

LAYZA DA ROCHA SOARES

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E
DESACOPLAMENTO DO USO DE RECURSOS
NATURAIS E DE IMPACTOS AMBIENTAIS:**
Evidências para o Brasil



ARARAQUARA – SP
2015

LAYZA DA ROCHA SOARES

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E
DESACOPLAMENTO DO USO DE RECURSOS
NATURAIS E DE IMPACTOS AMBIENTAIS:
Evidências para o Brasil**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Luciana Togeiro de Almeida

Co-orientador: Mario Augusto Bertella

Bolsa: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

ARARAQUARA – SP
2015

Soares, Layza da Rocha

CRESCIMENTO ECONÔMICO E DESACOPLAMENTO DO USO DE
RECURSOS NATURAIS E DE IMPACTOS AMBIENTAIS:
evidências para o Brasil / Layza da Rocha Soares –
2015

144 f.

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
Faculdade de Ciências e Letras (Campus Araraquara)

Orientador: Luciana Togeiro de Almeida

Coorientador: Mario Augusto Bertella

1. crescimento econômico. 2. desenvolvimento
sustentável. 3. desacoplamento. 4. indicadores
ambientais. 5. recursos naturais. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo sistema automatizado
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LAYZA DA ROCHA SOARES

CRESCIMENTO ECONÔMICO E DESACOPLAMENTO DO USO DE RECURSOS NATURAIS E DE IMPACTOS AMBIENTAIS: Evidências para o Brasil

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof^a Dr^a. Luciana Togeiro de Almeida

Co-orientador: Prof. Dr. Mario Augusto Bertella

Bolsa: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Data da defesa: __ 09 __ / __ 09 __ / 2015 __

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Professora Doutora Luciana Togeiro de Almeida
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Membro Titular: Professor Doutor Roldan Muradian
Universidade Federal Fluminense

Membro Titular: Professora Doutora Maria Amélia Rodrigues da Silva Enriquez
Universidade Federal do Pará

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

Ao meu querido pai, Sebastião Soares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha querida Professora Luciana Togeiro de Almeida pela orientação, confiança, por me mostrar que posso alcançar e muitas vezes ultrapassar os meus objetivos, por seu rigor conceitual, formal e estético que contribuíram muito com o meu desenvolvimento, além de sua “visão de mundo”. Admiro-a muito e sou grata por seu apoio e amizade.

Ao meu co-orientador Professor Mario Augusto Bertella pelas sugestões principalmente na fase inicial da dissertação. E à Professora Mônica Yukie Kuwahara pela grande influência e apoio nos estudos do mestrado.

À minha querida irmã, Lélia Cristina da Rocha Soares, pela participação, incentivo, influência que teve na minha formação. Aproveito o ensejo para agradecer minha querida mãe e padrinhos pelo apoio e carinho.

Aos meus amigos Stephano, Thaís, Sidnei, Ivan e Fábio pelas alegrias, discussões teóricas e pragmáticas, e às companheiras Graziela e Grumete pela cumplicidade durante o período de construção desse trabalho.

À minha grande amiga Maíra Wick por todo carinho e auxílio. Ao Victor Alem pela compreensão e tolerância durante dois anos do mestrado.

Aos professores do curso de Mestrado em Economia, com os quais tive contato durante e após o cumprimento das disciplinas, em especial: Érika Capelato, Adilson Marques Gennari, André Luiz Correa e Alexandre Sartoris Neto.

Ao professor Mario Luiz Possas sou muito grata pelo excelente curso de Dinâmica Macroeconômica, visto que modificou a maneira com a qual passei a compreender e estudar a teoria econômica, muito benéfica para o meu amadurecimento acadêmico.

Aos técnicos e à bibliotecária do DNPM que foram muito solícitos e contribuíram muito com a extração e tratamento dos dados sobre mineração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro sem o qual eu não poderia me dedicar ao curso.

E ao meu querido pai, a quem dedico esta dissertação, serei eternamente grata por sempre incentivar os meus estudos e teve um papel fundamental na minha formação.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo investigar a relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente no Brasil através da construção de indicadores de desacoplamento de recursos naturais e de impactos ambientais. Fundamenta-se nos trabalhos empíricos que tratam dessa relação e na discussão sobre desacoplamento, que é o conceito-chave da Iniciativa Economia Verde e está inserido na literatura teórica sobre desenvolvimento sustentável à luz das escolas de pensamento Economia Ambiental e Economia Ecológica. Para alcançar o propósito desta pesquisa, são mensurados indicadores de uso de recursos pelo método de *Material Flow Accounting* (MFA), compostos por todas as categorias de materiais (biomassa, combustíveis fósseis, minerais metálicos e minerais não metálicos) para o período entre 1970 e 2013; e utilizam-se indicadores de impactos referentes a diferentes dimensões ambientais (atmosfera, terra, água, biodiversidade, saneamento). Os resultados demonstram um alto crescimento do consumo *per capita* de recursos naturais e das exportações de materiais nos 44 anos de estudo, tendo como principais recursos extraídos a biomassa e secundariamente os minerais não metálicos. O Brasil apresenta uma Balança Comercial Física deficitária em especial pelas exportações de biomassa (soja, cana-de-açúcar) e minérios metálicos (ferro), e ainda é dependente das importações de combustíveis fósseis e de minerais químicos (fertilizantes). Verificam-se também melhorias na maioria dos indicadores ambientais, em especial a redução das emissões de GEE entre 1990 e 2012, em razão da diminuição das taxas de desmatamento da Amazônia Legal. Estas evidências empíricas corroboram com a ocorrência de desacoplamento absoluto de impactos ambientais - exceto aqueles que se referem à dimensão terra - e acoplamento de recursos naturais no Brasil, indicando, que por um lado, o país caminha em direção a um crescimento mais sustentável e, por outro lado, se afasta pelo aumento do consumo de recursos naturais devido à manutenção do modelo de desenvolvimento econômico intensivo em recursos e voltado para exportação de produtos primários.

Palavras-chave: Crescimento econômico, desenvolvimento sustentável, desacoplamento, indicadores ambientais, recursos naturais, impactos ambientais.

Abstract

The present dissertation aims to investigate the long-term relationship between economic growth and the environment in Brazil through the construction of resource and impact decoupling indicators. The study is embedded on empirical studies which address that relationship as well as on the discussion about decoupling - the key concept of the Green Economy Initiative, which can be found within the realm of the theoretical literature on sustainable development from the two schools of thought - Environmental Economics and Ecological Economics. To this end, indicators of resource use by the Material Flow Accounting method (MFA) are measured consisting of all categories of materials (biomass, fossil fuels carriers, non-metallic minerals and metallic minerals) for the period between 1970 and 2013. In addition, indicators of impacts related to different environmental aspects (air, land, water, biodiversity, sanitation) are used in the course of our analysis. The results show a high growth in per capita consumption of natural resources and exports of materials in the 44 years of study, where the resources extracted are mainly biomass while non-metallic minerals are secondary. Brazil has a deficit Physical Trade Balance owing especially to the exports of biomass (soybean, sugarcane) and metal ores (iron), and is still found to be dependent on the imports of fossil fuels and chemical minerals (fertilizer). Improvements in environmental indicators are also verified, particularly a reduction of GHG emissions between 1990 and 2012, as a result of the decrease in deforestation rates in the Legal Amazon. This empirical evidence, in effect, is in line with the occurrence of absolute decoupling of environmental impacts – with the exception of those that relate to earth dimension - and the coupling of natural resources in Brazil. This result is a clear indication that although the country is moving toward a more sustainable growth pattern, it is, however, digressing off the sustainable path thanks to the dramatic increase in the consumption of natural resources heightened by the maintenance of the resource intensive model of economic development guided by the export of primary products

Keywords: economic growth, sustainable development, decoupling, environmental indicators, natural resources, environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Economia dos Recursos Naturais.....	21
Figura 2 - Estrutura de <i>midpoint</i> e <i>endpoint</i> de LCA.....	32
Figura 3 - Fluxo de materiais em toda a economia.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de estudos empíricos sobre desacoplamento.....	43
Quadro 2 - Relação de trabalhos empíricos sobre crescimento econômico e meio ambiente.....	48
Quadro 3 - Indicadores de fluxo material e derivados.....	56
Quadro 4 - Extração Doméstica de biomassa.....	58
Quadro 5 - Extração doméstica de minérios metálicos.....	65
Quadro 6 - Extração Doméstica de minérios não metálicos.....	63
Quadro 7 – Extração doméstica de combustíveis fósseis.....	64
Quadro 8 – Classificação do fluxo de comércio internacional.....	65
Quadro 9 – Resultados de desacoplamento de impactos ambientais no Brasil.....	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desacoplamento de recursos e de impacto.....	18
Gráfico 2 - Extração de matéria global em bilhões de toneladas, 1900-2005.....	35
Gráfico 3 - Taxa metabólica global e renda per capita 1900-2005.....	36
Gráfico 4 - Consumo doméstico de materiais <i>per capita</i> (em toneladas) e PIB <i>per capita</i> – em mil R\$ de 2013 (1970-2013)	76
Gráfico 5 - Taxas de crescimento anuais do PIB e DMC, em termos <i>per capita</i> (1971-2013)	77
Gráfico 6 - Extração doméstica de materiais <i>per capita</i> (em toneladas) e do PIB <i>per capita</i> - em mil R\$ de 2013 (1971-2013)	80
Gráfico 7 - Balança Comercial Física em milhões de toneladas (1970-2013).....	81
Gráfico 8 - Exportações brasileiras de materiais em mil toneladas (1970 - 2013).....	81
Gráfico 9 - Importações brasileiras de recursos materiais em mil toneladas (1970-2013).....	82
Gráfico 10 - Valor (US\$ de 2000) de cada tonelada importada e exportada (1970-2013).....	83
Gráfico 11 - Extração de Biomassa em milhões de toneladas (1970-2013).....	85
Gráfico 12 - Exportação de biomassa em toneladas (1970-2013)	85
Gráfico 13 - Extração de minérios metálicos e minerais não metálicos em toneladas (1970-2013)	86
Gráfico 14 - Exportações de minérios metálicos em mil toneladas (1970-2013).....	87
Gráfico 15 - Importações de Minerais metálicos em mil toneladas (1970-2013)	88
Gráfico 16 - Importações de combustíveis fósseis em mil toneladas (1970-2013)	89
Gráfico 17 - Extração doméstica de combustíveis fósseis em toneladas (1970-2013).....	90
Gráfico 18 - Repartição da oferta interna de energia em 1970 e 2013.....	91
Gráfico 19 – PIB (R\$ de 2013) e emissões de GEE <i>per capita</i> em mil toneladas (1990-2012).....	93
Gráfico 20 – Evolução das emissões de GEE por setores em mil toneladas (1990 – -2012)..	94
Gráfico 21 – PIB <i>per capita</i> (R\$ de 2013) e emissões de SDOs (1990-2013).....	95

Gráfico 22 – Área desmatada (km ²) e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	96
Gráfico 23 – Taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal (1988-2013).....	97
Gráfico 24 – PIB (em milhões R\$ de 2013) e uso de fertilizantes (Kg/ha).....	97
Gráfico 25 – Uso da terra (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013)	98
Gráfico 26 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l) e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	99
Gráfico 27 – Índice de Qualidade da Água e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	100
Gráfico 28 – Qualidade das águas de praias (NMP/100 ml) e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	100
Gráfico 29 – Áreas de proteção marinhas e terrestres (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013).	101
Gráfico 30 – Estoque de peixes (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	102
Gráfico 31 – Acesso da população à água potável e PIB (em milhões R\$ de 2013)	103
Gráfico 32 – Acesso da população a esgotamento sanitário e PIB (em milhões R\$ de 2013)	104
Gráfico 33 – Acesso da população ao serviço de coleta de lixo doméstico e PIB (em milhões R\$ de 2013)	104
Gráfico 34 – Destinação final do lixo coletado (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013).....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de conversão e taxa de recuperação para resíduos de culturas padronizados para América Latina e Caribe.....	59
Tabela 2 - Consumo de alimentos por animais de pastagens (em toneladas)	60
Tabela 3 - Taxas de crescimento dos indicadores de recursos - período entre 1970 e 2013....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFCs	Clorofluorcarbonos
CKA	Curva de Kuznets Ambiental
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
COMTRADE	Common format for Transient Data Exchange for power System
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DE	Domestic Extraction
DMC	Domestic Material Consumption
DMI	Direct Material Input
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPO	Domestic Processed Output
EIO-LCA	Economic Input-Output Life-Cycle Assessment
EMC	Environmentally weighted Material Consumption
EUROSTAT	Statistical Office of the European Union
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division
HCFCs	Hidroclorofluorocarbonos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IDA	Index Composition Analysis
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade da Água
ISEW	Index of Sustainable Economic Welfare
LCA	Life-Cycle Assessment
LGN	Líquido de gás natural
MFA	Material Flow Accounting
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NAS	Net Additions to Stock
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNL	Produto Nacional Líquido
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PTB	Physical Trade Balance
RPPNs	Reservas Particulares do Patrimônio Natural
SERI	Sustainable Europe Research Institute
SITC	Standard International Trade Statistics
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TEC	Total Primary Energy Consumption
TMR	Total Material Request
UCs	Unidades de Conservação
UNESCO	United National Educational Scientific and Cultural Organization
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA TEÓRICA E EMPÍRICA SOBRE A RELAÇÃO DE LONGO PRAZO ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE	18
2.1 Definições de desacoplamento	18
2.2 Crescimento econômico e meio ambiente: abordagens teóricas	19
2.3 Métodos utilizados em estudos empíricos sobre desacoplamento	30
2.4 Evidências empíricas internacionais de desacoplamento	34
2.5 Estudos empíricos sobre a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental para o Brasil	44
2.6 Considerações Finais sobre a revisão teórica e empírica	49
3. METODOLOGIA DO ESTUDO EMPÍRICO DE DESACOPLAMENTO PARA O BRASIL	52
3.1 Indicadores de uso de recursos: metodologia e fonte de dados	52
3.1.1 Contabilidade do Fluxo Material: conceitos e princípios	52
3.1.2 Biomassa	57
3.1.3 Minérios metálicos e minerais não metálicos	61
3.1.4 Combustíveis Fósseis	64
3.1.5 Importações e exportações	65
3.2 Indicadores de impacto: composição, tipo de pressão ambiental e fonte de dados	67
3.3 Indicadores socioeconômicos	73
4. RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO DE DESACOPLAMENTO NO BRASIL	75
4.1 Desacoplamento de recursos naturais	75
4.1.1 Consumo nacional de biomassa	83
4.1.2 Consumo nacional de minérios metálicos e minerais não metálicos	86
4.1.3 Consumo nacional de combustíveis fósseis	88
4.1.4 Considerações finais sobre consumo doméstico de materiais	90
4.2 Desacoplamento de impactos ambientais	92
4.2.1 Atmosfera	92
4.2.2 Terra	95
4.2.3 Água	98
4.2.4 Biodiversidade	101
4.2.5 Saneamento	102
4.2.6 Considerações finais sobre as dimensões ambientais	105
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
REFERÊNCIAS	113
APÊNDICES	122
ANEXOS	141

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as implicações da atividade econômica sobre os ecossistemas tem aumentado cada vez mais nas últimas quatro décadas. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2012) demonstra que nesse período o crescimento e a prosperidade sem precedentes da economia mundial são acompanhados pelo aumento das pressões ambientais, tanto pela emissão de poluentes e geração de resíduos quanto pelo maior uso de recursos naturais. E, por esta razão, a OCDE alerta que o modelo de crescimento econômico atual com sua má gestão de recursos naturais, pode afetar em grande medida o desenvolvimento humano.

Em 1972, na primeira conferência internacional sobre o meio ambiente, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, surgem discussões sobre os limites do crescimento econômico devido ao uso dos recursos naturais. Na mesma década, a publicação do Relatório do Clube de Roma, intitulado “*Limits to Growth*” (MEADOWS et al., 1972), atrai grande controvérsia, pois enfatiza a necessidade de crescimento zero para evitar uma catástrofe ambiental (ROMEIRO, 2001).

Em 2004, Meadows et al., no livro “*Limits to Growth: The 30-Year Update*”, afirmam que, desde o ano de 1972¹, em resposta à crescente “pegada humana” (atividade antrópica), ocorreram muitas mudanças positivas que proporcionaram maior conscientização ambiental e avanços tecnológicos, tais como mudanças nas preferências dos consumidores, criação de novas instituições e acordos ambientais multilaterais, introdução de tecnologias mais limpas entre outras. No entanto, essas mudanças não foram suficientes para reduzir as pressões ambientais. E os autores concluem de forma semelhante ao primeiro trabalho (*Limits to Growth*, 1972): a indisponibilidade de recursos naturais, de energia e a incapacidade do planeta absorver poluentes são fatores que conduzirão o sistema econômico ao colapso; e o principal fator limitante do crescimento econômico será o excesso de resíduos provenientes da transformação de recursos naturais acima da capacidade de assimilação do ecossistema, e não propriamente a escassez de recursos como previsto no relatório em 1972.

