer padrões ambientais porque estes são “muito caros” permanecerão não competitivos, regelando suas próprias sortes à pobreza.*” [tradução própria]

O fato é que a literatura internacional tem apresentado evidências que, contrariando o senso-comum, a regulação ambiental pode agir como um fator adicional de pressão competitiva sobre as empresas (denominada “hipótese Porter”), induzindo-as a processos de capacitação e a inovações tecnológicas e gerenciais que se revertem em ganhos de competitividade (TOBEY, 1990; VAN DER LINDE, 1993; PORTER e VAN DER LINDE, 1998; OECD, 1997c). Nas palavras de PORTER (1998: p. 164): “*o medo de perder freqüentemente mostra-se mais poderoso do que a esperança de ganhar*” [tradução própria].

Nesse sentido, é preciso reconhecer que a atual trajetória de desenvolvimento do Brasil degrada não apenas seu meio ambiente, mas também as próprias possibilidades de desenvolvimento sustentável do país. Por outro lado, pode-se imaginar uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Brasil, que transforme a questão ambiental em fator de competitividade, como colocam FERRAZ, KUPFER e HAGUENAUER (1995: p. 338):

“Dada a capacidade produtiva e tecnológica existente no país, a questão ambiental oferece a oportunidade de constituir uma das bases de renovação da competitividade das empresas brasileiras [energo- e poluente-intensivas]. Uma atitude proativa com respeito ao meio ambiente – principalmente voltada para o desenvolvimento de normas de procedimento e novas tecnologias – pode construir, a médio e longo prazo, vantagens competitivas de difícil superação pelos competidores.”

De fato, uma associação, coordenada ou não pelo governo, da indústria energo- e poluente-intensiva com a indústria de máquinas e equipamentos e de serviços ambientais, desenvolvendo segmentos de “linha verde” *ad hoc* (prilegiando atributos como a eficiência energética e a ambiental), criaria uma enorme sinergia entre diversos objetivos nacionais (comercial, ambiental, tecnológico e de geração de empregos). Assim, além de contribuir para minoração dos impactos ambientais e/ou recuperação de ecossistemas degradados por essas atividades e para a geração de empregos no país¹⁰⁶, essa associação poderia contribuir para o próprio “enobrecimento” das exportações (esse segmento do mercado internacional é bastante dinâmico), bem como para o estabelecimento de uma nova trajetória de evolução e de capacitação para a indústria energo- e poluente-intensiva do país.

Sem dúvida, tal trajetória seria mais integrada a uma eventual estratégia de desenvolvimento sustentável para o Brasil. Há diversos exemplos na literatura internacional de empresas, e países, cujos respectivos núcleos de negócios migraram de um atividade para outra, passando por atividades correlatas (KANG, 1989; AMSDEN, 1989; PORTER, 1990 e 1998; LASTRES, 1994; PROCHNIK, 1996). Todavia, há momentos que são mais propícios para promover essas mudanças do que outros. Essas “janelas de oportunidades” ocorrem em períodos de transformações profundas na economia mundial (ruptura de paradigma), nos

¹⁰⁶ Vale lembrar que as cadeias produtivas de máquinas e equipamentos “linha verde” e de serviços ambientais são muito mais intensivas em emprego (inclusive de melhor qualidade) do que a cadeia produtiva das indústrias energo- e poluente-intensivas (GELLER et al., 1992; SCHAEFFER et al., 1997). Ademais, o fato de a cadeia produtiva de tais indústrias serem, via de regra, também capital-intensivas eleva a razão capital-produto (necessidade de capital por unidade de PIB), aumentando a pressão sobre a demanda por recursos financeiros (poupança) disponíveis para financiar o investimento e a geração de renda (e emprego) no Brasil. No caso de poupança externa (aumento do passivo externo), criar-se-ia um “círculo vicioso”, visto a importância de bens energo-intensivos nas exportações brasileiras (geração de divisas).

quais todos os países - alguns, certamente, mais preparados que outros - estão submetidos à aprendizagem dos “novos tempos”¹⁰⁷ (PEREZ e SOETE, 1988).

Similarmente, a noção de que a renda econômica gerada nas atividades de maior potencial de degradação ambiental a partir de certo ponto será transferida “naturalmente” para atividades de menor potencial de degradação e/ou para preservação e proteção ambiental (“serviços ambientais” como bem superior) é de difícil sustentação, como mostra a discussão teórica sobre a curva de Kuznets ambiental (vide capítulo 2, seção 2.1). Ao contrário, no caso do Brasil, há evidências de que as empresas produtoras de bens energo-e poluente-intensivos, ainda que sejam estaticamente competitivas, apresentam uma certa rigidez estrutural de seu núcleo de negócios, reinvestindo, em boa medida, a renda econômica gerada na expansão das mesmas atividades, perpetuando o problema¹⁰⁸ (COUTINHO e FERRAZ, 1994; FERRAZ, KUPFER e HAGUENAUER, 1995). Mais ainda, a história do Brasil encontra-se repleta de exemplos de degradação ambiental sem contrapartida de geração de renda econômica que os justifiquem (CAVALCANTI, 1991).

Esse “círculo vicioso” é reforçado por falhas de mercado tanto no mercado doméstico (escassez de capital e capacitação, indefinição de direitos de propriedade etc.) quanto no internacional (“armadilhas da especialização” e barreiras protecionistas). Há também falhas de governo que contribuem para o agravamento desse quadro como, por exemplo: subsídios a atividades de maior potencial de degradação e/ou regulação ambiental permissiva.

À semelhança dos países desenvolvidos, o Brasil deveria agregar tanto valor econômico quanto possível a seus recursos naturais (o limite de curto prazo, obviamente, é dado pelo nível corrente de desenvolvimento do país) para compensar o uso de seus

¹⁰⁷ “What this means for lagging countries is that during periods of paradigm transitions there are two sorts of favourable conditions for catching up. First of all, there is time for learning while everybody else is doing so. Secondly, given a reasonable level of productive capacity and locational advantages and a sufficient endowment of qualified human resources in the new technologies, a temporary window of opportunity is open, with low thresholds of entry where it matters most” (PEREZ e SOETE, 1988).

¹⁰⁸ Ademais, uma vez que algumas dessas empresas são multinacionais, parte dessa renda é remetida para a matriz no exterior como serviços de capital (lucros e dividendos). Como essas empresas se encontram na base da cadeia produtiva e, boa parte, elaboração final de seus produtos não ocorrem no país, há poucos impactos econômicos a montante e a jusante decorrentes de suas exportações.

recursos de baixa entropia e a geração de alta entropia (degradação ambiental)¹⁰⁹. Isso porque os indivíduos não compram baixa entropia propriamente, mas sim bens e serviços que lhes satisfazem necessidades. É por isso que alguns cinzeiros de alumínio com *design* arrojado podem valer tanto quanto uma tonelada de lingotes de alumínio.