Meadows et al. (2004) argumentam que os custos da exploração das fontes de recursos e de locais para disposição de resíduos do globo, resultantes de uma combinação de fatores físicos, ambientais e sociais, elevar-se-ão até o ponto de tornar o crescimento da indústria

¹ Ano da primeira edição. Posteriormente ocorre uma continuidade deste trabalho com as obras *Beyond to Limits* (1992) e *Limits to Growth: The 30-Year Update* (2004), que apresentam atualizações das informações e do modelo computacional *World3* de sistemas dinâmicos (MEADOWS et al., 2004).

insustentável. Isto porque para que a economia mundial mantenha o fluxo de materiais essenciais para o seu funcionamento serão necessárias elevadas e crescentes quantidades de energia e de capital, os quais possuem uma relação inexorável com o aumento da extração de recursos, a depleção de materiais não renováveis e o esgotamento da capacidade de absorção do meio ambiente (MEADOWS et al., 2004). Dessa forma, segundo os autores, caso não ocorra uma mudança relevante dos padrões de crescimento econômico, os fatores que produziram a expansão da economia com riqueza material, serão os mesmos a conduzi-la à contração, e conseqüentemente, ao colapso.

Estes trabalhos que apresentam evidências empíricas sobre os limites do crescimento em geral são vistos com ressalva, uma vez que o “crescimento econômico tornou-se o principal objetivo da política de governos e partidos políticos de todos os tipos. Há uma crença generalizada de que o crescimento econômico é uma pré-condição para se alcançar todos os outros objetivos econômicos e sociais”² (VICTOR, 2008, p. 92, tradução nossa). Segundo Victor (2008), da mesma forma que se argumenta que o crescimento econômico gera ganhos para toda a sociedade, promovendo maior equidade social, argumenta-se também que o crescimento econômico é uma condição necessária para a melhoria do meio ambiente. Todavia, o autor afirma que as políticas que visam apenas o crescimento da economia com a perspectiva de que seus benefícios irão minimizar automaticamente os problemas sociais e ambientais são equivocadas.

De acordo com Meadows et al. (2004), desde 1930 o crescimento da produção industrial mundial tem sido muito maior do que o crescimento populacional, mas isto não acarretou em redução significativa da pobreza, pelo contrário, só aumentou a desigualdade entre os países mais ricos e mais pobres, além de ampliar a degradação ambiental.

Diante das evidências dos impactos causados pela atividade econômica sobre o meio ambiente, entre outras questões socioeconômicas, logo após a eclosão da crise econômica e financeira em 2008, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs um conjunto de nove iniciativas para a retomada do crescimento da economia mundial e combate aos problemas sociais e ambientais, reunidas em *Global Financial and Economic Crisis - UN System Joint Crisis Initiatives* (ONU, 2009). Entre estas, destaca-se a “Iniciativa Economia Verde”, liderada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a qual compreende um conjunto de recomendações voltadas para estimular o crescimento econômico

² “Economic growth has become the primary policy objective of governments and political parties of all stripes. It is widely believed that economic growth is a pre-condition for meeting all other economic and social objectives” (VICTOR, 2008, p. 92).

com inclusão social e sustentabilidade ambiental, tais como medidas de combate às mudanças climáticas (economia de baixo carbono), investimentos em tecnologias mais limpas e utilização mais eficiente dos recursos naturais (UNEP, 2008). Para isso, o PNUMA passa a utilizar o conceito-chave *decoupling* (desacoplamento), o qual significa dissociar o consumo de recursos naturais e emissões de resíduos da produção econômica com aumento do bem-estar.

Esse conceito de desacoplamento foi utilizado pela primeira vez pela OCDE, em 2001, como sendo um dos principais objetivos de sua “Estratégia Ambiental para a Primeira Década do Século 21” - *Environmental Strategy for the First Decade of the 21 Century* (UNEP, 2011); com a finalidade de fornecer orientações para a realização de políticas ambientalmente sustentáveis que integrassem os pilares econômico, social e ambiental nos países membros da OCDE.

Desacoplar o crescimento econômico das pressões ambientais tem sido um dos objetivos de muitos países desenvolvidos, principalmente aqueles da OCDE. No entanto, esta não é uma tarefa simples, pois para ocorrer desacoplamento é necessária mudança significativa dos processos de produção, redesenhar os bens e serviços, e assim tornar a atividade econômica menos dependente da produção de materiais (JACKSON, 2013).

A maioria dos trabalhos sobre desacoplamento tem sido realizada para os países da OCDE, enquanto que os estudos para países em desenvolvimento ainda são reduzidos. Entretanto, esse tema tem indubitável relevância, sobretudo nas economias menos desenvolvidas, as quais ainda precisam se desenvolver socioeconomicamente, mas sem seguir a mesma trajetória de desenvolvimento econômico com intensa degradação ambiental realizada por muitas economias desenvolvidas. Além disso, algumas evidências empíricas (como OCDE, 2008; RUSSI et al. 2008) apontam que o desacoplamento relativo de recursos que vem ocorrendo nas economias desenvolvidas está relacionado ao acoplamento em países em desenvolvimento, como os da América Latina. Entre estes países encontram-se alguns dos principais fornecedores de matérias-primas (recursos naturais) da economia mundial, como o Brasil e a China.

O Brasil, por exemplo, é um dos maiores exportadores de recursos naturais, como minério de ferro e grande produtor de produtos agrícolas, tais como café, cana de açúcar, e grãos; portanto, o meio ambiente apresenta um papel fundamental no funcionamento desta economia nacional. Todavia, apesar de sua grande participação no comércio internacional de *commodities* agrícolas e minerais e de ter alcançado uma posição entre as dez economias mais ricas do mundo (WORLD BANK, 2013), o Brasil ainda permanece com características

sociais de países mais pobres (IBGE, 2014), elevada concentração de renda, e grande exportador de produtos de baixo valor agregado.

A grande utilização de recursos naturais aumenta o potencial de impactos ambientais no Brasil, como diminuição dos recursos e serviços naturais, poluição do solo e da água pela extração de minérios, poluição do ar devido à utilização de combustíveis fósseis, entre outros. Segundo o *Sustainable Europe Research Institute* (SERI) e a *Vienna University of Economics and Business* (WU Vienna, 2014), o consumo interno de recursos materiais no Brasil aumentou de 11,33 toneladas *per capita* em 1980 para 17 toneladas *per capita* em 2010. Entre os países em desenvolvimento, o Brasil pertence ao grupo de economias que apresenta maior consumo *per capita* de recursos, acima de economias desenvolvidas como Alemanha, França e Reino Unido (KRAUSMANN et al., 2008; SERI; WU VIENNA, 2014). Além disso, existem os problemas socioambientais tais como aqueles causados pela falta de saneamento básico e destinação inadequada de resíduos, característicos de países menos desenvolvidos.

Nesse sentido, com base na discussão sobre desacoplamento, que está inserida na literatura teórica sobre crescimento econômico e meio ambiente, e nos trabalhos empíricos que tratam dessa relação, esta dissertação tem como objetivo construir e analisar indicadores de desacoplamento de recursos e de impactos ambientais para o Brasil. Para esse propósito são mensurados indicadores de uso de recursos para o período entre 1970 e 2013, compostos por todas as categorias de materiais (biomassa, combustíveis fósseis, minerais metálicos e minerais não metálicos), e se constrói um painel de indicadores de impactos ambientais dividido em quatro dimensões ambientais (atmosfera, terra, água, biodiversidade, saneamento).

Esta dissertação contém quatro seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta as definições de desacoplamento e uma revisão da literatura teórica e empírica de desenvolvimento sustentável. Na teoria econômica o tema de desenvolvimento sustentável é abordado por duas escolas de pensamento distintas: Economia Ambiental e Economia Ecológica. Os autores da Economia Ambiental, como Robert Solow e Grossman e Krueger, consideram que a disponibilidade de recursos naturais é apenas uma restrição relativa à expansão da atividade econômica, que pode ser superada pelo avanço tecnológico e passam a incorporar as questões ambientais em conceitos econômicos convencionais. De outro modo, outros autores da Economia Ecológica, como Daly e Georgescu-Roegen, compreendem que o ecossistema pode impor limites ao sistema econômico através da exaustão de recursos naturais e principalmente pela incapacidade da natureza absorver as emissões e resíduos gerados pela atividade econômica, por esta razão, o crescimento econômico não deve ser

indeterminado e a economia deve se adequar as condições de assimilação e regeneração do meio ambiente.

A segunda seção também traz uma revisão dos trabalhos empíricos internacionais e nacionais que tratam da relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente, como de Krausmann et al. (2008; 2009) que mensuram o consumo de recursos materiais para 175 países entre os anos de 1900 e 2005, e de Steinberger e Roberts (2010), os quais investigam a relação entre o consumo de energia e emissões de carbono com o PIB *per capita* para diversos países. Além desses estudos, a seção apresentará dois métodos mais utilizados e referenciados pelo PNUMA para mensurar indicadores de impacto ambiental e uso de recursos, *Life-Cycle Assessment* (LCA) e *Material Flow Accounting* – MFA. Este último é o que se utiliza nesta dissertação, conforme se esclarece na seção referente à metodologia deste estudo. O primeiro método, LCA ou avaliação do ciclo de vida, possibilita a análise dos impactos ambientais de um produto desde a extração dos recursos naturais para sua produção até o descarte após o seu consumo e é muito utilizado, por meio de técnicas de análise de insumo-produto para mensurar os impactos causados pelas emissões de gases do efeito estufa.

A terceira seção apresenta a metodologia utilizada para construção dos indicadores de desacoplamento de recursos e de impactos ambientais e as respectivas fontes de dados. O método MFA ou Metodologia do Fluxo Material permite o cálculo do fluxo e acúmulo de *inputs* e *outputs* de uma economia em um determinado período em termos físicos, proporcionando a mensuração do consumo de recursos naturais de um país através da soma entre a extração doméstica e importações de *inputs* e a subtração das exportações. Existe um banco de dados globais disponível publicamente, “*Global material flow database*”, sobre consumo e extração de recursos materiais, construído com base em MFA pelo *Sustainable Europe Research Institute* (SERI) e pela *Vienna University of Economics and Business* (WU Vienna), para o período entre 1980 e 2010.

Cabe salientar que outros trabalhos já aplicaram MFA para o Brasil (tais como Eisenmenger; Martín; Schandl, 2007, West; Schandal, 2013) e a originalidade do presente estudo empírico reside no período de análise mais longo - que abrange 44 anos - e na utilização de fontes de dados nacionais.

Quanto aos indicadores de impactos ambientais, constrói-se um painel que procura retratar diferentes tipos de poluição ambiental através da divisão em cinco dimensões. Na primeira dimensão ambiental estão compreendidos os indicadores de poluição atmosférica: emissões de origem antrópica de gases associados ao efeito estufa e consumo industrial de

substâncias destruidoras da camada de ozônio. A segunda dimensão corresponde aos indicadores de degradação da terra como: desmatamento da Amazônia Legal, uso de fertilizantes e uso agrossilvipastoril do solo.

Para retratar a poluição nas águas doces e marinhas do país são incluídos na terceira dimensão os indicadores de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Índice de Qualidade da Água e qualidade das águas de praias. A quarta dimensão refere-se aos impactos causados sobre a biodiversidade, sendo utilizados os indicadores: áreas terrestres protegidas, áreas de proteção marinha e estoque de peixes. E, por último, a dimensão saneamento compõe-se de indicadores que refletem impactos socioambientais como o acesso da população à água potável, a esgotamento sanitário, ao serviço de coleta de lixo doméstico, e destinação final do lixo coletado. Devido à disponibilidade de dados, os indicadores de impactos aqui utilizados referem-se a diferentes intervalos de tempo, com o propósito de apresentar o maior período possível de dados para cada dimensão e, assim, realizar uma análise de longo prazo. De qualquer modo, quase todos os indicadores abrangem os anos de 1992 a 2011, exceto destinação final de lixo coletado que compreende aos anos de 1989, 2000 e 2008.

Os resultados desta análise empírica são apresentados na quarta seção e evidenciam a ocorrência de desacoplamento absoluto de impactos ambientais no Brasil para quase todas as dimensões ambientais, exceto terra, e acoplamento de recursos naturais. De modo geral, as evidências empíricas aqui reveladas mostram-se contraditórias. Alguns exemplos: verifica-se uma redução das emissões de CO₂ no Brasil - em razão da diminuição das taxas de desmatamento da Amazônia legal, principal causa desse impacto -, mas acompanhada pelo aumento da intensidade de consumo de fertilizantes; e melhorias nos indicadores ambientais, apesar do menor acesso da população rural aos serviços básicos de saneamento. Estes resultados revelam que, por um lado, o Brasil pode estar caminhado em direção a uma economia verde, mas por outro lado está se afastando pelo crescimento do consumo de recursos naturais em prol da manutenção do modelo de desenvolvimento econômico voltado para exportação de produtos primários de baixo valor agregado.

Por fim, na última seção, são apresentadas as considerações finais, que retomam os aspectos mais importantes da investigação a partir dos quais é feita uma última análise sobre desacoplamento de recursos e impactos ambientais no Brasil.

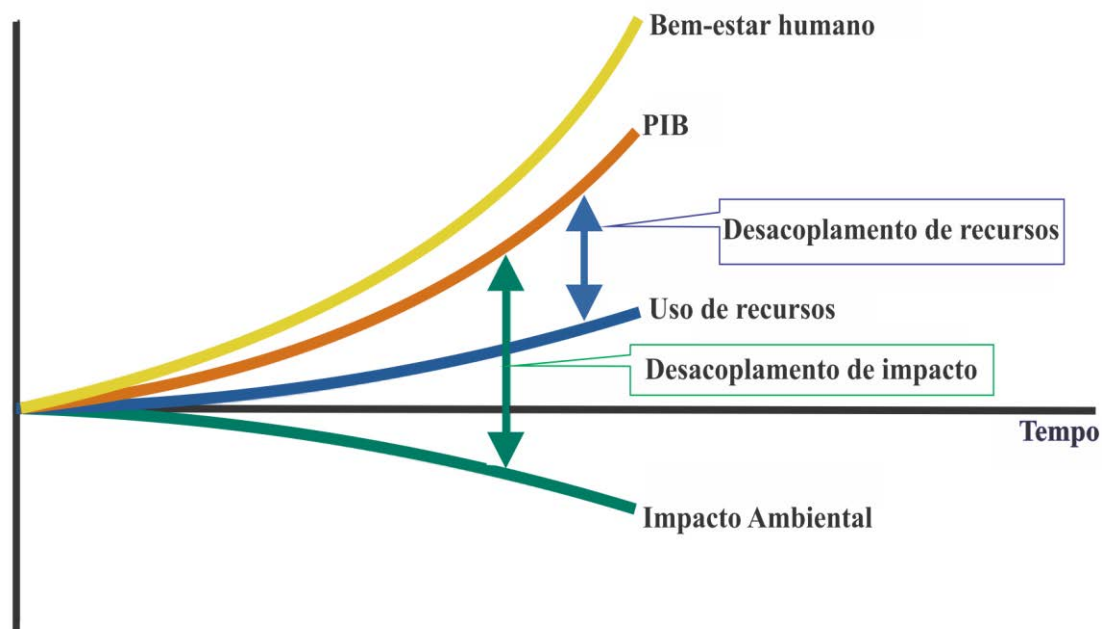
2. REVISÃO DA LITERATURA TEÓRICA E EMPÍRICA SOBRE A RELAÇÃO DE LONGO PRAZO ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE

Esta seção tem como objetivo apresentar as definições de desacoplamento de recursos e de impactos ambientais inseridos no debate teórico sobre desenvolvimento sustentável na ótica das escolas de pensamento Economia Ambiental e Economia Ecológica. Aqui também são apresentados os trabalhos empíricos de âmbito internacional e aplicados ao Brasil que tratam da relação entre crescimento econômico e pressões ambientais, assim como os métodos mais utilizados para estimar indicadores de desacoplamento, referenciados pelo PNUMA.

2.1 Definições de desacoplamento

O termo desacoplamento, utilizado pelo PNUMA, expressa uma trajetória de longo prazo de crescimento econômico com redução das pressões ambientais e aumento de bem-estar, ou seja, com menor consumo de recursos naturais e geração de impactos ambientais (gráfico 1; UNEP, 2011).

Gráfico 1 - Desacoplamento de recursos e de impacto



Fonte: UNEP (2011, p.5, tradução nossa).

Por **desacoplamento de recursos** entende-se a redução na taxa de uso dos recursos naturais por unidade de produção, isto é, o aumento na eficiência com a qual os recursos são

utilizados, resultando em diminuição no consumo de água, recursos terrestres, materiais³ e energia. Em termos macroeconômicos, a mensuração desta dissociação pode ser feita pela divisão de um indicador de uso dos recursos pelo Produto Interno Bruto (PIB). O **desacoplamento de impacto** corresponde ao aumento da produção econômica seguido por uma redução dos impactos ambientais negativos. Estes impactos podem resultar da extração de recursos naturais, como contaminação de água pela extração de minério; do processo de produção, como a degradação do solo e geração de resíduos industriais; da utilização de matérias-primas, como emissão de CO₂ no transporte; e após a fase de consumo do produto, como geração de resíduos (UNEP, 2011).