Ademais, se um país usa seus recursos de baixa entropia para produzir bens e serviços desvalorizados economicamente (em geral, *commodities* primárias e industrializadas) para o mercado internacional, está desperdiçando oportunidades de desenvolvimento. Cedo ou tarde, sua população cobrará tais perdas de oportunidade, colocando pressão extra no meio ambiente desse país.

Enfim, cabe ao país, sua classe dirigente e seu povo, decidir se a trajetória de desenvolvimento do Brasil definir-se-á pela busca das possibilidades do novo ou se, mais uma vez, esperar-se-á que o equívoco das escolhas nacionais encalhe o país na costa rasa do *status quo* e que se tenha que esperar, imóvel, a maré encher novamente até que seja possível corrigir a rota. A ilusão da certeza do caminho pretensamente seguro levou ao naufrágio várias caravelas no Cabo das Tormentas. Foi a ousadia de lançar-se no incerto, na escuridão, que iluminou a trajetória da nau de Vasco da Gama às Índias e o livrou da tragédia do fracasso. O sucesso é o reverso do risco.

¹⁰⁹ “A nation’s companies must relentlessly improve productivity in existing industries by raising product quality, adding desirable features, improving products technology, or boosting production efficiency. They must develop the necessary capabilities to compete in more and more sophisticated industry segments, where productivity is generally high. They must finally develop the capability to compete in entirely new, sophisticated industries” (PORTER, 1998).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMSDEN, A.H. (1989). *Asia's next giant: South Korea and late industrialization*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- AMORIM, C. (2001). Entrevista a *O Globo*. In: O GLOBO. *O Brasil deixou de ser ingênuo*. Rio de Janeiro: O Globo (15/02/2001).
- AGRAS, J. e CHAPMAN, D. (1999). “A dynamic approach to the environmental Kuznets curve hypothesis”, *Ecological Economics*, 28: 267-277.
- AMARAL, A.C. (1996). “A incorporação das variáveis sócio-ambientais ao processo de planejamento do setor elétrico: o caso da Amazônia”, *Revista Brasileira de Energia*, 5 (2): 271-282.
- ANDERSSON, T., FOLKE, C. e NYSTRÖM, S. (1995). *Ecology, economics, institutions and policy*. London: Earthscan.
- ANTWEILER, W. (1996). “The pollution terms of trade”, *Economic Systems Research*, 8 (4): 361-365.
- ANTWEILER, W., COPELAND, B.R. e TAYLOR, M.S. (1998). *Is free trade good for the environment?* Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- ARROW, K., BOLIN, B., COSTANZA, R., DASGUPTA, P., FOLKE, HOLLING, C.S., JANSSON, B.-O., LEVIN, S., MÄLER, K.-G., PERRINGS, C., PIMENTEL, D. (1995). “Economic growth, carrying capacity, and the environment”, *Science*, 268: 520-521.
- AUDLEY, J. (1997). *Green politics and global trade: NAFTA and the future of environmental politics*. Washington, DC: Georgetown University Press.
- AYRES, R.U. (1996). “Limits to the growth paradigm”, *Ecological Economics*, 19: 117-134.
- AYRES, R.U. (1997). “Comments on Georgescu-Roegen: Forum”, *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 285-287.
- AYRES, R. U. e KNEESE, A. (1969). “Production, Consumption, and Externalities”, *American Economic Review*, 59: 282-297.
- BACHA, E.L. (1997) “Plano Real: uma segunda avaliação”. In: IPEA/CEPAL. *O Plano Real e outras experiências de estabilização*. Brasília, D.F.: IPEA: 178-202.

- BALDWIN, R.E. (1992). "Are economists' traditional trade policy views still valid?", *Journal of Economic Literature*, XXX, junho: 804-829.
- BARBIER, E.B. (1997). "Introduction to the environmental Kuznets curve special issue", *Environment and Development Economics*, 2 (Environmental Kuznets curve special issue): 369-381.
- BARNETT, H. e MORSE, C. (1963). *Scarcity and growth*. Baltimore: The John Hopkins press.
- BARTELMUS, P. (1994). *Towards a framework for indicators of sustainable development*. New York: UN (working paper series No.7).
- BARTELMUS, P. (1999). *Greening the national accounts: approach and policy use*. New York: UN (Department of Economic and Social Affairs Discussion paper No.3).
- BARTELMUS, P. e TONGEREN, J.V. (1994). *Environmental Accounting: An Operational Perspective*. New York: UN (working paper series No.1).
- BATISTA, P.N. (1994). "Cláusula social e comércio internacional: uma antiga questão sob nova roupagem", *Política Externa*, 3 (2): 36-54.
- BATRA, R., BELADI, H. e FRASCA, R. (1998). "Environmental pollution and world trade", *Ecological Economics*, 27: 171-182.
- BATTJES, J.J., NOORMAN, K.J. e BIESIOT, W. (1998). "Assessing the energy intensities of imports", *Energy Economics*, 20: 67-83.
- BAZONI, G. (2001). *Comunicação pessoal*. Rio de Janeiro: DECNA/IBGE.
- BECKERMAN, (1992). "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?", *World Development*, 20 (4): 481-496.
- BERRAH, N.E. (1983). "Energy and development: the tunnel effect", *Revue de L'Energie*, 356, ago-set: 409-415.
- BHAGWATI, J. (1993). "Trade and the environment: the false conflict?". In: ZAELKE, D., ORBUCH, P. e HOUSMAN, R. (Eds.). *Trade and environment: law, economics, and policy*. Washington, DC, Island Press: 147-157.
- BONELLI, R., VEIGA, P.M. e BRITO, A.F. (1997). *As políticas industrial e de comércio exterior no Brasil: rumos e indefinições*. Rio de Janeiro: IPEA (texto de discussão, No 527).

- BOULDING, K. E. (1978). *Ecodynamics: a new theory of societal evolution*. Beverly Hills: Sage publications.
- BRACK, D., GRUBB, M. e WINDRAM, C. (2000). *International trade and climate change policies*. Londres: Earthscan (The Royal Institute of International Affairs).
- BRAGA, A.S.L., MIRANDA, L.C. e ALMEIDA, L.T. (2001). Comércio e meio ambiente: uma agenda positiva para o desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: MMA (XIII Fórum de Ministros de Meio Ambiente da América Latina e Caribe).
- BRYNER, G.C. (1999). "Agenda 21: mith or reality?". In: VIG, N. e AXELROD, R. (Eds.), *The global environment: institutions, law, and policy*. Washington, DC: Earthscan: 157-189.
- BULLARD, C.W. e HERENDEEN, R.A. (1975). "The energy cost of goods and services", *Energy Policy*, 3 (4): 268-278.
- BULLARD, C.W., PENNER, P.S. e PILATI, D.A. (1978). "Net energy analysis: handbook for combining process and input-output analysis", *Resources and Energy*, 1: 267-313.
- CAMEX (1998). *Programa Especial de Exportações*. Brasília, D.F.: Câmara de Comércio Exterior.
- CAMEX (2001). *Programa de Exportações 2001*. Brasília, D.F.: Câmara de Comércio Exterior.
- CARDOSO, F.H. (2000). *O Brasil em transformação e o contexto internacional*. Palestra do Senhor Presidente da República no Centro Brasileiro de Relações Internacionais. Rio de Janeiro: Brasil, Presidência da República (14/09/2000).
- CARVALHO, J.F. (1997). "Descaminhos da política energética", *Revista Brasileira de Energia*, 6 (1): 65-87.
- CASLER, S. e WILBUR, S. (1984). "Energy input-output analysis: a simple guide", *Resources and Energy*, 6: 187-201.
- CASLER, S.D. e BLAIR, P.D. (1997). "Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions", *Ecological Economics*, 22: 19-27.
- CAVALCANTI, C. (1991). "Government policy and ecological concerns: some lessons from the Brazilian experience". In: COSTANZA, R. (ed.). *Ecological economics: The*

- science and management of sustainability*. New York: Columbia University Press: 474-485.
- CAVALCANTI, M.A.F.H. e RIBEIRO, F.J. (1998). As exportações brasileiras no período 1977/96: desempenho e determinantes. Rio de Janeiro: IPEA (texto de discussão, No. 545).
- CAVES, R., FRANKEL, J. e JONES, R. (1999). *World trade and payments: an introduction*. Menlo Park, California: Addison-Wesley.
- CHANG, Y.F. e LIN, S.J. (1998). “Structural decomposition of industrial CO₂ emission in Taiwan: an input-output approach”, *Energy Policy*, 26 (1): 5-12.
- CHAPMAN, P.F. (1974). “Energy costs: a review of methods”, *Energy Policy*, 2 (2): 91-103.
- CLEVELAND, C. e RUTH, M. (1997). “When, where, and by how much do biophysical limits constrain the economic process? A survey of Nicholas Georgescu-Roegen’s contribution to ecological economics”, *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 203-223.
- COHEN, C. (2002). *Padrões de consumo, desenvolvimento e meio ambiente no Brasil*. Rio de Janeiro: UFRJ (Tese DSc., em andamento).
- COLE, M.A., RAYNER, A.J. e BATES, J.M. (1997). “The environmental Kuznets curve: an empirical analysis”, *Environment and Development Economics*, 2 (Environmental Kuznets curve special issue): 369-381.
- COSTA, M. M. (1996). *Entropia, informação e energia: uma visão desde a física até os sistemas industriais*. Rio de Janeiro: UFRJ (Tese de Msc.).
- COSTA, E.V. (1998). *Da senzala à colônia*. São Paulo: UNESP.
- COSTANZA, R. (1981). “Embodied energy, energy analysis, and economics”. In: Daly, H. e Umaña, A. (eds.). *Energy, economics, and the environment: conflicting views of an essential interrelationship*. Boulder: Westview Press: 119-145.
- COSTANZA, R., DALY, H. e BATHOLOMEW, J. (1991). “Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics”. In: COSTANZA, R. (ed.). *Ecological economics: The science and management of sustainability*. New York: Columbia University Press: 1-20.

- COUTINHO, L. e FERRAZ, J.C. (1994). *Estudo da competitividade da indústria brasileira*. Campinas: Papirus, UNICAMP.
- CPDS (2001). *Agenda 21 brasileira*. Brasília, DF: MMA (Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável).
- DALY, H. (1968). "On economics as a life science", *Journal of Political Economy*, 76: 392-406.
- DALY, H. (1974). "The world dynamics of economics growth: the economics of the steady state", *American Economic Association*, maio: 15-21.
- DALY, H. (1991). "Elements of environmental macroeconomics". In: COSTANZA, R. (ed.). *Ecological economics: The science and management of sustainability*. New York: Columbia University Press: 1-20.
- DALY, H. (1993). "Problems with free trade: neoclassical and steady-state perspectives". In: ZAELKE, D., ORBUCH, P., HOUSMAN, R. (Eds.). *Trade and environment: law, economics, and policy*. Washington, DC, Island Press: 147-157.
- DALY, H. (1997a). "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: forum", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 261-266.
- DALY, H. (1997b). "Reply to Solow/Stiglitz: forum", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 271-273.
- DALY, H. e COBB, J. (1989). *For the common good*. Boston: Beacon Press.
- DALY, H. e GOODLAND, R. (1994). "An ecological-economic assessment of deregulation of international commerce under GATT", *Ecological Economics*, 9: 73-92.
- DARMSTADER, J., DUNKERLY, J. e ALTERMAN, J. (1977). *How industrial societies use energy? A comparative analysis*. Baltimore, London: John Hopkins University.
- DEBELLEVUE, E.B., HITZEL, E., CLINE, K., BENITEZ, J.A., RAMOS-MIRANDA, J. e SEGURA, O. (1994). "The North American Free Trade Agreement: an ecological-economic synthesis for the United States and Mexico", *Ecological Economics*, 9: 53-71.
- DE BRUYN, S.M (1997). "Explaining the environmental Kuznets curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions", *Environment and Development Economics*, 2: 485-503.

- DE BRUYN, S.M., VAN DEN BERGH, J.C.J.M. e OPSCHOOR, J.B. (1998). "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves", *Ecological Economics*, 25: 161-175.
- DICKEN, P. (1998). *Global shift: transforming the world economy*. New York, London: The Guilford Press.
- DOSI, G. e SOETE, L. (1988). "Technical change and international trade". In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. e SOETE, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers.
- DOSI, G., TYSON, L. e ZYSMAN, J. (1989). "Trade, Technologies, and Development". In: JOHNSON, C., TYSON, L. e ZYSMAN, J. (eds.). *Politics and Productivity: the real story of why Japan works*. Cambridge: Ballinger.
- ECOLOGICAL ECONOMICS (1997). "Special issue - The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen", *Ecological Economics*, 22 (3).
- EKINS, P., FOLKE, C. e COSTANZA, R. (1994). "Trade, environment and development: the issues in perspective", *Ecological Economics*, 9: 1-12.
- ELETROBRÁS (1999). *Plano decenal de expansão, 2000/2009*. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- ESTY, D. (1999). "Economic integration and the environment". In: VIG, N. e AXELROD, R. (Eds.) *The global environment: institutions, law, and policy*. London: Earthscan: 190-209.
- FEARNSIDE, P.M. (1989). "The charcoal of Carajás: pig-iron smelting threatens the forests of Brazil's eastern Amazon Region", *Ambio*, 18 (2): 141-143.
- FERRAZ, J.C., KUPFER, D. e HAGUENAUER, L. (1995). *Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria*. Rio de Janeiro: Campus.
- FIELEKE, N. S. (1975). *The energy content of US exports and imports*. Washington, DC: Div. Int. Finance, Board of Governors, Federal Reserve System (Working Paper No. 51).
- FIGUEIREDO, F.O. (1979). *Introdução à contabilidade nacional*. Rio de Janeiro: Forense-Universitária.
- FLASCHEL, P.(1982). "Input-output technology assumptions and the energy requerements of commodities", *Resources and Energy*, 4: 359-389.