Ademais, o desacoplamento de recursos ou de impacto pode ser relativo ou absoluto. O **desacoplamento relativo** ocorre sempre que a taxa de crescimento de uso do recurso ou de alguma medida de impacto ambiental é inferior à taxa de crescimento econômico medida, por exemplo, pelo PIB. O **desacoplamento absoluto** ocorre quando a utilização do recurso diminui em termos absolutos, independentemente da taxa de crescimento econômico. Por exemplo, a economia pode estar estagnada, ou com uma taxa decrescente do PIB, ao mesmo tempo em que ocorre uma redução da poluição ambiental. O gráfico 1 exemplifica um caso de desacoplamento relativo de recursos e desacoplamento absoluto de impacto.

2.2 Crescimento econômico e meio ambiente: abordagens teóricas

As evidências de que a atividade econômica gera grandes pressões sobre o meio ambiente, que por sua vez podem influenciar o desempenho da economia, suscitam as seguintes questões: será que é possível haver crescimento econômico sem degradação ambiental? Ou ainda, será que é possível prosperidade econômica com diminuição do consumo de recursos naturais e seu impacto ambiental?

A lógica de desacoplamento tem origem na literatura de desenvolvimento sustentável, que redefine o crescimento a partir de uma perspectiva de sustentabilidade. Para entender de forma conceitual como o crescimento econômico pode ser dissociado do uso de recursos e das pressões ambientais é necessária a distinção entre crescimento econômico e crescimento físico da economia. O primeiro trata da evolução do PIB, ou seja, da soma de todos os bens e

³ UNEP (2011a) define recursos materiais como ativos naturais extraídos e modificados pela atividade humana com o propósito de gerar valor econômico, e que podem ser mensurados em unidades físicas e em termos monetários.

serviços finais produzidos dentro do país em um determinado período e em valores monetários. O segundo refere-se à dimensão física da economia, como estoques de produtos físicos, infraestrutura entre outros, e está associado ao aumento de pressões ambientais, danos e esgotamento de recursos (UNEP, 2011). Dessa forma, como aponta Ekins (2000 apud UNEP, 2011), por desacoplamento entende-se a possibilidade de redução da intensidade material do PIB, ou seja, pressupõe-se teoricamente que este pode crescer indefinidamente em um mundo material finito.

Nesse sentido, o tema desacoplamento está inserido em uma discussão mais ampla sobre a relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente. No debate acadêmico encontram-se duas correntes de pensamento antagônicas na economia que abordam essa questão e compreendem o conceito de sustentabilidade⁴ de forma diferente: a Economia Ecológica e a Economia Ambiental. Esta última escola é essencialmente uma extensão da economia neoclássica; incorpora os problemas ambientais e o meio ambiente em conceitos econômicos já existentes, preservando o pensamento convencional (POLLITT et al., 2010). Não considera que os recursos naturais sejam fatores limitantes ao crescimento econômico, pelo menos não representam uma restrição absoluta ao desempenho da economia, pois partem do pressuposto de que existe uma substitubilidade perfeita⁵ entre os fatores de produção (capital, trabalho e recursos naturais) em razão da possibilidade do progresso tecnológico e científico superar a indisponibilidade do recurso natural. Desse modo, supõe-se que o capital feito pelo homem (capital e trabalho) é substituto perfeito do capital natural (recursos naturais), mantendo-se, assim, o capital total, medido pela soma dos dois capitais (ROMEIRO, 2001).

Robert Solow, um dos economistas mais otimistas quanto à superação das restrições ambientais pelo avanço tecnológico (MIYAMOTO e SAES, 2012), afirma que:

It is of the essence that production cannot take place without some use of natural resources. But I shall also assume that it is always possible to substitute greater inputs of labor, reproducible capital, and renewable resources for smaller direct inputs of the fixed resource. Substitution can take place on reasonable terms,

⁴ A primeira definição de desenvolvimento sustentável foi sugerida pelo Relatório *Brundtland*, em 1987, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas, como sendo: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46).

⁵ A consideração da premissa de substitubilidade perfeita ou ilimitada, como coloca Solow (1974), baseia-se na concepção otimista de que essa premissa é fundamental para pensarmos na possibilidade das gerações futuras terem pelo menos o mesmo padrão de vida que o nosso, quanto à disponibilidade de recursos naturais (SOLOW, 1914). Entretanto, empiricamente esse pressuposto não ocorre devido à existência de rendimentos decrescentes dos fatores de produção.

*although we can agree that it gets more and more costly as the process of substitution goes on*⁶ (SOLOW, 1993, p. 164).

De acordo com Solow (1974), a capacidade ilimitada de substituição de recursos naturais por capital e trabalho no processo de produção somada à mudança tecnológica poupadora de recursos poderiam evitar o esgotamento de recursos naturais. Além disso, para que a sustentabilidade seja a preservação da capacidade produtiva (bem estar-econômico) para um futuro indefinido e proporcione que as próximas gerações tenham um padrão de vida pelo menos tão bom quanto o nosso, é preciso que haja um grau mínimo de otimismo quanto à disponibilidade de recursos naturais para os benefícios da posteridade. Sendo isso “[...] compatível com o uso de recursos não renováveis apenas se a sociedade como um todo substitui os recursos utilizados por alguma outra coisa” (SOLOW, 1993, p. 163, tradução nossa).

Solow (1993) ressalta que os recursos naturais são valorados pela sua capacidade de fornecer bens e serviços utilizáveis, ou seja, pelo que fazem e não pelo que são, visto que “[...] *we are in the everyday world of substitutions and trade-offs*”⁷ (p. 168). E que a sustentabilidade para a economia não é conservar algum recurso, mas sim substituir o que for preciso.

Para a economia neoclássica, a base para a discussão da sustentabilidade e da justiça com as gerações futuras quanto à degradação do meio ambiente encontra-se em sua abordagem da Economia dos Recursos Naturais (figura 1), que trata a questão da utilização dos recursos naturais como um problema de alocação intertemporal de sua extração. Os recursos são considerados matérias-primas, *inputs* para os processos produtivos, e os conceitos de custo de oportunidade e desconto de valores ambientais futuros são utilizados para resolver o problema de alocação através da maximização de utilidade (AMAZONAS, 2002).

Figura 1 – Economia dos Recursos Naturais

Solow (1994) demonstra que o proprietário de recursos naturais (minérios, por exemplo), assim como o proprietário de todos os ativos de capital, só mantém o recurso no solo se este apresentar uma apreciação em

⁶ “É da essência da produção o fato de que ela não pode acontecer sem o uso de recursos naturais. Mas eu também devo assumir que sempre é possível substituir maior insumo de trabalho, capital reproduzível e recursos renováveis por menores insumos diretos do recurso fixo. A substituição pode acontecer em termos razoáveis, apesar de que podemos concordar que ela fica mais e mais custosa à medida que o processo de substituição continua.” (tradução nossa).

⁷ “[...] nós estamos no mundo cotidiano de substituições e *trade-offs*.” (tradução nossa).

valor. Caso contrário, o proprietário se livraria o mais rápido possível de seu estoque do recurso se este não lhe trouxer nenhum retorno corrente. Dessa forma, e com base na afirmação (HOTELLING, 1931 apud SOLOW, 1974) de que as demandas por regulação da exploração de recursos naturais não renováveis eram consequência da exploração muito rápida e egoísta decorrente do baixo preço desses produtos, Solow (1974) conclui que o preço de um recurso natural exaurível eleva-se de acordo com o aumento de sua escassez.

Mercados de ativos estão em equilíbrio apenas quando todos os ativos de uma determinada classe de risco ganham a mesma taxa de retorno, em parte, como ganho de capital. No caso de recursos naturais, que também são ativos, ocorre o mesmo: em equilíbrio o valor de um depósito de recursos cresce a uma taxa igual à taxa de juros. Como este valor é também o valor presente das vendas futuras após a dedução dos custos de extração, esses proprietários devem esperar que o preço líquido do minério⁸ aumente exponencialmente a uma taxa igual à taxa de juros. Este é o princípio fundamental da economia de recursos não renováveis, do qual Solow (1974) deduz que esta é uma condição de equilíbrio de estoques no mercado de ativos e que os proprietários de minas em operação serão indiferentes entre extrair hoje e no futuro se o preço líquido está aumentando como juros compostos. Mas este aumento exponencial não ocorre com o preço dos consumidores, pois este é o preço líquido mais os custos de extração em um mercado competitivo, ou seja, o preço de mercado pode também cair ou permanecer constante, enquanto o preço líquido está aumentando se os custos de extração estão caindo ao longo do tempo. Eventualmente, talvez em muito tempo, a renda de escassez acaba dominando o movimento do mercado quando o custo de extração diminui e o preço líquido aumenta. Como o preço de mercado está conectado à taxa de extração pela curva de demanda, quando este preço sobe a taxa atual de produção deve cair ao longo da curva de demanda até o momento em que a procura será nula; isso ocorrerá, principalmente, se os fluxos e estoques forem coordenados corretamente através das operações de mercados futuros. Dessa forma, há uma tendência de aumento do preço e diminuição da produção na curva de demanda.

Essa conclusão de Solow está fundamentada na regra de Hotelling⁹, a qual pressupõe ausência de imperfeições do mercado e que os recursos são alocados de forma ótima ao longo do tempo através de uma função de bem estar social intertemporal que possibilita a identificação de quantidades de um recurso que devem ser consumidas em cada período (Amazonas, 2002). No entanto, o autor reconhece que existem algumas limitações devido às “imperfeições do mercado” que impedem o conhecimento dos valores futuros desses recursos: riscos e incerteza, discrepâncias entre as taxas de desconto social e de mercado; ausência de mercados futuros ideais; existência de monopólios e oligopólios; e o avanço tecnológico, o qual tem um papel muito importante na redução de impactos ambientais, mas altera a sequência “conhecida” de valores futuros. Com isso, Solow assume que a sequência infinita de mercados futuros não pode ser conhecida e por isso a regra de Hotelling não é uma condição suficiente, mas sim necessária para o ótimo social. Este pode ser alcançado, de acordo com o autor, com um desconto dos lucros futuros pelo mercado à mesma taxa que a sociedade desejaria

⁸ Em uma indústria competitiva o preço líquido equivale ao preço de mercado menos o custo marginal de extração de uma tonelada de minério. Se a indústria é mais ou menos monopolista, como é frequente na indústria extrativa esse preço é o lucro marginal, ou seja, receita marginal menos o custo marginal (SOLOW, 1974).

⁹ A regra de Hotelling é conhecida pelo seguinte procedimento: “Dado que o valor deste estoque é o valor presente de suas vendas futuras, em **equilíbrio intertemporal** a taxa de retorno segundo a qual este valor deve crescer é a taxa de juros, e, portanto, com base no desconto a esta taxa, determina-se assim as quantidades ótimas a serem extraídas a cada momento no tempo, ou seja, determina-se a **taxa ótima de extração**” (SOLOW, 1974 apud AMAZONAS, 2002, p. 5).

descontar o bem estar das gerações futuras; e como a exploração de recursos não renováveis segue o princípio de Hotelling de forma míope, em cada período seria necessária uma intervenção via planejamento de longo prazo.

Referências

AMAZONAS, Maurício de Carvalho. Economia ambiental neoclássica e desenvolvimento sustentável. In: NOBRE M.; AMAZONAS, M. de C. (Org.) Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

SOLOW, Robert. M.. The Economics of Resources or the Resources of Economics. The American Economic Review, vol. 64 (2), p. 1-14, maio, 1974.

Em termos de contabilidade nacional, Solow (1993) mostra que a teoria econômica oferece meios pelos quais podemos melhorar a nossa compreensão sobre a relação entre a economia e a sua dotação de recursos naturais. Ao pressupor uma economia no longo prazo com crescimento econômico, estabilidade de preços, pleno emprego, ausência de comércio exterior, produção eficiente (uso ótimo dos recursos/insumos) e equidade intergeracional¹⁰, sugere que o Produto Nacional Líquido (PNL) seria um indicador significativo para mensurar o bem-estar do país, assim como o estoque e fluxo de recursos naturais e ativos ambientais, pois, diferentemente do PIB, considera a depreciação do capital fixo. Nesse sentido, o PNL - definido adequadamente com preços corretos - reflete o nível máximo de consumo possível durante um período e que não reduz as possibilidades de consumo futuras e, portanto, é uma medida do nível de renda sustentável. O autor destaca que a definição de capital pela teoria econômica nos permite construir um conceito de PNL para indicar o uso correto de recursos exauríveis e também de outras formas de capital natural, bem como de todas as formas de capital, por semelhantes que são.

Para Solow (1993), uma forma de medir a qualidade ou poluição ambiental seria tratar a qualidade ambiental como um “estoque”, uma espécie de capital que pode ser “depreciado” pela adição de poluentes e “investido” por atividades que reduzam a degradação. Dessa forma, pode se ter um indicador que considere os bens de capital e os ativos ambientais sujeitos à mesma escala de valores, o que seria uma grande conquista dentro das convenções contábeis. E para calcular de forma “correta” a depleção de recursos naturais não renováveis, ou seja, seu preço líquido (como visto anteriormente), deve-se subtrair o custo marginal da extração do recurso do seu valor real (preço de mercado).

¹⁰ Solow (1974) define equidade intergeracional como a existência de um consumo *per capita* constante ou crescente ao longo do tempo no processo de otimização intertemporal. Um consumo permanentemente sustentável que possa ser determinado, assim como, a finitude dos recursos, dadas todas as restrições de cálculo.

Ainda dentro desta perspectiva da Economia Ambiental, Grossman e Krueger (1995), em um trabalho empírico, demonstram que pode haver uma relação positiva entre crescimento econômico e diminuição da degradação ambiental por meio da compensação do efeito escala pelos efeitos composição e tecnológico. Efeito escala diz respeito às pressões sobre o meio ambiente decorrentes do aumento das atividades econômicas; o efeito composição corresponde às alterações feitas na composição do produto e na estrutura produtiva do país que reduzam o potencial de impacto ambiental; e o efeito tecnológico refere-se às melhorias das técnicas de produção (introdução de tecnologias ambientais) que tornem mais eficiente a utilização dos recursos naturais e diminuam a degradação por unidade de produto (ALMEIDA, 2012; GROSSMAN e KRUEGER, 1995).

Nesse trabalho, os autores estimam a relação entre renda *per capita* e indicadores de qualidade da água e do ar para diversos países desenvolvidos, evidenciando que a degradação ambiental se eleva com o crescimento econômico até um ponto de inflexão a partir do qual começa a ocorrer uma melhora na qualidade ambiental resultando na Curva de Kuznets Ambiental (CKA), a qual nega a existência do *trade-off* permanente entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental. Vale ressaltar que a fase final da CKA, após o ponto de inflexão, expressa desacoplamento absoluto.

A CKA, introduzida e popularizada pela publicação de Grossman e Krueger (1991), recebe este nome, pois, segundo a hipótese de Kuznets (1955 apud ALSTINE e NEUMAYER, 2008), a desigualdade econômica medida por índices de concentração de renda aumenta ao longo do tempo até um limite quando começa a diminuir conforme a renda *per capita* eleva-se. Ou seja, o crescimento econômico em algum momento implica em maior distribuição de renda. Neste sentido, de forma semelhante, a CKA considera que o crescimento econômico reduzirá os problemas ambientais.

Grossman e Krueger (1995) afirmam que não encontraram evidências de que o crescimento econômico cause danos inevitáveis ao meio ambiente e que a melhoria das condições ambientais não ocorre através de um processo automático, mas, sim, por meio de substituição de tecnologias sujas por mais limpas, mudanças estruturais e condições econômicas. Todavia, contrariamente, Stern (2003) argumenta que a análise estatística na qual a curva de Kuznets se baseia não é robusta¹¹, pois existem poucas evidências de que os países em sua trajetória de crescimento econômico sigam uma curva em formato de U

¹¹ Stern (2003) aponta algumas dificuldades dos modelos teóricos da CKA, os quais, em sua grande maioria, assumem hipóteses simplificadoras da realidade (como agente representativo com vida infinita), determinam valores para os parâmetros e fazem suposições que induzem ao formato da curva em U invertido, o que poderia comprometer grande parte desses modelos caso fossem testados empiricamente.

invertido com o aumento de suas rendas, principalmente, quando se trata de emissões e concentrações de gases. UNEP (2011a) conclui que o uso de combustíveis fósseis e as emissões de CO₂ não seguem uma CKA, pois não ocorre necessariamente um declínio nas emissões em fases posteriores de desenvolvimento com o nível de rendimento elevado. No entanto, Stern (2003) ressalta que pode haver um formato semelhante ao da CKA para alguns poluentes e determinados níveis de renda *per capita*, mas que devem ser testados com séries temporais e dados em painel mais rigorosos¹².