- FONSECA, F.F.A. (1987). "Conseqüências ecológicas da implantação da siderurgia a carvão vegetal na região da ferrovia de Carajás", *Pará Desenvolvimento*, 22: 31-40.
- FONSECA, R. G. (2000). Entrevista a O Globo. In: OLIVEIRA, E. e GOMES, W.. *Meta da balança muda outra vez*. Rio de Janeiro: O Globo (04/07/2000).
- FONSECA, R.G. (2001). Entrevista a *O Globo*. In: *O GLOBO. Brasil tem poucas armas no comércio mundial*. Rio de Janeiro: O Globo (11/03/2001).
- FREEMAN, C. e SOETE, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. Cambridge: MIT press.
- FREEMAN, S., NIEFFER, M.J. e ROOP, J.M. (1997). "Measuring industrial energy intensity: practical issues and problems", *Energy Policy*, 25 (7-9): 703-714.
- FURTADO, C. (1987). *Formação Econômica do Brasil*. São Paulo: Editora nacional.
- GANDOLFO, G. (1998). *International trade theory and policy*. Heidelberg, New York: Springer.
- GELLER, H., DE CICCO, J. e LAITNER, S. (1992). *Energy efficiency and job creation: the employment and income benefits from investing in energy conserving technologies*. Washington, DC: ACEEE.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge, London, Harvard University Press (4a ed., 1981).
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1976). "Energy and economic myths". In: GEORGESCU-ROEGEN, N.. *Energy and economic myths: institutional and analytical economic essays*. New York: Pergamon (baseado em palestra da série *Limits to growth: the equilibrium state and human society* proferida em 1972 em Yale University): 3-36.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1981). "Energy, matter, and economic valuation: where do we stand? In: DALY, H. e UMAÑA, A. (eds.). *Energy, economics, and the environment: conflicting views of an essential interrelationship*. Boulder, Westview Press: 43-79.
- GILPIN, R. (1987). *The political economy of international relations*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- GOLDBERG, D., HOUSMAN, R., VAN DYKE, B. e ZAELKE, D (1995). *The use of trade measures in select Multilateral Environmental Agreements*. Nairobi: UNEP.

- GOMES, G.M. e VERGOLINO, J.R. (1997). *Trinta e cinco anos de crescimento econômico na Amazônia (1960/1995)*. Brasília, D.F.: IPEA (texto discussão, No. 533).
- GONÇALVES, R. (1996). *The Theory of International Trade: Back to Basics*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (texto de discussão, No. 364).
- GONÇALVES, R. (2001). “Competitividade internacional e integração regional: a hipótese da inserção regressiva”, *Revista de Economia Contemporânea*, 5 (especial): 13-34.
- GOWDY, J. M. e MILLER, J. L. (1987). “Technological and demand change in energy use: an input-output analysis”, *Environment and Planning A*, 19 (10): 1387-1398.
- GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A.B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. Cambridge: National Bureau of Economic Research (Working Papers No. 3914).
- GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A.B. (1995). “Economic growth and the environment”, *Quarterly Journal of Economics*, 110 (2):353-377.
- GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A.B. (1996). “The inverted-U: what does it mean?”, *Policy Forum*, 1: 119-122.
- HAGUENAUER, L., MARKWALD, R. e POURCHET, H. (1998). *Estimativas do valor da produção industrial e elaboração de coeficientes de exportação e importação da indústria brasileira (1985-96)*. Brasília, IPEA (Texto para Discussão, 563).
- HAGUENAUER, L., BAHIA, L.D., CASTRO, P.F. e RIBEIRO, M.B. (2001). *Evolução das cadeias produtivas brasileiras na década de 90*. Brasília, DF: IPEA (texto de discussão, No. 786).
- HAN, X. e LAKSHMANAN, T.K. (1994). “Structural changes and energy consumption in the Japanese Economy 1975-85: an input-output analysis”, *The Energy Journal*, 15 (3): 165-188.
- HANNON, B., BLAZECK, T., KENNEDY, D. e ILLYES, R. (1983). “A comparison of energy intensities: 1963, 1967 and 1972”, *Resources and Energy*, 5: 83-102.
- HAYAMI, Y. (1997). *Development economics: from the poverty to the wealth of nations*. New York,: Clarendon Press, Oxford.

- HERENDEEN, R. A. (1974a). "Use of input-output analysis to determine the energy cost of goods and services". In: Macrakis, M.S. (ed.). *Energy: Demand, Conservation, and institutional problems*. Cambridge: MIT press (proceedings): 140-158.
- HERENDEEN, R. A. (1974b). "Affluence and energy demand", *Mechanical Engineering*, 10: 18-22.
- HERENDEEN, R.A. e BULLARD, C.W. (1976). "US Energy Balance of Trade, 1963-1967", *Energy Systems and Policy*, 1 (4): 383-390.
- HERENDEEN, R.A. (1978). "Energy Balance of Trade in Norway, 1973", *Energy Systems and Policy*, 2 (4): 425-432.
- HESTON, A. e SUMMERS, R. (1997). *PPPs and price parities in benchmark studies and the penn world table: uses*. Pennsylvania: University of Pennsylvania (CICUP 97-1 – prepared for presentation at Eurostat's Conference on the Value of Real Exchange Rates; Brussels, Belgium).
- HIMA, I. (1977). *História do pensamento econômico*. São Paulo: Atlas.
- HUME, D. (1737). *Tratado sobre a natureza humana*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores (4 ed. Brasileira, 1991).
- IBGE (1989). *Matriz de insumo-produto para a economia brasileira, 1980*. Rio de Janeiro, IBGE (arquivo eletrônico).
- IBGE (1995). *Matriz de insumo-produto para a economia brasileira, 1985*. Rio de Janeiro, IBGE (arquivo eletrônico).
- IBGE (1997). *Matriz de insumo-produto para a economia brasileira, 1995*. Rio de Janeiro: IBGE (arquivo eletrônico).
- IBGE (1998). *Sistema de Contas Nacionais*. Rio de Janeiro: IBGE.
- IPCC (1991). *Climate change: the IPCC response strategies*. Washington, D.C.; Covelo, CA: Island Press.
- IPCC (1996). *Guidelines for national greenhouse gas inventories: workbook (revised)*. Bracknell: UNEP, OECD, IEA, IPCC.
- IPEA (2001). *IPEADATA*. Rio de Janeiro: IPEA (<http://www.ipeadata.gov.br>).