Dessa forma, segundo autores da Economia Ecológica a Economia Ambiental apresenta uma visão de sustentabilidade fraca, pois acredita que a disponibilidade dos recursos naturais seja apenas uma restrição relativa à expansão da atividade econômica e que o desenvolvimento sustentável é viabilizado pelo progresso tecnológico e científico, mantendo-se a disponibilidade de oferta de capital total (AMAZONAS, 2002; ROMEIRO, 2001).

De outra forma, a Economia Ecológica apresenta uma visão de sustentabilidade forte, pois considera necessária a manutenção do capital natural para diferentes gerações e destaca a imprescindibilidade de limites quantitativos ao crescimento econômico devido ao limite biofísico do meio ambiente (AMAZONAS, 2002; ROMEIRO, 2001).

A Economia Ecológica aplica métodos e conceitos tanto da Economia quanto da Ecologia para compreender os diversos desafios que envolvem um desenvolvimento sustentável. Tem como objetivo estudar as relações entre os sistemas econômicos e os ecossistemas e como gerenciar estas relações. Supõe que as instituições e políticas são fundamentais para a compreensão dos problemas ambientais e que as restrições do meio ambiente implicam limites ao crescimento econômico (POLLITT et al., 2010). Não entende o processo econômico como um sistema mecânico circular representado pelo fluxo circular da renda¹³, pois considera que o sistema econômico é um subsistema aberto dentro do sistema

¹² Como a estimação de modelos de CKA é geralmente feita com dados em painel, os resultados empíricos apresentam alguns problemas, pois muitos modelos são estimados por efeitos aleatórios os quais podem ser inconsistentes devido à correlação existente entre as variáveis explicativas e os componentes de erro. Neste caso, seria mais indicada a utilização de métodos de efeitos fixos, no qual os parâmetros são condicionados sobre os efeitos do país (ou região) e tempo na amostra de dados selecionada. No entanto, por causa desta condição, estes parâmetros não poderão ser utilizados em outra amostra de dados, pois o modelo usado para país desenvolvido poderá dizer pouco sobre o comportamento futuro de países em desenvolvimento, em razão de suas especificidades (STERN, 2003).

¹³ O fluxo circular da renda mostra a relação fundamental entre a produção e o consumo, representado pelo fluxo circular da economia, o qual retrata como os agentes econômicos transacionam entre si em busca de atingir seus objetivos e proporcionam o equilíbrio do sistema econômico como um todo. Neste fluxo, as empresas remuneram as famílias, através de recursos monetários (renda), de modo que essas famílias se tornam consumidoras dos produtos no mercado de bens e serviços. Já no mercado de fatores, as empresas demandam a força de trabalho das famílias para a produção dos bens e serviços (DALY e FARLEY, 2004).

ecológico fechado, movido por um fluxo de matéria e energia (recursos naturais) que retornam ao meio ambiente na forma de resíduos e energia. Destaca que não há uma capacidade de suporte indefinida do planeta quanto à absorção de resíduos gerados pela atividade econômica e que não ocorre uma substituição sem limites entre os fatores de produção, mas sim uma complementariedade entre eles (ROMEIRO, 2001; DALY, 2005).

Georgescu-Roegen, principal autor desta escola de pensamento afirma que a lei da entropia deve ser considerada no raciocínio econômico, renunciando, assim, à representação do processo econômico feita pela teoria neoclássica. O autor introduz a ideia de irreversibilidade dos efeitos da atividade econômica sobre o meio ambiente, destacando a existência de um *trade-off* permanente entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental. Entende que o crescimento ilimitado não é sustentável devido ao limite do ecossistema global e aponta que medidas devem ser tomadas para que o limite do meio ambiente não seja alcançado (GEORGESCU-ROEGEN, 1975; ROMEIRO, 2001).

Herman Daly, um dos fundadores da Economia Ecológica e seguidor de Georgescu-Roegen, também critica a teoria do crescimento econômico convencional e compartilha da ideia de funcionamento irreversível e de fluxo unidirecional e não circular do sistema econômico. Daly propõe a “economia do estado estacionário”, na qual a atividade econômica deve se adequar à capacidade regenerativa e de absorção do ecossistema, e a população e o estoque de capital físico da economia devem ser mantidos constantes (DALY, 2005; ROMEIRO, 2001).

Em resumo, para os economistas ecológicos, a sustentabilidade do sistema econômico não é viável sem a redução do nível de consumo total em razão da capacidade de carga do ecossistema (ROMEIRO, 2001).

Entre as atuais contribuições da economia ecológica, encontram-se os trabalhos de Tim Jackson, Jonathan Mark Harris e Peter Victor. Jackson (2013) aponta que o objetivo do crescimento econômico (aumento do PIB), foco dos modelos macroeconômicos vigentes leva ao seguinte dilema, nomeado como “teorema da impossibilidade duradoura” (p. 79): o crescimento econômico é insustentável ambientalmente, ao mesmo tempo em que o decrescimento é instável. Em outras palavras, o autor demonstra que o crescimento do PIB não gera necessariamente aumento da prosperidade (termo muitas vezes confundido com crescimento econômico), é seguido pelo aumento de impactos ambientais, não distribui de forma igualitária seus benefícios, não garante certos direitos básicos essenciais ao desenvolvimento humano (como educação, saúde) em muitos países, nem a estabilidade

econômica e social. No entanto, o decrescimento, que do ponto de vista ambiental, pode ser desejável, causaria sérios danos sociais e econômicos, principalmente nos países mais pobres, levando a economia a uma “espiral de recessão” (p. 77). Isto é, o crescimento econômico é importante para o desenvolvimento humano, no entanto, ele não pode ser contínuo.

Uma saída para esse dilema, segundo Jackson (2013), seria a ocorrência de desacoplamento absoluto, fundamental principalmente para reduzir danos ambientais como perda da biodiversidade, exaustão de recursos naturais, aqueles provocados pela geração de resíduos e emissões de dióxido de carbono. Todavia, as evidências empíricas demonstram que é pouco provável haver crescimento do PIB com redução dos impactos ambientais em termos absolutos. Além disso, o crescimento desenfreado em países em desenvolvimento está em grande parte ligado à utilização de recursos naturais e à mudança tecnológica acompanhada por efeito de ricochete (*rebound effect*)¹⁴ que aumenta ainda mais o consumo desses materiais. Este fato revela, assim, que o efeito escala (como definido por Grossman e Krueger) não tem sido compensado pelo efeito tecnológico, ou seja, o aumento da eficiência produtiva não reduziu o consumo de recursos naturais e nem dá indícios que o fará.

Como alternativa, o autor enfoca a necessidade de uma nova macroeconomia que respeite os limites ecológicos, que não seja apenas baseada nos modelos convencionais, os quais utilizam uma função de produção (do PIB), por exemplo, que não faz referência alguma à base material ou ecológica da economia. Uma macroeconomia ecológica mais igualitária que vise à estabilidade sem a busca incessante pelo crescimento perene do consumo, com “investimentos ecológicos”¹⁵ (fundamentais) acompanhados por inovações direcionadas a metas sustentáveis. Ou seja, uma macroeconomia que compreende ao mesmo tempo a economia, o meio ambiente e a sociedade, como propõe Harris (2008) (JACKSON, 2013).

Harris (2008) examina novos caminhos para um crescimento econômico com menores danos ambientais e através de uma abordagem heterodoxa propõe novas formas de política keynesiana orientada para sustentabilidade ecológica. Apresenta uma solução para o “estado estacionário” de Daly, via identificação dos agregados macroeconômicos que devem ser

¹⁴ *Rebound effect* pode ser caracterizado como o efeito gerado pela inovação tecnológica que ao gerar maior eficiência no uso do recurso pode aumentar o consumo do mesmo devido a uma queda dos custos, por exemplo. Segundo UNEP (2011a), *rebound effect* “[...] é a diferença quantitativa entre as economias projetadas de recursos que deveriam ter sido derivadas de um determinado conjunto de mudanças tecnológicas e as economias reais obtidas na prática, medidas em termos percentuais” (p. 68, tradução nossa).

¹⁵ São investimentos que visam o benefício do ecossistema (por exemplo, reflorestamento), substituam tecnologias convencionais por tecnologias limpas (renováveis), aumentem a eficiência no uso de recursos (como eficiência energética) e que leve a uma economia de custos de recursos (redução de resíduos) (JACKSON, 2013).

limitados, como consumo e investimento de bens não duráveis intensivos em energia e aqueles que podem ser estimulados, como investimento em capital humano, em bens que conservem energia e recursos, investimentos em saúde, entre outros. O autor decompõe os agregados macroeconômicos da equação básica de equilíbrio macroeconômico (1) da seguinte forma:

$$(1) Y = C + I + G + (X - M)$$

C_g = consumo de bens não duráveis e serviços intensivos em energia;

C_s = consumo de serviços intensivos em capital humano;

C_m = consumo das famílias em bens duráveis;

I_{me} = investimento em capital manufaturado intensivo em energia;

I_{mc} = investimento em capital manufaturado de conservação de energia;

I_n = investimento em capital natural;

I_h = investimento em capital humano;

G_g = consumo do governo de bens duráveis e serviços intensivos em energia;

G_s = consumo do governo de serviços intensivos em capital humano;

G_{me} = investimento do governo em capital manufaturado intensivo em energia;

G_{mc} = investimento do governo em capital manufaturado de conservação de energia;

G_n = investimento do governo em capital natural;

G_h = investimento do governo em capital humano.

Desta maneira, a equação (1) pode ser reescrita como:

$$(2) Y = [C_g + C_s + C_m] + [I_{me} + I_{mc} + I_n + I_h] + [G_g + G_s + G_{me} + G_{mc} + G_n + G_h] + (X - M)$$

Os termos C_g , I_{me} , G_g , G_{mc} devem ser limitados, enquanto os outros termos da fórmula podem crescer ao longo do tempo sem pressionar significativamente o meio ambiente gerando um efeito positivo do ponto de vista econômico, social e ambiental. Essa trajetória de gastos contribui, portanto, para a manutenção do nível de emprego elevado, redução do consumo de materiais, provisão de gastos sociais adequados e investimentos para a conservação do capital

natural crítico¹⁶. O que significa estimular o desenvolvimento econômico por meio de políticas que contribuam com uma base sólida compreendida por bons indicadores sociais e ambientais.

Victor (2008) alerta que as políticas adotadas no Canadá e em mais de 50 países de renda elevada que têm como principal objetivo o crescimento econômico, medido pelo PIB real, geram muitos custos ambientais, como perda da biodiversidade, poluição da água e do solo, emissão de resíduos e impactos causados pela extração de recursos. Em seu livro *“Managing without growth: slower by design, not disaster”*, publicado em 2008, Victor elabora um modelo de sistemas interativos *“Low Grow”*¹⁷ para a economia canadense, com dados do período entre 1981 e 2005, a fim de responder à seguinte questão: Podemos ter um cenário macroeconômico que alcance pleno emprego, equilíbrio fiscal, eliminação da pobreza, redução das emissões de gases de efeito estufa, sem crescimento econômico? O autor constrói seis cenários com projeções até 2035, que apresentam casos de baixo e nenhum crescimento econômico, com o objetivo de analisar aspectos macroeconômicos de uma gestão sem crescimento econômico em um país rico, mostrando a possibilidade de obtenção de resultados positivos para seus principais objetivos (políticas sociais, econômicas e ecológicas). Os resultados levaram o autor a concluir que crescimento zero pode ser catastrófico para o país caso não seja implementado com cuidado, levando a consequências desastrosas como explosão do desemprego e da dívida, aumento da pobreza, porém com uma redução das emissões de gases do efeito estufa. No entanto, os resultados demonstram que o crescimento mais lento, que pode levar à estabilidade econômica por volta do ano de 2030 é acompanhado de um efeito positivo de todas variáveis sociais, econômicas e ecológicas.

Dentro desse quadro de discussões sobre a relação entre crescimento econômico e meio ambiente entre essas duas escolas de pensamento – Economia Ambiental e Economia Ecológica - observa-se que a Iniciativa Economia Verde do PNUMA aproxima-se tanto de ideias da Economia Ecológica como da Economia Ambiental. Por um lado, sugere a possibilidade de um aumento da prosperidade econômica acompanhado por uma redução do impacto ambiental da produção e do consumo, e um investimento em tecnologias e produtos mais limpos, conforme os efeitos composição e tecnológico (fundamentos da CKA). De outro, ressalta que compreende que a ausência de indicadores econômicos que expressem a

¹⁶ Capital natural crítico é definido como “capital natural que é responsável por funções ambientais importantes, para as quais não podem ser substituídos por capital manufaturado” (EKINS et al., 2003, p. 170, tradução nossa)

¹⁷ Neste modelo o crescimento econômico é determinado por seis variáveis: crescimento da população, crescimento da força de trabalho, crescimento da balança comercial, dos gastos públicos, o investimento líquido (com os ativos produtivos) e aumento da produtividade (POLLIT et al., 2010).

dimensão com a qual o capital natural é reduzido pela atividade econômica contribui significativamente para o aumento da degradação ambiental e defende a importância do papel ativo do Estado para a execução de políticas que induzam inovações para a transição a uma Economia Verde. No entanto, não define uma escala sustentável de produção e consumo compatível com os limites biofísicos, como enfatizam os autores da Economia Ecológica (ALMEIDA, 2012; PNUMA, 2011).

2.3 Métodos utilizados em estudos empíricos sobre desacoplamento

Para mensurar o consumo de recursos naturais e impactos ambientais, e assim, desacoplamento, os métodos geralmente utilizados e referenciados pelo PNUMA são: *Life-Cycle Assessment* (LCA), *Material Flow Accounting* (MFA) e técnicas de insumo-produto.

Os impactos ambientais podem ser estimados por meio de análise do Ciclo de Vida (*Life-Cycle Assessment*) em combinação com técnicas de insumo-produto (UNEP, 2011). A análise de insumo-produto é uma abordagem desenvolvida por Wassily Leontief (1970) e adaptada por pesquisadores do *Green Design Institute* da Universidade de *Carnegie Mellon* na década de 1990, que permite rastrear as extrações de recursos e as emissões de poluentes por setor econômico, como as emissões de gases de efeito estufa relacionadas a cada atividade econômica (GRAMKOW, 2011). Em um modelo de insumo-produto, a economia é representada por setores industriais e categorias de demanda final. Sua estrutura descreve a interdependência de todas as atividades de produção e consumo em uma economia. Através do requisito de produção de cada setor é possível obter as emissões e uso de recursos associadas a cada setor e assim atribuir as pressões ambientais às categorias de demanda final, tais como: governo, famílias, investimento, exportações entre outros (UNEP, 2010; OLIVEIRA, 2011).

A avaliação do ciclo de vida possibilita uma análise dos impactos ambientais de um produto desde a extração dos recursos até o descarte após o consumo e permitindo, dessa forma, o cálculo de *inputs* (materiais extraídos do sistema natural, por exemplo, água) e *outputs* (após a transformação em produtos, materiais transferidos ao sistema natural, por exemplo, emissões) relevantes de um sistema de produto. Este método é muito utilizado em trabalhos que medem os impactos causados pela emissão de gases de efeito estufa. Um dos métodos de LCA que é frequentemente utilizado para construção de indicadores e categorias

de impacto ambiental em países desenvolvidos de regiões temperadas é o ReCiPe¹⁸, que pode ser adaptado para outras áreas. As normas de ISO 14.040 apresentam algumas definições de LCA, de impactos ambientais relevantes e categorias diferenciadas, como de ecotoxicidade, mudanças climáticas e destruição do ozônio estratosférico (GOEDKOOOP, 2013; UNEP, 2010; 2011).

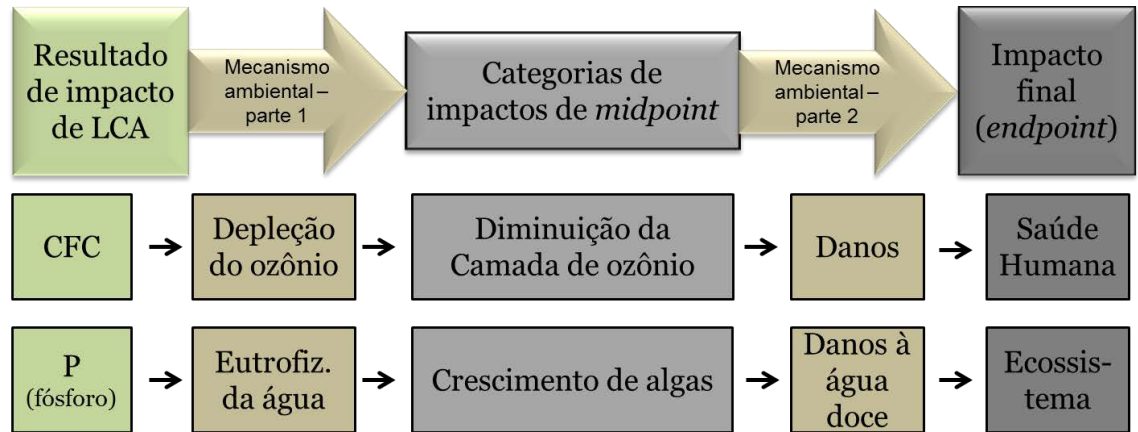
Os indicadores de LCA são geralmente descritos como impactos sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana e pertencem a dois conjuntos de categorias de impacto, que são: *midpoint* e *endpoint*. Esse dois conjuntos são modelos utilizados para mensurar impactos ambientais. O primeiro, *midpoint* descreve classes homogêneas de impactos no que diz respeito ao tipo de efeito ou mecanismo; apresenta 18 categorias de impactos¹⁹ que se referem aos problemas ambientais bem reconhecidos e que correspondem, geralmente, ao foco de políticas ambientais, como: mudança climática, acidificação, toxicidade, depleção do ozônio. Na segunda abordagem, *endpoint*, é feita uma modelagem de toda trajetória da cadeia de impacto ambiental (por exemplo: desde a extração de combustíveis fósseis às doenças causadas pela emissão de gases derivados da queima desses combustíveis) e definidas as categorias que representam valores de impactos ambientais finais, classificados como: danos à saúde humana, à diversidade do ecossistema e à disponibilidade de recursos naturais (GOEDKOOOP et al., 2013; UNEP, 2010b; WEGENER SLEESWIJK et al., 2008).

A figura 1 demonstra de forma simplificada a representação dos níveis *midpoint* e *endpoint* em uma análise de Ciclo de Vida para as categorias de impacto de eutrofização da água doce e depleção do ozônio. Os indicadores das respectivas categorias de *midpoint* são crescimento de algas e diminuição da camada de ozônio, enquanto os indicadores de *endpoint* são danos ao ecossistema (medidos por espécies/ano) e à saúde humana (medidos por anos de vida perdidos).

¹⁸ Esse método recebe o nome de ReCiPe, pois descreve formas (receita) de calcular indicadores de LCA e também representa as iniciais dos principais contribuintes para sua construção: RIVM and *Radboud University*, CML, and *PRé Consultants* (GOEDKOOOP et al., 2013).

¹⁹ As 18 categorias de impactos de *midpoint* são: mudança climática; destruição do ozônio; acidificação terrestre; eutrofização da água doce; eutrofização marinha; toxicidade humana; formação de oxidantes fotoquímicos; formação de partículas; ecotoxicidade terrestre; da água doce; e marinha; radiação ionizante; ocupação do solo agrícola; ocupação do solo urbana; transformação de terras naturais; depleção da água; de recursos minerais; e de combustíveis fósseis (GOEDKOOOP et al., 2013).

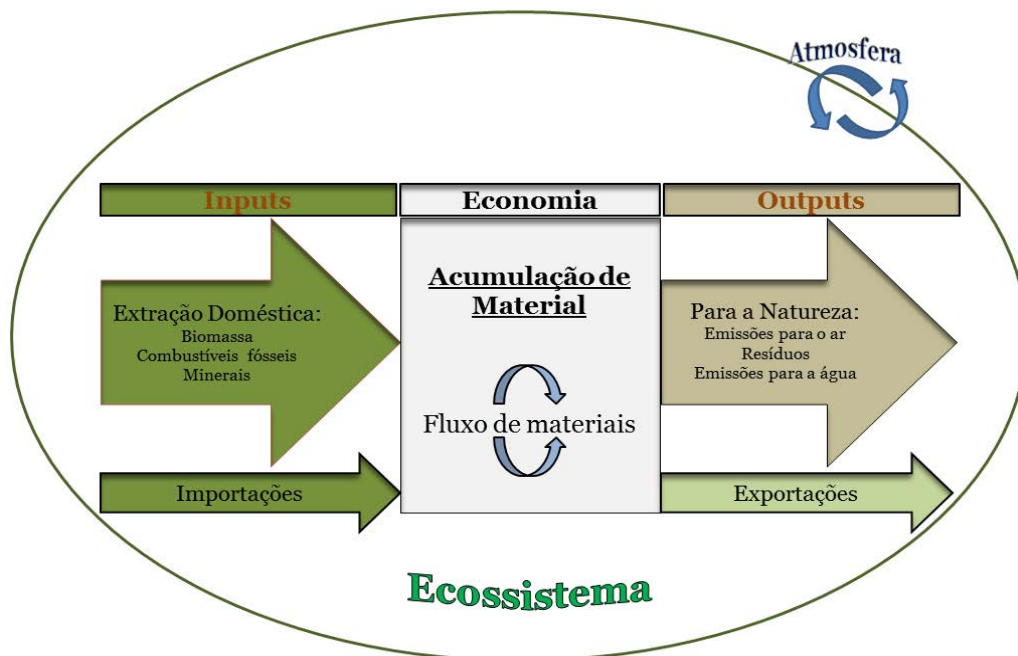
Figura 2- Estrutura de *midpoint* e *endpoint* de LCA



Fonte: Elaboração própria.

Outro método utilizado para mensurar os impactos ambientais e também o uso de recursos é a “Contabilidade do Fluxo Material” (*Material Flow Accounting* - MFA), que propicia uma visão completa de todos os *inputs* e *outputs* das economias nacionais em termos físicos, ou melhor, em fluxos de massa medidos em toneladas, através do cálculo da diferença entre os *inputs* e *outputs*, subtraindo-se as exportações de recursos das importações do ambiente doméstico. Este cômputo refere-se ao acúmulo total dentro da economia e a geração interna de resíduos e emissões (UNEP, 2010). A figura 2 mostra resumidamente o fluxo de materiais em uma economia, a quantidade de insumos físicos retirados da natureza (*inputs*), a acumulação de materiais e os resíduos e emissões que saem da economia e vão para o ecossistema (*outputs*) em um modelo de MFA.

Figura 3 – Fluxo de materiais em toda a economia



Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores derivados da MFA, como o “Consumo Interno de Materiais” (*Domestic Material Consumption* - DMC), representam um agregado de consumo material direto e muitas vezes são expressos em categorias de materiais, como biomassa, minérios, combustíveis fósseis e minerais. Outro indicador que mede desacoplamento de forma agregada é o “Consumo Ambientalmente Ponderado de Materiais” (*Environmentally weighted Material Consumption* - EMC). Esta abordagem compara diferentes materiais em termos de impactos, utilizando-se de uma base de inventários de LCA (VAN DER VOET et al., 2004 apud UNEP, 2010, p.71).

O Consumo Interno de Materiais dividido pelo número total da população indica o consumo *per capita* de recursos naturais, também conhecido como taxa metabólica, a qual indica o padrão de vida material de um país (UNEP, 2011) ²⁰. O consumo de recursos naturais em âmbito global equivale à soma total de matérias-primas extraídas no período de referência, enquanto o consumo doméstico em um país corresponde à extração interna de recursos naturais somadas as importações e subtraídas as exportações desses recursos. O termo taxa

²⁰ Por exemplo, segundo UNEP (2011a), uma pessoa a mais no Canadá significa, em média, um aumento de 25 toneladas de uso de recursos, enquanto uma pessoa a mais na Índia equivale a um adicional de consumo de 4 toneladas de recursos por ano.

metabólica vem da consideração metafórica de que as economias modernas funcionam como organismos vivos que possuem um perfil metabólico, cuja posição dominante ou impacto sobre o meio ambiente pode ser indicado pelo tamanho da transferência metabólica, ou seja, a quantidade de materiais desses ‘organismos’ que foram retirados do ecossistema e retornaram a este de forma alterada (EUROSTAT, 2001).

2.4 Evidências empíricas internacionais de desacoplamento

Wegener Sleeswijk et al. (2008) mensuraram quinze categorias de impacto de *midpoint*, incluindo acidificação, eutrofização, toxicidade humana e uso da terra, utilizando dados globais e europeus de emissões e extrações de recursos para o ano de 2000 através do método de LCA. Os autores concluem que os sistemas econômicos das duas regiões estudadas apresentaram um perfil de poluição ambiental dominado em grande medida por um pequeno número de substâncias tóxicas lançadas em grandes quantidades²¹. De um total de 860 “intervenções ambientais”²² coletadas, apenas 48 intervenções representam pelo menos 75% dos escores de impacto de todas as categorias. Ainda ressaltam que algumas categorias de impacto apresentaram modificações de suas causas de poluição, ao compararem este trabalho com o estudo anterior de 1995, como: as emissões de metais pesados, em 2008, que foram as causas dominantes da toxicidade humana, enquanto em 1995, foram os hidrocarbonetos não halogenados.

Krausmann et al. (2009) apresentam uma estimativa da extração e do consumo mundial anual de combustíveis fósseis, biomassa²³, minérios metálicos, minerais industriais e de construção, para o período de 1900 a 2005, com a aplicação do método de MFA. Verificam a ocorrência de um desacoplamento de recursos relativo, pois o consumo *per capita* de recursos naturais aumentou 0,68%, enquanto o PIB *per capita* elevou-se 1,64%. No entanto, essa diminuição relativa foi acompanhada por uma mudança fundamental em sua estrutura e composição: a extração mundial de materiais aumentou cerca de 8 vezes nesse período

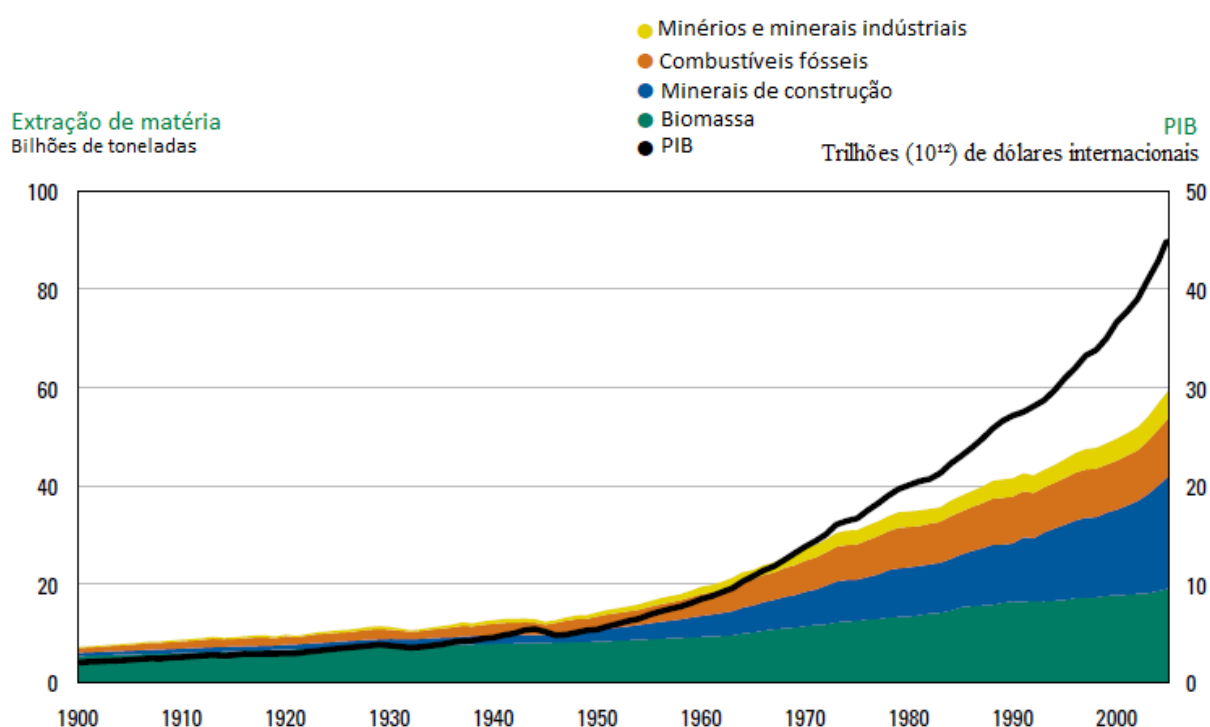
²¹ Todos os impactos de não toxicidade e dependentes de emissões são totalmente dominados pelas emissões em grandes quantidades de 10 substâncias ou grupo de substâncias: emissões para o ar de CO₂, CH₄, SO₂, NO_x, NH₃, CO, PM₁₀, NMVOC e (H)CFCs e emissões para a água doce de fósforo e nitrogênio (WEGENER SLEESWIJK et al., 2008)

²² Os autores referem-se às “intervenções ambientais” como os processos de transformação da natureza em prol da produção econômica, como: extração de recurso, desmatamento, geração de resíduos entre outros.

²³ A categoria de biomassa refere-se a um grupo amplo de subcategorias: agricultura, subprodutos das colheitas, pasto, silvicultura, pesca, caça e outras biomassas.

analisado (gráfico 2); entre os anos de 1945 e 1973, a utilização de minerais não renováveis aumentou 340% e passou para mais de 70% do consumo total de materiais no início do século 21; a participação da biomassa caiu de aproximadamente 75% para menos de 50%, entre 1900 e 1950. Durante todo o século 20, os únicos anos em que se observou uma queda do uso de materiais foram aqueles de declínio ou estagnação da economia mundial, ou seja, durante a crise econômica no final dos anos 1920, após as duas guerras mundiais e posteriormente aos picos dos preços do petróleo na década de 1970 (gráfico 3).

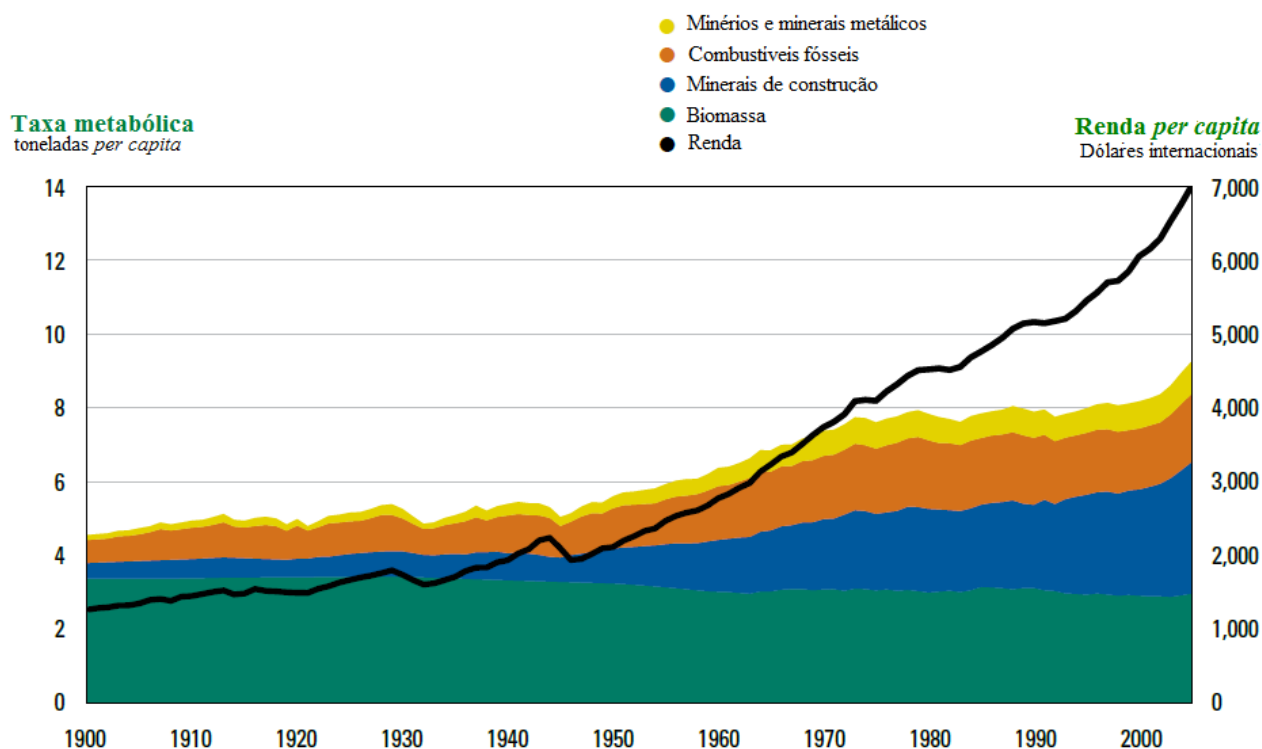
Gráfico 2 - Extração de matéria global em bilhões de toneladas, 1900-2005



Fonte: UNEP (2011a, p. 11, tradução nossa).

Os autores Krausmann et al.(2009) ressaltam também que houve um aumento muito maior da taxa metabólica nos países industrializados do que nos países em desenvolvimento. Nestes, o uso de materiais foi predominantemente conduzido pelo crescimento da população, a qual aumentou consideravelmente mais do que naqueles países, enquanto nas economias desenvolvidas a grande elevação das taxas metabólicas foi movida pelo aumento da produção. A taxa metabólica global estabilizou-se entre 1973 e a virada do século, devido à estabilidade do uso *per capita* de recursos nos países industrializados, e começou novamente a elevar-se decorrente em grande parte do crescimento das economias emergentes, como China, Brasil e Índia.