- ISARD, W., BASSETT, K., CHOGUILL, C., FURTADO, J., IZUMITA, R., KISSIN, J., ROMANOFF, E., SEYFARTH, R. e TATLOCK, R. (1968). "On the linkage of socio-economic and ecologic systems", *Regional Science Association Papers*, 21: 79-99.
- JACKSON, J.H. (1993). "World trade rules and environmental policies: congruence or conflict?". In: ZAELKE, D., ORBUCH, P., HOUSMAN, R. (Eds.), *Trade and environment: law, economics, and policy*. Washington, DC, Island Press:219-235.
- JAYADEVAPPA, R. e CHHATRE, S. (2000). "International trade and environmental quality: a survey", *Ecological Economics*, 32: 175-194.
- JHA, V. e VOSSENAAR, R. (2000). *Breaking the deadlock: a positive agenda on trade, environment, and development?* Genebra: UNCTAD (proceeding paper from WTO Ministerial meeting in Singapore, 1996).
- JONES, T. (1998). "Economic globalisation and the environment: an overview of the linkages". In: OECD. *Globalisation and the environment: perspectives from OECD and dynamic non-member economies*. Paris: OECD: 17-28.
- KANG, T.W. (1989). *Is Korea the next Japan? Understanding the structure, strategy, and tactics of America's next competitor*. New York: The Free Press; London: Collier Macmillian Publishers.
- KANT, I. (1781). *Crítica da razão pura*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores (4 ed. Brasileira, 1991).
- KHRUSHCH, M. (1996). *Carbon emissions embodied in manufacturing trade and international freight of the eleven OECD countries*. Berkeley: University of California at Berkeley (Tese de MSc.).
- KRUGMAN, P. (1986). *Strategic trade policy and the international economics*. Cambridge: MIT press.
- KUZNETS, S. (1955). "Economic growth and income inequality", *The American Economic Review*, 45 (1): 1-28.
- LAMPREIA, L.F. (2001). Entrevista a O Globo. In: O GLOBO. *Brasil tem poucas armas no comércio mundial*. Rio de Janeiro: O Globo (11/03/2001).

- LANGE, G.M. (1998). "Applying an integrated natural resource accounts and input-output model to development planning in Indonesia", *Economic Systems Research*, 10 (2): 113-134.
- LASTRES, M.H. (1994). *The Advanced Materials Revolution and The Japanese System of Innovation*. New York: St. Martin's Press.
- LAWRENCE, R., RODRIK, D. e WHALLEY, J. (1996). *Emerging agenda for global trade: high stakes for developing countries*. Washington, DC: Overseas Development Council (Policy Essay No. 20).
- LEONTIEF, W. (1936). "Quantitative input and output relations in the economic system of the United States", *The Review of Economic Statistics*, 18 (3): 105-125.
- LEONTIEF, W. (1941). *The structure of American economy: 1919-1929*. New York: Oxford University Press.
- LEONTIEF, W. (1970). "Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach", *Review of Economics Statistics*, 52 (3): 262-271.
- LENZEN, M. (1998). "Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis", *Energy Policy*, 26 (6): 495-506.
- LINDEN, E. (2000). "Environment: The road to disaster", *Time*, 25/09/2000 (Latin American edition): 36-43.
- LIST, F. (1841). *O Sistema Nacional de Economia Política*. (3a. ed. Brasileira, 1988). São Paulo: Nova Cultural (Os Economistas).
- LUCZYNSKI, E. e SAUER, I.L. (1996). "O impacto ambiental da produção de ferro-gusa na Amazônia". In: CBE. *VII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro: UFRJ, Clube de Engenharia: 812-826.
- MACHADO, G.V. (2000). "Energy use, CO₂ emissions and foreign trade: an IO approach applied to the Brazilian case". In: IIOA. *XIII International Conference on Input-Output Techniques*. Proceedings of a Symposium, 21-25 August 2000, at Macerata, Marche, Italy (Environment II session).
- MACHADO, G.V. e SCHAEFFER, R. (1994). "Intensidade energética: conceitos, evidências internacionais e o caso brasileiro". In: SBPE. *II Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*. Campinas: UNICAMP (anais).

- MACHADO, G.V. e SCHAEFFER, R. (1997). "Patterns of energy use in the Brazilian economy: can the profile of Brazilian exports determine the future energy efficiency of its industry?". In: ACEEE. *1997 Summer Study in Industry (proceedings)*. Washington, D.C.: ACEEE. 173-184.
- MACHADO, G., SCHAEFFER, R. e WORRELL, E. (2001). "Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach", *Ecological Economics*, 39 (3): 409-424.
- MANNION, A.M. (1991). *Global environmental change: a natural and cultural environmental history*. New York: Longman (2a ed., 1997).
- MARTIN, J-M.L. (1988). "Intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industrialisés: les évolutions de très longue période livrent-elles des enseignements utiles?", *Économie et Sociétés*, abril: 9-27.
- MARX, K. (1827). *O capital*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Economistas (3a. ed. Brasileira, 1988).
- MARX, K. e ENGELS, F. (1848). *O Manifesto Comunista*. Rio de Janeiro: Paz e Terra (7a. ed. Brasileira, 1998).
- MCCOMICK, J. (1999). "The role of environmental NGOs in international regimes". In: VIG, N. e AXELROD, R. (Eds.), *The global environment: institutions, law, and policy*. Washington, DC: Earthscan: 52-71.
- MCCONNELL, K.E. (1997). "Income and the demand for environmental quality", *Environment and Development Economics*, 2: 383-399.
- MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L. e RANDERS, J. (1992). *Beyond the limits: confronting global collapse, envisioning a sustainable future*. London: Earthscan publication.
- MEDEIROS, C.A. (1997). "Globalização e a inserção internacional diferenciada da Ásia e da América Latina". In: TAVARES, M.C. e FIORI, J.L.. *Poder e dinheiro: uma economia política da globalização*. Petrópolis: Vozes.
- MEDEIROS, J.X. (1998). "Aspectos econômico-ecológicos da produção e utilização do carvão vegetal na siderurgia brasileira". In: CAVALCANTI, C. (org.). *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco: 366-398.