Gráfico 3 - Taxa metabólica global e renda *per capita* 1900-2005



Fonte: UNEP (2011a, p. 12, tradução nossa).

Em outro estudo, Krausmann et al. (2008) apresentam os dados da taxa metabólica (consumo interno de materiais e energia *per capita*) de 175 países no ano de 2000 e identificam dois principais fatores responsáveis pela grande diferença das taxas metabólicas entre os países: estágio de desenvolvimento econômico (país industrializado ou em desenvolvimento) e densidade populacional. Os resultados encontrados foram:

- o uso de materiais e energia *per capita* nos países industrializados é maior do que nos países em desenvolvimento, em um fator entre 5 e 10;
- os países em desenvolvimento com baixa densidade populacional do “mundo novo”²⁴ (por exemplo, Brasil, África do Sul) apresentam uma taxa metabólica média duas vezes maior do que a dos países com alta densidade populacional (como, Índia, China);

²⁴ Krausmann et al. (2008) analisam grupos de países classificados como: industrializados de alta densidade (países europeus, Japão, Coréia do Sul); industrializados de baixa densidade do mundo novo (América do Norte, Austrália, Nova Zelândia); industrializado de baixa densidade do mundo velho (países da antiga União Soviética e escandinavos); em desenvolvimento de alta densidade (maior parte sul e leste da Ásia, incluindo Índia e China, América Central, e alguns países africanos); em desenvolvimento de baixa densidade do mundo novo (América do Sul); em desenvolvimento de baixa densidade do mundo velho (norte da África e oeste da Ásia, partes da África, alguns países asiáticos).

- os países desenvolvidos com alta densidade populacional (entre eles Japão e muitos países europeus) têm uma taxa metabólica média de 15 toneladas *per capita*, enquanto aqueles com baixa densidade populacional do “mundo novo”(por exemplo, Nova Zelândia, EUA e Austrália) têm uma taxa metabólica de 29 toneladas *per capita* por ano.

Segundo UNEP (2011a) essa diferença entre as taxas metabólicas devido à densidade populacional para regiões que possuem o mesmo padrão de vida e conforto material, como Finlândia e muitos países europeus, talvez se justifique pelo fato das áreas menos povoadas consumirem mais biomassa (alguns alimentos que tendem a ser mantidos e consumidos nessas áreas), mais combustíveis para transporte (maior necessidade), e minerais de construção. A Austrália, por exemplo, consumiu 38,9 toneladas *per capita* no ano de 2000, enquanto a França apresentou uma taxa metabólica de 13,5 toneladas *per capita* no mesmo ano.

Beça e Santos (2014) avaliam o desacoplamento de uso de recursos naturais relacionando o consumo de recursos *per capita* com o PIB e com o *Index of Sustainable Economic Welfare* - ISEW (Índice de Bem-estar Econômico Sustentável)²⁵ para Portugal e Estados Unidos. Para avaliar o uso de recursos utilizam-se do método de MFA e selecionam cinco indicadores com base nas principais categorias ambientais de recursos indicada pela UNEP (2010): DMC (consumo interno de materiais bióticos e abióticos²⁶); *Total Primary Energy Consumption* - TEC (consumo total de energia primária); *Water* (consumo de água); *Air inputs* (absorção de ar pela economia, medido pelo consumo de oxigênio na queima de combustíveis fósseis); *Land use* (mudança do uso da terra, caracterizado pela área ocupada pelo ambiente urbano, industrial, comercial, transporte entre outros).

No período de análise, entre 1960 e 2010, verificaram um aumento do bem estar, representado pelo ISEW, muito maior para Portugal do que para os Estados Unidos, principalmente nos últimos dez anos. O consumo médio de recursos português é 20% menor do que dos Estados Unidos, exceto para DMC que compreende 60% do consumo americano,

²⁵ Este indicador foi desenvolvido inicialmente por Daly e Cobb (1989) e posteriormente aperfeiçoado por diversos autores. Compreende aspectos ambientais e sociais como: custos sociais da poluição do ar, distribuição de renda entre outros. Foi utilizado nesse trabalho como uma medida de desenvolvimento econômico e sustentabilidade, que considera as mudanças no bem-estar geradas pela atividade econômica. É considerado como uma alternativa ao PIB, que é geralmente utilizado nas análises de *decoupling*, pois este além de refletir o aumento da atividade econômica, pode colaborar com as atividades que são prejudiciais as condições sociais e ambientais (BEÇA; SANTOS, 2014).

²⁶ Os principais materiais bióticos são: aqueles derivados da agricultura, silvicultura, pesca e caça entre outros. E os abióticos são: minerais metálicos, minerais não metálicos e os combustíveis fósseis (BEÇA; SANTOS, 2014).

o qual pode ser explicado pelo consumo de materiais de construção. No entanto, em todo o período o crescimento do uso de recursos se mostra muito maior em Portugal (800%) do que nos Estados Unidos (160%). Os autores identificam a ocorrência de desacoplamento fraco (menores taxas) do PIB para os Estados Unidos (para uso da terra) entre os anos de 2001 e 2010, e desacoplamento forte (maiores taxas) para ambos os países entre 2001 e 2010, também em relação ao PIB quanto ao ISEW (em Portugal com todas as categorias de recursos, exceto *land use* e nos Estados Unidos para DMC, *water* e *air inputs*). Beça e Santos (2014) verificam também que nos 50 anos analisados não há evidências conclusivas da existência de CKA, ou seja, desacoplamento absoluto, tanto para ISEW quanto para o PIB. E concluem que o ISEW é o indicador econômico mais sensível às variações da intensidade de uso dos recursos naturais, bem como, aquele que pode fornecer mais informações sobre os padrões de desacoplamento de diferentes países (BEÇA; SANTOS, 2014).

Steinberger e Roberts (2010) investigam a relação mundial²⁷ entre consumo de energia e emissões de carbono e vários indicadores de desenvolvimento humano: expectativa de vida, alfabetização, PIB *per capita* e Índice de Desenvolvimento Humano. Através de uma análise de dados longitudinal de 1975 a 2005, construíram uma série de regressões lineares, nas quais energia (total de energia primária) e carbono são tidos como variáveis explicativas e os indicadores de desenvolvimento humano como variáveis dependentes, resultando em limiares de energia e carbono diferentes e cada vez menores para dado nível de desenvolvimento humano ao longo do tempo.

Os autores verificam que no decorrer dos anos os indicadores de desenvolvimento humano tornam-se mais desacoplados do uso de recursos e de impacto ambiental, enquanto a atividade econômica (medida pelo PIB) fica cada vez mais acoplada. Ressaltam a ocorrência de um desacoplamento entre energia e emissão de carbono *per capita* e os indicadores de desenvolvimento humano, ou seja, que um alto desenvolvimento humano²⁸ pode ser obtido com níveis de energia e carbono moderados e a custos menores. Além disso, a taxa de desacoplamento de energia e carbono a partir das necessidades humanas aumenta mais rapidamente que a variação nos níveis de consumo global. No entanto, observam que o crescimento da eficiência energética está acompanhado por um aumento no uso de energia, devido a um *rebound effect*, sendo necessárias outras medidas além do progresso técnico para

²⁷ O estudo engloba entre 81% e 91% da população mundial, 70% e 88% do consumo de energia global e entre 62% e 81% de emissões de carbono, pois foram retirados alguns países devido à disponibilidade de dados para o intervalo de tempo, como antigas repúblicas da URSS e da Alemanha (STEINBERGER E ROBERTS, 2010).

²⁸ Alto desenvolvimento humano foi considerado como aquele que apresenta: expectativa de vida de 70 anos ao nascer, um PIB de 10.000 dólares, taxa de alfabetização de 80% e um IDH de 0,8 (STEINBERGER; ROBERTS, 2010).

reduções do consumo total e de emissões, que busque necessariamente um alto desenvolvimento humano. E demonstram que: “[...] se os recursos fossem distribuídos igualmente, os níveis de energia e de carbono atuais seriam mais do que suficientes para satisfazerem as necessidades humanas globais com elevados níveis de desenvolvimento humano” (STEINBERGER; ROBERTS, 2010, p. 425, tradução nossa).

Yadong Yu et al. (2013) analisam as tendências de ecoeficiência²⁹, suas causas dinâmicas e o desacoplamento entre as pressões ambientais e o crescimento econômico na China durante o período de 1978-2010, através da abordagem de *Index Composition Analysis* (IDA). Os indicadores de ecoeficiência são medidos como a razão entre o valor do que foi produzido (por exemplo, PIB) e os impactos ambientais adicionais do produto ou serviço em questão (por exemplo, a emissão de SO₂). Como *inputs* da economia foram selecionados os indicadores de extração doméstica utilizada (de recursos) e consumo de energia total; como *outputs* da economia foram utilizados as emissões de poluentes para o ar (CO₂, SO₂, fuligem) e para a água (esgoto, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal).

Os resultados evidenciam que a China apresentou: eficiência energética, de recursos e dos outros indicadores ambientais devido a uma taxa de crescimento muito mais elevada do PIB e a um efeito tecnológico de “*pipe-end treatment*”³⁰; um alto desacoplamento relativo quando comparado com as dez maiores economias do mundo; uma dissociação absoluta entre crescimento econômico e a eliminação de fuligem, demanda química de oxigênio e nitrogênio amoniacal; e um desacoplamento reduzido, no período entre 2001 e 2010, pois a utilização de recursos cresceu praticamente com a mesma taxa do PIB devido ao alto consumo e aumento da extração mineral (YADONG YU et al., 2013).

Desacoplar os danos ambientais da produção econômica tem sido objetivo de políticas em vários países da OCDE nos quais existem algumas evidências de desacoplamento relativo de resíduos, como demonstram Mazzanti e Zoboli (2009) e o relatório do *Waste & Resources Action Programme* (WRAP, 2012) para os países da União Europeia; e desacoplamento de recursos como apontam Fischer-Kowalski e Amann (2001) através do indicador *Direct Material Input* (DMI, insumo material direto), o qual mede a soma da extração doméstica e de importações de recursos naturais. Segundo OCDE (2008), o DMI subestima o consumo de recursos da UE, pois contabiliza apenas os recursos extraídos e usados diretamente na

²⁹ Para Yadong Yu (2013) ecoeficiência significa “fazer mais com menos, ou produzir *outputs* econômicos com o mínimo de recursos naturais e degradação ambiental” (p. 178, tradução nossa).

³⁰ Expressão “*pipe-end treatment*” refere-se à mudança tecnológica que diminui as emissões de poluentes após o processo de produção (YADONG YU et al., 2013), sendo uma medida paliativa que não faz alterações na fonte do problema ambiental.

economia somadas as importações, mas quando são considerados os fluxos ocultos e indiretos, como no cálculo do indicador *Total Material Request* (TMR)³¹, torna-se visível a crescente dependência da produção e do consumo europeu de recursos naturais estrangeiros, indicando uma forte relação com a pressão ambiental no exterior proveniente da mudança de recursos naturais. Por exemplo, entre os anos de 1976 e 2000, as importações líquidas de bens intensivos em poluição na UE aumentaram 32%, quando contabilizados apenas os fluxos diretos pelo DMI, e 114% com os fluxos indiretos e ocultos pelo TMR. No mesmo período, houve um aumento das importações líquidas de combustíveis fósseis de 106% e de metais de 194% pelo TMR, enquanto pelo cálculo do DMI esse aumento foi de 30% para ambos os recursos (SCHÜTZ, 2004 apud OCDE, 2008).

Sjöström e Östblom (2010) destacam que o aumento da quantidade de resíduos tem acompanhado o crescimento do PIB em muitos países. Entre os anos de 1980 e 2005, por exemplo, a geração de resíduos na América do Norte aumentou em 29%, nos países da OCDE em 35%, na União Europeia em 54% e na Suécia em 60%. Com a finalidade de investigar as possibilidades e as políticas necessárias para alcançar a meta do Parlamento Sueco de desacoplamento absoluto entre a geração de resíduos e o PIB até 2030, os autores construíram dois cenários para o período entre 2006 e 2030, cujos resultados apontam a quantidade de resíduos que deve ser reduzida para atingir tal objetivo na Suécia.

No primeiro cenário, são utilizados dados de projeção oficial da economia sueca baseados na intensidade de resíduos observados ao longo da última década sobre diversas categorias de fluxos de resíduos perigosos e não perigosos de atividades das firmas e das famílias. No segundo cenário as quantidades de resíduos são ajustadas de modo que seja alcançado o objetivo de desacoplamento absoluto, ou seja, nenhum crescimento da quantidade de lixo. Os resultados apontam, no primeiro cenário, a ocorrência de aumento dos resíduos perigosos em 72%, de resíduos não perigosos em 52% e do PIB em 67%, ou seja, um desacoplamento relativo desse último tipo de resíduo. Segundo os autores, para que um desacoplamento absoluto seja alcançado no ano de 2030 seriam necessárias mudanças significativas no uso de matérias-primas e de técnicas de produção, assim como no consumo das famílias (SJÖSTRÖM; ÖSTBLOM, 2010).

Outra evidência de desacoplamento em um país da OCDE é apresentada pelo UNEP (2011), a saber: na Alemanha, entre 1994 e 2007, ocorreu um desacoplamento de recursos

³¹ TMR (Necessidades Totais Materiais, tradução nossa) além do DMI inclui os fluxos “ocultos”, aqueles que são associados com a extração nacional, mas não entram na economia como produtos, e os fluxos indiretos que são associados às importações (OCDE, 2008).

absoluto, demonstrado pelo crescimento do PIB, de 22,3%, e redução do uso de matérias-primas como insumos, de -9,7%. No mesmo período, também houve um aumento da produtividade do uso de recursos como matéria-prima, de 35%, ou seja, as atividades econômicas nesse país passaram a utilizar menos recursos por unidade de produção.

Com base na Metodologia de *Material Flow Accounting*, alguns trabalhos foram realizados para os países da América Latina e Caribe, tais como de Marinque et al. (2013), West e Schandl (2013), Russi et al. (2008) e Eisenmenger, Martín e Schandl (2007).

Marinque et al. (2013) examinam o metabolismo social da Argentina para o período entre 1970 e 2009, com base em três indicadores de fluxo de materiais: *Direct Material Input* (DMI), *Domestic Material Consumption* (DMC), *Physical Trade Balance* (PTB)³². Os autores demonstram que o país apresentou uma crescente extração e exportação *per capita* de materiais, motivada pela demanda externa, enquanto o DMC *per capita* permaneceu quase constante. As exportações são compostas principalmente por produtos de biomassa, e a partir da década de 1990 os combustíveis fósseis e minérios metálicos ganharam mais importância. No período analisado houve desacoplamento de recursos relativo e absoluto apenas nos períodos de recessão ou declínio econômico. Os autores também investigaram a trajetória dos termos de troca (“peso médio das importações, em toneladas, que podem ser adquiridos por meio da venda de uma tonelada de exportações”³³), os quais se deterioraram durante o período e demonstraram-se quatro vezes menores que os termos de troca da Espanha, por exemplo, corroborando, desse modo, a tese de Prebisch (1949) de que há uma tendência de deterioração dos termos de troca, pois os países periféricos fornecem matérias-primas em mercados competitivos, onde o aumento da produtividade juntamente com a inovação tecnológica geram maiores lucros e salários (no caso de bens manufaturados) reduzindo os preços dos produtos primários. Por essa razão há uma tendência de encarecimento relativo dos produtos importados.

Ademais, Marinque et al. (2013) ressaltam que a Argentina apresenta o mesmo padrão econômico de outras economias latino-americanas, apoiada em um modelo de desenvolvimento intensivo em recursos naturais e dependente das exportações de produtos primários (com grande déficit comercial físico), com a prática de atividades agrícolas que provocam o aumento da perda de biodiversidade, desmatamento e uso cada vez maior de

³² PTB (Balança Comercial Física, tradução nossa) é definida como importações menos exportações de recursos naturais (EROSTAT, 2001).

³³ Página 591, tradução nossa.

intensivos agroquímicos, além da mineração a céu aberto, responsável pela geração de resíduos perigosos.

West e Schandl (2013) analisam o metabolismo social e a eficiência do uso de recursos para os países da América Latina e Caribe no período entre 1970 e 2008. Os resultados indicam um rápido crescimento do consumo, da extração e exportação de recursos da região, principalmente a partir da década de 1980, período no qual os autores identificam como início da intensificação de políticas orientadas para exportação de produtos primários (posteriores às políticas de substituição de importações), com o objetivo de gerar superávits comerciais para o pagamento das dívidas que eclodiram nessa década. As políticas de abertura comercial desse período até os anos de 1990 e a influência da rápida urbanização e industrialização dos países asiáticos (principalmente da China) influenciaram fortemente o crescimento das exportações. West e Schandl (2013) destacam que esse modelo de desenvolvimento econômico voltado para incentivo de exportações colaborou com o aumento da desigualdade social na região, revelando que benefícios derivados das indústrias extrativas não foram compartilhados com toda a população.