- MILLER, R. e BLAIR, P. (1985). *Input-output analysis: foundations and extensions.* Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- MIRANDA, J.C. (2001). Abertura comercial, reestruturação industrial e exportações brasileiras na década de 1990. Brasília, DF: IPEA (texto de discussão, No. 829).
- MIROWSKI, P. (1989). *More heat than light: economics as social physics, physics as nature's economics.* Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- MME (1999). *Balanço energético nacional.* Brasília: MME (arquivo eletrônico).
- MOOMAW, W. e UNRUH, G.C. (1997). “Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO₂ emissions”, *Environment and Development Economics*, 2: 451-463.
- MOREIRA, M.M. e CORREA, P.G. (1997). “Abertura comercial e indústria: o que se pode esperar e o que se vem obtendo”, *Revista de Economia Política*, 17 (2): 61-91.
- MUNKSGAARD, J. e PEDERSEN, K.A. (2001). “CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility?”, *Energy Policy*, 29: 327-334.
- NONNENBERG, M.J. (1998). Competitividade e crescimento das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: IPEA (texto de discussão No. 578).
- NORDSTRÖM, H. e VAUGHAN, S. (1999). *Trade and environment.* Geneva: WTO (Special Studies).
- ODUM, E.P. (1983). *Ecologia.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- OECD (1989). *Energy balances of OECD countries.* Paris: International Energy Agency.
- OECD (1993). *Trade and environment.* Paris: OECD (working paper).
- OECD (1995a). *Report on Trade and environment to the OECD Council at Ministerial Level.* Paris: OECD.
- OECD (1995b). *Environmental accounting for decision-making: summary report of an OECD seminar.* Paris: OECD.
- OECD (1997a). *Experience with the use of trade measures in the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES).* Paris: OECD.
- OECD (1997b). *Experience with the use of trade measures in the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer.* Paris: OECD.

- OECD (1997c). *Economic globalisation and the environment*. Paris: OECD.
- OECD (1998). *Trade measures in the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of the Hazardous Wastes and their Disposal*. Paris: OECD.
- OECD (1999). *Implementation of the OECD procedural guidelines: success and difficulties*. Paris: OECD, Joint Working Party on Trade and Environment (working paper).
- OECD (2000). *Transparency and consultation on trade and environment in five international organisations*. Paris: OECD, Joint Working Party on Trade and Environment (working paper).
- OLIVEIRA, D.C. (1999). *Comunicação pessoal*. Rio de Janeiro: DECNA/IBGE.
- OPSCHOOR, J.B. (1997). “The hope, faith and love of neoclassical environmental economics”, *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 281-283.
- ÖSTBLOM, G. (1982). “Energy use and structural changes: factors behind the fall in Sweden’s energy output ratio”, *Energy Economics*, 4 (1): 21-28.
- ÖSTBLOM, G. (1998). “The environmental outcome of emissions-intensive economic growth: a critical look at official growth projections for Sweden up to the year 2000”, *Economic Systems Research*, 10 (1): 19-29.
- PANAYOTOU, T. (1997). “Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool”, *Environment and Development Economics*, 2: 465-484.
- PATEL, M., JOCHEM, E., MARSCHEIDER-WEIDEMANN, F. e WORRELL, E. (1999). “CO₂ emissions from non-energy use: methodological aspects and a case study for Germany”, *Ambio*, 28 (2): 175-181.
- PEARCE, D. (1997). “Substitution and sustainability: some reflections on Georgescu-Roegen”, *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 295-297.
- PEARCE, D. e WARFORD, J. (1993). *World without end: economics, environment and sustainable development*. Washington, DC, the World Bank; New York, Oxford University Press.
- PEARCE, D. e TURNER, K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The John Hopkins University Press.

- PEARSON, C., 1993. "The trade and environment nexus: what is new since '72?". In: ZAELKE, D., ORBUCH, P., HOUSMAN, R. (Eds.), *Trade and environment: law, economics, and policy*. Washington, DC, Island Press: 23-32.
- PEREIRA, T. e CARVALHO, A. (1998). *Abertura comercial, mark ups setoriais domésticos e rentabilidade relativa das exportações*. Brasília, DF: IPEA.
- PEREZ, C. e SOETE, L. (1988). "Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity". In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. e SOETE, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers.
- PHYLIPSEN, G.J., BLOK, K. e WORRELL, E. (1997). "International comparisons of energy efficiency methodologies for the manufacturing industry", *Energy Policy*, 25 (7-9): 715-725.
- PHYLIPSEN, G.J., BLOK, K. e WORRELL, E. (1998). *Handbook on international comparisons of energy efficiency in the manufacturing industry*. Utrecht: Utrecht University.
- PINHEIRO, A.C. e MOREIRA, M.M. (2000). "O perfil dos exportadores brasileiros de manufaturados nos anos 90: quais implicações de política?" In: VEIGA, P.M. (Ed.). *O Brasil e os desafios da globalização*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará.
- POLENSKE, K. (2000). "Leontief's magnificent machine and other contributions to applied economics". In: IIOA. *XIII International Conference on Input-Output Techniques*. Proceedings of a Symposium, 21-25 August 2000, at Macerata, Marche, Italy (Special Session 1, in Memory of Wassily W. Leontief).
- POPPER, K. (1959). *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix (9 ed. Brasileira, 1993).
- PORTER, M.E. (1990). A vantagem competitiva das nações. Rio de Janeiro: Campus (1 ed. Brasileira, 1993).
- PORTER, M.E. (1998). "The competitive advantage of nations". In: PORTER, M. (ed). *On competition*. Boston: Harvard Business Review Book (1 ed. do artigo em mar.-abr. 1990): 155-.195.
- PORTER, M.E. e VAN DER LINDE, C. (1998). "Green and competitive: ending the stalemate". In: PORTER, M. (ed). *On competition*. Boston: Harvard Business Review Book (1 ed. do artigo em set.-out. 1995): 351-.375.