A taxa metabólica da América Latina e Caribe passou de 7,6 para 13,6 toneladas *per capita*, de 13% para 30% superior a média mundial entre 1970 e 2008. Os autores argumentam que o consumo de recursos naturais e a intensidade material da região são elevadíssimos devido à não contabilização do consumo final desses produtos primários, os quais, na verdade, são consumidos fora da região, enquanto as emissões e resíduos associados permanecem na América Latina e não são considerados no cálculo do indicador DMC. Por isso, Russi et al. (2008), os quais avaliam o metabolismo social do Chile, Peru, Equador e México, apontam a necessidade de investigações mais detalhadas que verifiquem até que ponto o processo de desmaterialização relativa que vem ocorrendo em muitos países europeus está relacionado ao acoplamento de recursos nos países da América Latina.

Segundo Eisenmenger, Martín e Schandl (2007), que analisam o metabolismo social e energético do Brasil, Chile e Venezuela, esse papel importante da América Latina e Caribe como provedora de matérias-primas somado ao crescimento do seu metabolismo social necessário para o desenvolvimento socioeconômico da região, culminará em um crescimento cada vez maior da extração de recursos naturais. Consequentemente, diante deste panorama, West e Schandal (2013) apontam que a região enfrentará graves pressões ambientais decorrentes do crescimento das demandas externas e internas, caso esse modelo de desenvolvimento persista.

Quadro 1 – Relação de estudos empíricos sobre desacoplamento

Autor(es)	Variáveis ambientais	Método	Período	Região	Conclusão
Wegener Sleeswijk et al. (2008)	15 categorias de impacto ambiental	LCA	2000	Europa e mundial	Poucas substâncias são responsáveis pela maioria da poluição ambiental.
Krausmann et al. (2008)	Consumo interno de materiais e energia	MFA	2000	175 países	Grandes diferenças entre as taxas metabólicas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.
Krausmann et al. (2009)	Minérios e minerais, combustíveis fósseis e biomassa	MFA	1900 a 2005	175 países	Desacoplamento relativo.
Beça e Santos (2014)	DMC, TEC, uso da terra, ar e água	MFA	1960 a 2010	Portugal e Estados Unidos	Desacoplamento relativo.
Steinberger e Roberts (2010)	Consumo de energia e emissões de carbono	Indicadores já mensurados	1975 a 2005	Mundial	Não houve desacoplamento do PIB, apenas dos indicadores sociais.
Yadong Yu et al. (2013)	DMC, consumo de energia, emissão de poluentes para o ar e para a água	IDA	1978 a 2010	China	Desacoplamento relativo. No entanto, entre 2001 e 2010 absoluto para algumas variáveis ambientais.
Eisenmenger, Martin e Schandl (2007)	DE, DMC, PTB, consumo total de energia (CTE)	MFA, MSIASM ³⁴	CTE: 1980 e 2000. DMC: Brasil-1995, Chile -2000, Venezuela -1997.	Brasil, Chile e Venezuela	Não houve evidência de desacoplamento de consumo de energia.
West e Schandl (2013)	DMC, PTB, DE	MFA	1970 a 2008	América Latina e Caribe	Não houve desacoplamento
Russi et al. (2008)	DMC, PTB, DE	MFA	1980 a 2000	Chile, Peru, Equador e México	Não houve desacoplamento
Marinque et al. (2013)	DMI, DMC, PTB	MFA	1970 a 2009	Argentina	Desacoplamento relativo
Mazzanti e Zoboli (2009)	Geração de resíduos sólidos municipais	Dados da EUROSTAT	1995-2005	União Europeia	Desacoplamento relativo

³⁴ Multi-Scale Integrated Analysis of Socieal Metabolism.

Fischer-Kowalski e Amann (2001)	DMI, DMC, DPO	MFA	Principalmente para os anos entre 1975 e 1995	Áustria, Brasil Alemanha, Japão, Holanda, Estados Unidos, Reino Unido, e Venezuela	Desacoplamento relativo nas economias desenvolvidas
---------------------------------	---------------	-----	---	--	---

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos estudos empíricos apresentados e resumidos no Quadro 1 verifica-se que há um frequência menor de estudos sobre desacoplamento de impactos e daqueles cujos resultados evidenciaram desacoplamento absoluto. Há evidência de desacoplamento relativo de recursos principalmente nos países desenvolvidos, e o único caso de desacoplamento absoluto de impactos foi na China para alguns poluentes de ar e da água. A presença de mais trabalhos sobre desacoplamento de recursos e não de impactos ocorre, principalmente, pela escassez de dados para muitos impactos ambientais causados pela geração de resíduos e emissões, em especial sobre degradação do solo e da água, como aponta UNEP (2011).

2.5 Estudos empíricos sobre a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental para o Brasil

Freitas e Kaneko (2011) demonstram que no Brasil entre os anos de 2004 e 2009 ocorreu um desacoplamento relativo entre crescimento econômico e emissões de CO₂, provavelmente devido à diminuição do uso intensivo de carbono e da diversificação da matriz energética. Neste trabalho os autores estimam as emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia final utilizando-se da metodologia para composição de inventário de gases do efeito estufa desenvolvida pelo IPCC (2006) e decompõem as mudanças das emissões em vários determinantes para identificar os principais causadores destas alterações. Para esta decomposição de fatores os autores baseiam-se no modelo de índice de Divisia de média logarítmica (LDMI- *log-mean Divisia index*). Os resultados obtidos para o Brasil de desacoplamento relativo são diferentes de algumas economias desenvolvidas, os quais apresentaram desacoplamento absoluto e relativo³⁵. Nestes países a queda verificada nas emissões de CO₂ é resultante de melhorias tecnológicas voltadas para redução da intensidade energética, porém, de forma distinta, os esforços brasileiros são direcionados à mitigação de emissões através de uso mais racional de recursos naturais relacionados à geração de energia.

³⁵ A OCDE (2002) identificou uma incidência sistemática de dissociação relativa entre emissões totais de CO₂ por unidade do PIB para 27 países desenvolvidos durante a década de 1990 (FREITAS e KANEKO, 2011).

No ano de 2009, de acordo com esse mesmo estudo, observa-se um desacoplamento absoluto entre atividade econômica e as emissões no Brasil, sendo este um resultado notável e sem precedentes. Entre 2008 e 2009 as emissões de CO₂ diminuíram em 4,7% e o PIB nacional cresceu 0,3%³⁶, constituindo uma relevante contribuição para o Brasil alcançar padrões de emissão mais baixos que se aproximam de um pequeno grupo de países desenvolvidos. Este efeito sugere a ocorrência de um crescimento econômico acompanhado de uma queda dos impactos ambientais. No entanto, Freitas e Kaneko (2011) apontam que estes resultados poderiam ser alterados devido à perspectiva de crescimento de setores intensivos em energia no país e pela recuperação da economia mundial frente à recessão, sendo esperado, dessa forma, um aumento da produção e do consumo de muitos produtos, ou seja, crescimento da atividade econômica e elevação da intensidade energética, principais causadores do aumento de emissões.

Os próximos trabalhos apresentados não tratam explicitamente de estimativas de *decoupling*, mas compreendem a relação entre crescimento econômico e redução do uso de recursos naturais e impacto ambiental para o Brasil, que podem ser associados à Economia Verde como definida pela UNEP.

Gramkow (2011), baseada no pensamento cepalino, analisa as implicações do atual modelo econômico brasileiro sobre a deterioração ambiental decorrente de suas atividades econômicas para o período entre 1990 e 2005. A metodologia adotada consiste no modelo *Economic Input-Output Life-Cycle Assessment* (EIO-LCA) e utiliza como *proxy* para deterioração ambiental o indicador emissões de gases de efeito estufa. Verificou-se que a intensidade de emissões de gases de efeito estufa do PIB brasileiro apresentou uma tendência ascendente ao longo do período analisado (O PIB cresceu 53% e as emissões de CO₂, 56%), indicando que o atual modelo econômico do país tem gerado cada vez mais danos ao meio ambiente. Essas emissões apresentam um padrão próprio dos países periféricos, pois derivam, predominantemente, da mudança de uso do solo e florestas, sobretudo em decorrência de desmatamento, o qual traz consigo problemas tanto de ordem ambiental, quanto social e econômico.

Machado (2002) avalia os impactos do comércio exterior brasileiro sobre o uso de energia e as emissões de dióxido de carbono do país, utilizando-se de um modelo de insumo-produto em unidades híbridas para estimar os coeficientes totais de intensidade energética primária e de carbono da economia brasileira aplicados às exportações e importações do país,

³⁶ Estes dados foram obtidos na Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2010b (FREITAS e KANEKO, 2011).

nos anos de 1985, 1990 e 1995. O autor verifica que o Brasil exporta, em termos líquidos, energia e carbono embutido nos produtos não energéticos, transacionados internacionalmente pelo país e que os termos de troca em energia³⁷ para o Brasil foram maiores do que 1 e crescentes nesses anos, o que significa que cada dólar recebido com as exportações utiliza mais energia e emite mais carbono que cada dólar dispendido com as importações.

Visentin (2012) verifica se a transição para uma Economia Verde poderia gerar mais empregos no Brasil do que no padrão vigente de crescimento econômico. Por meio de um modelo de insumo-produto simula seis cenários que avaliam quais são os efeitos gerados por maior eficiência no consumo de eletricidade da indústria e por mudança na composição do consumo energético brasileiro (de energia elétrica e derivados de petróleo) sobre a geração de empregos diretos e indiretos. Ao estimar quais seriam os possíveis efeitos que a adoção de uma inovação tecnológica, que permitisse reduzir o consumo de eletricidade da indústria em 2004 em 15% provocaria sobre a geração de empregos conclui que o resultado desta maior eficiência energética é acompanhado por um aumento do desemprego na economia. Evidenciando, portanto, que apenas uma mudança tecnológica não pode causar melhorias dos indicadores sociais do país, ou seja, o desacoplamento não é suficiente, neste caso, para levar o Brasil, automaticamente, em direção à Economia Verde socialmente inclusiva. A autora enfatiza que para ser alcançado o *triple win* (crescimento econômico, sustentabilidade ambiental e inclusão social), buscado pela UNEP, são necessárias medidas adicionais, como o incentivo a setores com baixo potencial de degradação ambiental e que apresentem maior probabilidade de gerar empregos quando comparados a outras atividades que produzem maior externalidade negativa para o meio ambiente.

A maioria das evidências empíricas que relacionam a atividade econômica e o meio ambiente no Brasil são estudos que buscaram testar a hipótese da CKA. Fonseca (2003) relaciona o crescimento econômico com a qualidade ambiental testando a hipótese de uma possível relação entre o PIB *per capita* nacional e a preservação ambiental. Para isto, utiliza-se de dados em painel com o modelo de efeitos fixos e como variável dependente o percentual de áreas estaduais preservadas dos 26 estados brasileiros e do Distrito Federal, para os anos de 1985, 1990, 1995 e 2000. A autora supõe um modelo básico de demanda por proteção ambiental em que os determinantes desta são o nível de renda e as preferências dos indivíduos, e conclui que no Brasil há uma relação direta entre crescimento econômico e

³⁷ Termos de troca em energia é a razão entre os coeficientes totais de intensidade energética das exportações e das importações de bens não energéticos (MACHADO, 2002).

preservação ambiental. No entanto, esta relação não pode ser entendida como uma evolução da qualidade ambiental resultante diretamente do crescimento econômico. Fonseca (2003) sugere que essas melhorias são decorrentes da mudança de atitude das pessoas em relação ao meio ambiente devido ao aumento da renda, ou seja, em termos microeconômicos, a qualidade ambiental torna-se um bem de luxo, revelado pela preferência do consumidor que é medida por sua elasticidade-renda.

Em uma revisão crítica da literatura existente sobre CKA, Brito, Melo e Sampaio (2012) procuraram estimar a curva da CKA para o desmatamento em 560 municípios da Amazônia Legal brasileira através de painéis dinâmicos para o período de 2001 a 2008. Além do crescimento econômico, outras variáveis foram importantes para explicar o desmatamento, como: a tecnologia e a atividade agropecuária. Os autores identificaram fortes problemas apresentados por trabalhos anteriores sobre CKA, como o comprometimento dos resultados devido ao viés de endogeneidade, por isso fizeram uso de uma metodologia não aplicada anteriormente. Para tal estudo, o resultado econométrico não foi significativo sendo explicado, talvez, pela homogeneidade dos municípios relacionados e pela possibilidade da existência de outros fatores não captados estatisticamente. Brito, Melo e Sampaio (2012) apontam que a CKA seja uma abordagem fundamentalmente macroeconômica, diferentemente do trabalho de Fonseca (2003), pois torna-se menos provável quando utilizada em uma análise microeconômica, e destacam a necessidade de métodos mais aprimorados para estimar os modelos de CKA.

Outro trabalho que utilizou o desmatamento como variável dependente sob a hipótese da CKA foi o de Colusso, Perré e Almeida (2012), o qual estimou a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental relacionando a variável área desmatada do bioma Cerrado com as variáveis explicativas do PIB *per capita*, sua forma quadrática e cúbica, área plantada, densidade demográfica e o efetivo de rebanhos bovinos para uma amostra de 1306 municípios no ano de 2008. Através dos modelos de defasagem e erro espacial os autores corroboram a hipótese de “U” invertido da CKA. No entanto, os demais modelos (Durbin espacial de defasagem e do erro e regressivo cruzado) apontaram uma relação linear crescente entre o desmatamento e o PIB *per capita* ao quadrado e, ainda, com a inclusão da forma cúbica do PIB na análise obtiveram uma curva em formato de “N” indicando que o desmatamento crescerá com um aumento contínuo do PIB *per capita*.

Kamogawa (2003) ao aplicar o modelo de CKA relacionou o crescimento econômico com dois indicadores ambientais: qualidade da água e consumo de energia. Utiliza-se da técnica de mínimos quadrados ordinários (MQO) com dados da qualidade da água para o

Estado de São Paulo do período de 1980 a 2000, e de consumo *per capita* de energia do Brasil para os anos entre 1970 e 2001. O autor não corrobora a hipótese testada; verifica que o aumento da renda *per capita* foi acompanhado por uma piora da qualidade da água e elevação do consumo de energia; e salienta que o indicador de qualidade da água não apresenta uma relação direta com a produção industrial, mas sim com o tamanho da população.

Quadro 2 – Relação de trabalhos empíricos sobre crescimento econômico e meio ambiente

Autor(es)	Variáveis ambientais	Método ³⁸	Período	Região	Conclusão
Freitas e Kaneko (2011)	Emissões de CO ₂	LDMI	2004 a 2009	Brasil	Desacoplamento relativo
Oliveira (2011)	Gases do efeito estufa	EIO-LCA	2005	Brasil	As exportações são mais intensivas em emissões por unidade de produto do que as importações
Gramkow (2011)	Emissões de gases do efeito estufa	EIO-LCA	1990 a 2005	Brasil	Não houve desacoplamento
Machado (2002)	Uso de energia e emissões de CO ₂	Insumo-produto	1985, 1990 e 1995	Brasil	As exportações utilizam mais energia e emitem mais CO ₂ do que as importações
Visentin (2012)	Consumo de energia elétrica e derivados de petróleo	Insumo-produto	2004	Brasil	Aumento da eficiência energética gera desemprego na economia
Fonseca (2003)	Áreas estaduais preservadas	Efeitos fixos	1985, 1990, 1995 e 2000	26 estados e Distrito Federal	Corrobora a hipótese da CKA
Brito, Melo e Sampaio (2012)	Área desmatada	Efeitos fixos	2001 a 2008	560 municípios da Amazônia Legal	Não corroboram a hipótese da CKA
Colusso, Perré e Almeida (2012)	Área desmatada	MQO com e sem efeitos espaciais	2008	1306 municípios do Cerrado	Corroboram a hipótese da CKA para alguns modelos
Kamogawa (2003)	(1) Qualidade da água e (2) consumo de energia	MQO	(1) 1980 a 2000; (2) 1970 a 2001	(1) Estado de São Paulo; (2) Brasil	Não corroboram a hipótese da CKA
Santos et al. (2008)	Área desmatada	Efeitos fixos	2000 a 2004	792 municípios da Amazônia legal	Corroboram a hipótese da CKA
Gomes e Braga (2008)	Área desmatada	Efeitos aleatórios	1990 a 2004	Amazônia legal	Corroboram a hipótese da CKA

³⁸ Esta coluna apresenta os métodos utilizados para mensurar os indicadores ambientais, assim como os métodos que relacionam as variáveis ambientais e econômicas nos trabalhos sobre CKA.

Teixeira, Bertella e Almeida (2012)	Taxa desmatada	MQO com efeitos espaciais	2006	139 Municípios do Mato Grosso	Corroboram a hipótese da CKA
-------------------------------------	----------------	---------------------------	------	-------------------------------	------------------------------

Fonte: Elaboração própria.