- PREBISCH, R. (1959). "Commercial policy in the underdevelopment countries", *American Economic Review*, 49, maio: 251-273.
- PRIGOGINE, I. (1967). *Thermodynamics of Irreversible Processes*. New York: Wiley.
- PROCHNIK, V. (1996). "A cooperação entre empresas como impulsora da inovatividade: (proposta para as empresas nacionais)". In: CASTRO, A.B., POSSAS, M.L. e PROENÇA, A. (org.). *Estratégias Empresariais na indústria brasileira: discutindo mudanças*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- PROOPS, J.L. (1983). "Modeling the energy-output ratio", *Energy Economics*, 6 (1): 47-51.
- PROOPS, J.L., ATKINSON, G., SCHLOTHEIM, B.F.V. e SIMON, S. (1999). "International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment", *Ecological Economics*, 28: 75-97.
- QUESNAY, F. (1758). *Análise do quadro econômico*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Economistas (3a. ed. Brasileira, 1988).
- RAMOS, R.L.O. (1996). *Metodologias para o cálculo de coeficientes técnicos diretos em um modelo de insumo-produto*. Rio de Janeiro: IBGE (Working Paper No. 83).
- RAMOS, R.L.O. (2000). *Comunicação pessoal*. Rio de Janeiro: DECNA/IBGE.
- RAMOS, R.L. e ZONENSCHAIN, C.N. (2000). "The performance of the Brazilian imports and exports based on the System of National Accounts: 1980-1998". In: II OA. *XIII International Conference on Input-Output Techniques*. Proceedings of a Symposium, 21-25 August 2000, at Macerata, Marche, Italy (Effects of Trade).
- REIS, E.J. e MARGULIS, S. (1991). *Perspectiva econômicas do desflorestamento da Amazônia*. Rio de Janeiro: IPEA (texto de discussão, No. 215).
- RICARDO, D. (1817). *Princípios de economia política e tributação*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Economistas (3a. ed. Brasileira, 1988).
- RICUPERO, R. (2000). "Há futuro para o comércio exterior brasileiro?", *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, 62 (1).
- RIZZO, H.G. (2001). "Programa Nacional de Monitoramento Ambiental Integrado – MONITORE". In: GARAY, I.E.G. e DIAS, B.F.S., *Concervação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Petrópolis: Vozes: 59-67.

- ROOP, J. (1986). "The trade effects of energy use in the US economy: an input-output". In IAEE. *Proceedings, 8th Annual North American Meeting of the International Association of Energy Economics*. Washington, DC: 142-146.
- ROOP, J. (1987). *Energy implications of structural change in the United States economy*. Richland, WA: Pacific Northwest Laboratory. Paper delivered to the IEA-Energy Demand Analysis Symposium, October 12-14, Paris: 215-231.
- RØPKE, I. (1994). "Trade, development and sustainability – a critical assessment of the 'free trade dogma'", *Ecological Economics*, 9: 13-22.
- ROSA, L.P. e SCHAEFFER, R. (1994). "Greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs", *Ambio*, 23 (2): 164-165.
- ROSA, L.P., SIGAUD, L., LA ROVERE, E.L. e MAGRINI, A. (1995). *Estado, energia elétrica e meio ambiente: o caso das grandes barragens*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- ROSA, L.P., e SCHAEFFER, R. (1995). "Global warming potencials: the case of emissions from dams", *Energy Policy*, 23 (2): 149-158.
- ROSA, L.P., SCHAEFFER, R. e SANTOS, M.A. (1996). "Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases?", *Environmental Conservation*, 23 (1): 2-6.
- ROSA, L.P. e TOLMASQUIM, M.T. (1993). "An analytical model to compare energy-efficiency indices and CO₂ emissions in developed and developing countries", *Energy Policy*, 21 (3): 276-283.
- ROTHMAN, D.S. (1998). "Environmental Kuznets curves – real progress or passing the buck? A case for consumption-based approaches", *Ecological Economics*, 25: 177-194.
- SÁ, A.L. (1997). *A energia embutida no comércio internacional brasileiro*. Rio de Janeiro: UFRJ (Tese MSc.).
- SANTOS, T. (2000). *A teoria da dependência*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.
- SCHAEFFER, R. e SÁ, A.L. (1996). "The embodiment of carbon associated with Brazilian imports and exports", *Energy Conversion and Management*, 37 (6-8): 955-960.
- SCHAEFFER, R., MACHADO, G.V. e MACHADO, A.C. (1997). "Uso eficiente de energia elétrica e geração de empregos: o caso do setor residencial brasileiro". In:

- SNTPEE. *Sessão Técnica Especial: Conservação de Energia Elétrica* (anais). Belém: SNTPEE.
- SCHAEFFER, R. e SZKLO, A. (2001). "Future electric power technology choices of Brazil: a possible conflict between local pollution and global climate change", *Energy Policy*, 29 (5): 355-369.
- SCHECHTMAN, R., SZKLO, A. e SALA, J. (1999). *Inventário de emissões de gases de efeito estufa*. Estudo realizado para o Ministério de Ciência e Tecnologia do Brasil no âmbito do Projeto BRA/95/G31 Enabling Brazil to fulfill its commitments to the UN Framework on Climate Change. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- SCHIFF, M. (1994). *Commodity exports and the adding-up problem in LDCs: trade, investment and lending policy*. Washington, DC: World Bank (working paper).
- SERRA, J. (1998). "ALCA, Mercosul e abertura externa brasileira", *Política Externa*, 7 (1).
- SMITH, A. (1776). *A riqueza das nações*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Economistas (3a. ed. Brasileira, 1988).
- SÖLLNER, F. (1997). "A reexamination of the role of the thermodynamics for environmental economics", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 175-201.
- SOLOW, R. (1956). "Technical change and the aggregate production function", *The Review of Economics and Statistics*, 39, ago: 312-320.
- SOLOW, R. (1974). "The economics of resources or the resources of economics", *American Economic Review*, 66, maio (Richard T. Ely Lecture):1-14.
- SOLOW, R. (1997). "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: reply", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 267-268.
- SOROOS, M. (1999). "Global institutions and the environment: an evolutionary perspective". In: VIG, N. e AXELROD, R. (Eds.), *The global environment: institutions, law, and policy*. Washington, DC: Earthscan: 27-51.
- STEPHENSON, J. e SAHA, G.P. (1980). "Energy balance of trade in New Zealand", *Energy Systems and Policy*, 4 (4): 317-326.

- STEVENS, C. (1993). "The Organization for Economic Cooperation and Development and the re-emergence of the trade and environment debate". In: ZAELKE, D., ORBUCH, P., HOUSMAN, R. (Eds.), *Trade and environment: law, economics, and policy*. Washington, DC, Island Press: 83-92.
- STIGLITZ, J.E. (1997). "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: reply", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 269-270.
- SUMMERS, R. e AHMAD, S. (1974). *Better estimates of dollar Gross Domestic Product for 101 countries: exchange rate bias eliminated*. Pennsylvania: University of Pennsylvania (discussion paper, No. 297).
- SUMMERS, R. e HESTON, A. (1991). "The penn world table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950-1988", *Quartely Journal of Economics*, CVI (2).
- SURI, V. e CHAPMAN, D. (1998). "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, 25 (Special Issue: The environmental Kuznets curve): 195-208.
- STROUT, A.M. (1985). "Energy-intensive materials and the developing countries", *Materials and Society*, 9 (3): 281-330.
- THE ECONOMIST (1999). "Embracing greenery". 09/10/1999.
- THOMAS, C. (1992). *The environment in international relations*. Londres: The Royal Institute of International Affairs.
- TISDELL, C. (1997). "Capital/natural resource substitution: the debate of Georgescu-Roegen (through Daly) with Solow/Stiglitz", *Ecological Economics*, 22 (3 – Special Issue: The contribution of Nicholas Georgescu-Roegen): 289-291.
- TOBEY, J.A. (1990). "The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: an empirical test", *Kyklos*, 43 (2): 191-209.
- TOLMASQUIM, M.T., SCHAEFFER, R. e MACHADO, G. (2000). Energia e carbono embutidos no comércio internacional brasileiro. Estudo preparado para o Ministério de Ciência e Tecnologia no âmbito do Projeto BRA/95/G-31 "General description of steps taken to implement the United Nations Framework Convention on Climate Change".

- TOLMASQUIM, M.T. e SZKLO, A. [Org.] (2000). *A Energia na Virada do Milênio: A Matriz Energética do Brasil - 1998-2010*. Rio de Janeiro: ENERGE.
- TORRAS, M. e BOYCE, J.K. (1998). "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, 25: 147-160.
- UMAÑA, A. (1981). "Toward a biophysical foundation for economics". In: DALY, H. e UMAÑA, A. (eds.). *Energy, economics, and the environment: conflicting views of an essential interrelationship*. Boulder, Westview Press: 21-41.
- UN (1992). *United Nations Sustainable Development, Agenda 21*. New York: UN.
- UNCTAD (1992). Commodities: a struggle to survive. Genebra: UNCTAD (paper UNCTAD/PSM/CAS/380/ADD. 12).
- UNCTAD (1994). *World investment report: transnational corporations, employment and the workplace*. Genebra: UN.
- UNCTAD (1997). Trade and environment matters: Note-by the Secretary-General. Genebra: UNCTAD-UN (Report prepared by UNCTAD for the United Nations General Assembly Economic and Social Council: A/S-19-4, E/1997/13).
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York, UN.
- UNRUH, G.C. e MOOMAW, W.R. (1998). "An alternative analysis of apparent EKC-type transitions", *Ecological Economics*, 25: 221-229.
- UNSTAT (2000). *News from the United Nations Statistics Division*. New York: UN.
- US CONGRESS (1990). *Energy use and the US economy*. Washington, DC: Congress of the USA, Office of Technology Assessment.
- US DOC (1998). *Benchmark input-output accounts of the United States, 1992*. Washington, DC: Bureau of Economic Analysis.
- US DOC (2000). Economic accounts. Washington, D.C.: Bureau of Economic Analysis.
- US DOE (1989). *Energy's role in international trade: structural change and competitiveness*. Washington, DC: Office of Policy Planning and Analysis.
- US DOE (2000). *Energy Statistics*. Washington, DC: Energy Information Administration.

- US CENSUS BUREAU (1997). *Statistical Abstract of the United States*. Washington, DC: US CENSUS BUREAU.
- VAN DER LINDE (1993). "The micro-economic implications of environmental regulation: a preliminary framework". In: OECD. *Environmental policies and industrial competitiveness*. Paris: OECD: 69-77.
- VEIGA, P.M. (2000). "As transformações na indústria e o desempenho das exportações brasileiras nos anos 90". In: VEIGA, P.M. (Ed.). *O Brasil e os desafios da globalização*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará.
- VICENT, J. (1997). "Testing for environmental Kuznets curves within a developing country", *Environment and Development Economics*, 2: 417-431.
- VOGEL, D. (1999). The politics of trade and environment in the United States. Berkeley: University of California, Berkeley (BRIE, working paper 94).
- VOSSENAAAR, R., HOFFMANN, U. e JHA, V. (1999). *Trade and environment: proposals and their possible implications for developing countries*. Genebra: UNCTAD (background paper for the Seattle Ministerial Conference, presented in Los Baños, Philippines).
- WALRAS, L. (1874). *Compêndio dos elementos de economia política pura*. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Economistas (3a. ed. Brasileira, 1988).
- WCED (1987). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: FGV(1 Ed. Brasileira, 1988).
- WHALLEY, J. (1996). "Trade and environment, the WTO, and the developing countries". In LAWRENCE, R., RODRIK, D. e WHALLEY, J. (eds.). *Emerging agenda for global trade: high stakes for developing countries*. Washington, D.C.: Overseas Development Council (Policy Essay, 20): 81-98.
- WIER, M. (1998). "Sources of changes in emissions from energy: a structural decomposition analysis", *Economic Systems Research*, 10 (2): 99-112.
- WILLIAMS, R.H., LARSON, E.D. e ROSS, M.H. (1987). "Materials, affluence, and industrial energy use", *Annual Review of Energy*, 12: 99-144.
- WILLIAMSON, J. (1983). *A economia aberta e a economia mundial: um texto de economia internacional*. Rio de Janeiro: Campus.
- WORLD BANK (1990). *World tables*. Washington, DC: World Bank.

- WORLD BANK (1992). *World development report: development and the environment*. Washington, DC: Worldbank, Oxford University Press.
- WRIGHT, D.J. (1974). "Goods and services: an input-output analysis", *Energy Policy*, 2 (4): 307-315.
- WTO (1999). *High Level Symposium on trade and environment*. Genebra: WTO (background paper).
- WTO (2001). *Ministerial Declaration: adopted on 14 November 2001*. Doha: WTO.
- WYCKOFF, A.W. e ROOP, J.M. (1994). "The embodiment of carbon in imports of manufactured products: implications for international agreements on greenhouse gas emissions", *Energy Policy*, 22 (3): 187-194.
- YANG, J.C. (1998). "Sustainability challenges in the information age". In: OECD. *Globalisation and the environment: perspectives from OECD and dynamic non-member economies*. Paris: OECD: 65-74.
- YOUNG, C.E.F. (1996). *Industrial pollution and export-oriented policies in Brazil*. Working Paper No 383, Rio de Janeiro, IE/UFRJ.
- YOUNG, C.E.F. (2000a). *International trade and industrial emissions in Brazil*. In: II OA, XIII International Conference on Input-Output Techniques. Proceedings of a Symposium, 21-25 August 2000, at Macerata, Marche, Italy (Environment session).
- YOUNG, C.E.F. (2000b). *Comunicação pessoal*. Rio de Janeiro: IE/UFRJ.
- ZHANG, Z.X. e ASSUNÇÃO, L. (2001). "Domestic climate policies and the WTO", *JEL*, Q28, Q25, Q48, Q43, F18: 1-28.