No Brasil, a maioria dos estudos que tratam da relação entre degradação ambiental e crescimento econômico referem-se a trabalhos sobre CKA e a um período de tempo muito curto, como mostra o Quadro 2 que resume as pesquisas anteriormente descritas³⁹. Estes trabalhos relacionam de alguma forma a degradação ambiental com o crescimento econômico e metade deles corrobora a hipótese da CKA com algumas ressalvas, tais como o poder limitado de explicação das variáveis. Os outros trabalhos apresentam apenas indicadores de emissão de gases de efeito estufa e de consumo de energia. A quantidade de variáveis ambientais estudadas ainda é bem reduzida, com o predomínio de áreas desmatadas e gases de efeito estufa. Isso reflete a necessidade de mais estudos no Brasil que envolvam outras variáveis e principalmente que trabalhem com a relação de longo prazo entre crescimento econômico e degradação ambiental.

2.6 Considerações Finais sobre a revisão teórica e empírica

Esta seção teve como objetivo compreender a discussão sobre a relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente com a apresentação da sua fundamentação teórica e empírica.

A Iniciativa Economia Verde do PNUMA, que se baseia na possibilidade de alcançar o crescimento econômico com igualdade social e sustentabilidade ambiental, consiste fundamentalmente na teoria da CKA de superação do efeito escala pelos efeitos composição e tecnológico, além disto, aponta a necessidade da intervenção do Estado, através de políticas públicas, para alcançar um desenvolvimento sustentável. Ou seja, a Iniciativa apresenta aspectos tanto da Economia Ambiental (principalmente) quanto da Economia Ecológica, sem, no entanto, mencionar uma escala de produção e consumo que seja compatível com a capacidade de suporte do ecossistema.

A adesão de alguns países desenvolvidos à Iniciativa Economia Verde indica que há uma pressão de âmbito internacional para que as economias transitem para um

³⁹ Com mais três trabalhos que não foram citados antes do quadro.

desenvolvimento mais sustentável, através do crescimento econômico com redução da degradação ambiental. No entanto, os autores da Economia Ecológica, como Peter Victor, Tim Jackson e Meadows et al., apontam que para atingir o objetivo de redução dos problemas ambientais seriam necessários maiores esforços, principalmente das economias desenvolvidas, em diminuir sua dependência da produção material, ou seja, desacelerar o crescimento do PIB e/ou modificar os modelos de desenvolvimento vigentes. Pois as evidências históricas demonstram que o crescimento da economia mundial foi acompanhado pelo aumento de impactos ambientais como emissões de CO₂, elevação do consumo de recursos naturais e não promoveu a distribuição dos seus benefícios entre a população mundial.

As evidências empíricas sobre desacoplamento apontam que tem ocorrido desacoplamento relativo e de recursos, principalmente, em alguns países desenvolvidos e sugerem que há ausência de trabalhos que retratem mais desacoplamento de impactos ambientais. Segundo OCDE (2008) e os estudos realizados para os países da América Latina e Caribe, esse desacoplamento relativo de recursos evidenciado nas economias desenvolvidas pode estar relacionado ao acoplamento e, conseqüentemente, aumento da degradação ambiental que vem ocorrendo nas economias latino-americanas. De qualquer modo, desacoplamento relativo não indica redução da pressão ambiental, e muitas vezes o contrário, como salienta Jackson (2013), uma vez que para reduzir a pressão de alguns impactos ambientais é fundamental a ocorrência de desacoplamento absoluto.

A frequência de estudos sobre uso de recursos e não de impactos justifica-se, sobretudo, pela indisponibilidade de dados para este tipo de pressão ambiental. Segundo UNEP (2011), os dados globais sobre pressão ambiental ainda são incipientes, como a utilização do solo e da água doce, e os indicadores mais bem documentados são de emissões de CO₂ e de outros gases de efeito estufa (GEE).

Alguns estudos internacionais que também analisaram o metabolismo social do Brasil não apontaram evidências de desacoplamento no país, mas sim elevadíssimo crescimento da extração e consumo de recursos naturais decorrentes, principalmente, do modelo de desenvolvimento econômico orientado para exportações de produtos primários, de baixo valor agregado, que prevalece nas economias latino-americanas.

Os trabalhos empíricos nacionais revelam que há poucos estudos que exploram a relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente. A maior parte desses trabalhos trata da relação de curto prazo e poucas variáveis ambientais foram analisadas.

Aqueles que corroboraram a hipótese da CKA tiveram como variáveis de pressão ambiental desmatamento e áreas preservadas, entretanto, os problemas ambientais associados a essas variáveis são identificados pela literatura como mitigados após certo nível de crescimento econômico.

Desse modo, conclui-se que são necessários mais trabalhos empíricos que abordem a relação de longo prazo entre a atividade econômica e as pressões sobre o ecossistema.

3. METODOLOGIA DO ESTUDO EMPÍRICO DE DESACOPLAMENTO PARA O BRASIL

Como visto anteriormente, para avaliar a ocorrência de desacoplamento de recurso e de impactos é necessário estabelecer a relação entre um indicador de uso de recursos e de poluição ambiental e um indicador econômico. Por esta razão, o objetivo desta seção é descrever a metodologia utilizada para construção dos indicadores de pressão ambiental que serão utilizados para averiguar a ocorrência de desacoplamento no Brasil, o indicador econômico, assim como as respectivas fontes de dados. Na primeira subseção, são apresentados alguns conceitos e definições da Metodologia do Fluxo de Materiais, método através do qual são derivados os indicadores de uso de recursos: biomassa, minérios metálicos, minerais não metálicos e portadores de combustíveis fósseis. Estes indicadores compõem os indicadores materiais de Extração Doméstica (DE), Consumo Nacional Doméstico (DMC) e balança comercial física (PTB). Em seguida, são abordados os indicadores de impactos que compõem um painel de indicadores, dividido em quatro dimensões ambientais: ar, terra, água e biodiversidade e saneamento. E, finalmente, a descrição do indicador econômico, caracterizado como força motriz da degradação ambiental, o PIB.

3.1 Indicadores de uso de recursos: metodologia e fonte de dados

Nesta subseção serão apresentados os conceitos e princípios da Contabilidade do Fluxo Material (MFA), método que é utilizado para estimar os indicadores de uso de recursos. A MFA permite a mensuração do fluxo e acúmulo de materiais (recursos naturais) em um país, e, conseqüentemente uma visão geral do metabolismo socioeconômico de uma economia nacional. Os indicadores de uso de recursos para Brasil são estimados para o período entre 1970 e 2013 e cada um deles é composto por um conjunto de matérias-primas que foram extraídas diretamente do ambiente natural, medidas em toneladas e utilizadas na atividade econômica, os quais serão descritos a seguir.

3.1.1 Contabilidade do fluxo Material: conceitos e princípios

A MFA contabiliza os fluxos e o balanço de materiais em uma economia, proporcionando a elaboração de contas e saldos que mostram as quantidades físicas de *inputs* que entram em uma economia, a acumulação de material nessa economia, e os *outputs* que vão para outras economias ou voltam para a natureza, como mostrado na figura 2.

Essa metodologia foi desenvolvida inicialmente por Ayres e Kneese (1968 apud FISHER-KOWALSKI; AMANN, 2001), os quais afirmavam que o crescimento da taxa de transferência de material das sociedades humanas poderia exceder a capacidade de suporte da Terra. Os autores se baseavam na perspectiva de que a economia funcionava como um sistema de trocas de materiais com o meio ambiente, e apontavam que o crescimento econômico poderia ser contínuo se pudessemos reduzir a quantidade de material utilizada na economia por unidade monetária.

Essa abordagem, então, foi relativamente perdida de vista e reapareceu em quadros diferentes no início da década de 1990, como por exemplo, “na contabilidade verde” e na elaboração de LCA (FISHER-KOWALSKI; AMANN, 2001). Nesse período, alguns países desenvolvidos (Áustria, Alemanha, Japão) começaram a contabilizar o fluxo de materiais de modo similar à abordagem desenvolvida por Ayres e Kneese (1968 apud FISHER-KOWALSKI; AMANN, 2001) e, aos poucos, outros países foram aderindo a tal prática até que a MFA foi metodologicamente refinada, adaptada para fins de comparação internacional e, no ano de 2000, suas diretrizes foram compiladas em uma publicação do *Statistical Office of the European Union* (EUROSTAT), “**Economy-wide Material Flow Accounts**” (Contabilidade do fluxo material para toda economia), com o apoio de trabalhos oriundos de inúmeras instituições científicas e estatísticas. Este guia metodológico elaborado pela (EUROSTAT) foi atualizado e melhorado algumas vezes e sua última edição foi lançada em 2015.

A Contabilidade do Fluxo Material baseia-se conceitualmente em um modelo de sistemas simples no qual um sistema (aberto) refere-se a qualquer arranjo complexo (ou organismo) que se sustenta através da troca de materiais e energia com o seu meio ambiente, como um ser humano ou uma cidade. Uma economia é considerada um sistema (aberto) biofísico e socioeconômico dentro do seu ambiente socioeconômico e biofísico. Por essa compreensão biofísica de um sistema socioeconômico, o processo de fluxos e acumulação de materiais em uma economia é, geralmente, denominado como metabolismo socioeconômico ou industrial (AYRES; SIMONIS, 1994 apud FISCHER-KOWALSKI; AMANN, 2001; KRAUSMANN et al., 2015; VICTOR, 2008).

As contas de MFA consideram os limites de um sistema e são coerentes com os princípios do sistema de contas nacionais e o princípio de residência, pois associam os fluxos de materiais às transações chamadas de unidades residentes, cujos centros de interesse econômico estão localizados no território econômico nacional (KRAUSMANN et al., 2015). Os fluxos de materiais contabilizados, aqueles que ultrapassam as fronteiras do sistema são: fluxos entre a economia nacional e o ecossistema que são as extrações de materiais primários e as descargas de resíduos e emissões para a água e o ar; e os fluxos materiais que ocorre entre a economia nacional e o resto do mundo (importações e exportações). Esses fluxos podem ser diretos, aqueles que entram fisicamente na economia nacional após a extração, ou indiretos, os quais ocorrem no processo de produção de um produto e referem-se apenas aos fluxos associados às importações e exportações, como, por exemplo, matérias-primas que são utilizadas no resto do mundo e importadas como produtos manufaturados. Os materiais extraídos podem ser utilizados na economia, ou seja, adquirem status de produto, ou não utilizados (extraídos sem intenção de uso) que podem circular na fronteira do sistema. O fluxo de materiais não utilizados é também conhecido como “fluxos ocultos”, por exemplo, partes da biomassa não utilizadas na agricultura, ou sobrecarga de mineração, solo e rocha escavada durante construções. Ou seja, os fluxos indiretos e não utilizados, não entram na economia, mas estão associados à exploração de recursos naturais e ao processo de produção de um produto que do ponto de vista ambiental tem grande relevância.

Como a MFA mede os fluxos de entradas e saídas de materiais, além da variação de estoques na economia nacional medidos em toneladas por ano, é importante conceituar a diferença entre fluxos e estoques. De modo geral, estoque corresponde a uma variável que mede uma quantidade em um ponto no tempo, ao passo que fluxo é uma variável que contabiliza uma quantidade em um período de tempo. Nesse sentido, a MFA considera apenas a mudança de estoques ocorrida no período de um ano e não o estoque propriamente dito (KRAUSMANN et al., 2015).

Os conceitos de contabilidade de MFA se baseiam no princípio da conservação das massas⁴⁰, o qual afirma que a matéria não pode ser criada nem destruída por qualquer processo físico, e proporciona uma base lógica do funcionamento físico da economia e uma formulação suficientemente adequada das trocas materiais do sistema macro (EUROSTAT, 2001; KRAUSMANN et al., 2015). Dessa forma, compreende-se que toda a matéria (*inputs*)

⁴⁰ Este princípio é fundamentado na Primeira Lei da termodinâmica.

que entra no sistema em um determinado período de tempo ela é acumulada dentro do sistema ou exportada para fora dele (*output*), como mostra a seguinte identidade:

$$(3) \text{ Entradas (inputs) totais} \equiv \text{acumulação líquida} + \text{saídas (outputs) totais}$$

A acumulação líquida corresponde à diferença entre o aumento e a redução de estoques. Esse princípio permite verificar a consistência das contas de MFA. Essas contas são frequentemente compiladas com foco na entrada de materiais e em fluxos comerciais, como se realiza neste trabalho.

A estrutura da Contabilidade do fluxo material de toda economia compreende diferentes contas de fluxo de materiais separadas entre entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). As entradas principais são divididas em: extração doméstica (*domestic extraction* – **DE**), **importações** e saldos de fluxos de entrada (*Input balancing items*). E as saídas principais são: **exportações**, saída processada doméstica (*domestic processed output* – **DPO**) e saldos de fluxos de saída. Também são contabilizadas as adições líquidas de estoque (*Net Additions to Stock* – **NAS**), as quais se referem à diferença entre os estoques de entrada e de saída. Essa estrutura equivale ao balanço de materiais da economia na MFA e pode ser representada pela seguinte equação (Krausmann et al., 2015):

$$(4) \text{ DE} + \text{Importações} + \text{Saldos de entrada} = \text{DPO} + \text{Exportações} + \text{Saldos de saída} + \text{NAS}.$$

Por extração doméstica (**DE**) entende-se o montante de matérias primas que são extraídas do ambiente natural com a finalidade de serem utilizadas nas atividades de produção e consumo, que possuem algum valor econômico. Estes materiais consistem em: minerais metálicos (minérios brutos), minerais não metálicos (também denominados, minerais industriais ou de construção), biomassa e combustíveis fósseis. No que concerne ao teor de água, os materiais de biomassa da extração de madeira, grama colhida, forragem retirada por ruminantes são contabilizados com um teor de umidade normalizado em 15%, enquanto às outras matérias-primas, é atribuída a convenção de peso fresco.

Os fluxos de água e ar não são incluídos na MFA, no entanto, alguns materiais podem conter ar e água adquiridos no processo de transformação que afetam significativamente o saldo de massas, por isso os saldos de fluxos de entrada e saída são estimados, pois não são contabilizados nas outras categorias, por exemplo, água proveniente da combustão de combustíveis fósseis e nitrogênio retirado da atmosfera para produção de fertilizantes.

A saída processada doméstica (**DPO**) corresponde aos fluxos de resíduos e emissões de materiais que foram utilizados na economia nacional, tais como resíduos industriais e domésticos depositados em aterros não controlados, emissões para o ar, materiais lançados nas águas e cargas de materiais lançadas em águas residuais, entre outros. Já as adições líquidas de estoque (**NAS**) medem o “crescimento físico da economia” em cada ano, ou seja, são iguais à adição bruta da quantidade (em peso) de novos materiais de construção utilizados em edifícios e outras infraestruturas e materiais incorporados em novos bens de consumo duráveis. E são subtraídos aqueles materiais desativados, como edifícios demolidos e bens de consumo duráveis eliminados, sendo assim, contabilizados na categoria de DPO quando não são reciclados.

E as **importações e exportações** físicas são compostas por mercadorias importadas e exportadas (em toneladas) de todas as fases de processamento, de produtos primários aos manufaturados de alta tecnologia.

Através dessas contas de fluxo material podem ser derivados os indicadores de MFA. Os quais podem proporcionar uma imagem global do metabolismo industrial e ser agrupados em indicadores de entrada, de saída e de consumo (EUROSTAT, 2001), como alguns apresentados na tabela abaixo:

Quadro 3 – Indicadores de fluxo material e derivados

Categoria	Indicadores	Composição
Entrada	DMI ⁴¹	DE (usada) + Importações
	TMR	DMI + materiais não utilizados
Consumo	DMC	DMI – exportações
	PTB ⁴²	Importações – exportações
	NAS	Saldo de Materiais de construção + materiais de bens de consumo duráveis
Saída	DPO	Emissões + resíduos
Intensivos	Taxa metabólica	DMC/ população
	Intensidade Material	DMC/ PIB
	Produtividade Material	GDP/DMC
	Intensidade da área	DE ou DMC/ área total

Fonte: Elaboração própria, com base em Eurostat (2001) e Krausmann et al. (2015).

Cada um desses indicadores de fluxo material pode ser derivado das contas (categorias) individuais de MFA, sem a necessidade de contabilizar todo o balanço material

⁴¹ *Direct Material Inputs* (DMI, Insumos Materiais Diretos, tradução nossa).

⁴² *Physical Trade Balance* (balança comercial física)

representado na equação 3. Por essa razão e devido à dificuldade de estimar todas as categorias do balanço de fluxos materiais de MFA para a economia brasileira, principalmente em razão da indisponibilidade de dados, os indicadores de fluxos materiais aqui mensurados são: extração doméstica (DE) e consumo interno de materiais (DMC), os quais são compostos pelos indicadores de biomassa, minerais metálicos e industriais e combustíveis fósseis; e o indicador de fluxos comerciais, balança comercial física (PTB). Para isso, são construídas contas para cada categoria de materiais extraídos e para as importações e exportações, as quais são apresentadas a seguir.

Os indicadores intensivos mostrados no quadro 3 são assim caracterizados pois não dependem do tamanho do sistema (KRAUSMMAN et. al., 2015) e podem ser utilizados nas comparações entre países para compensar a diferença de tamanho entre eles. Os indicadores de intensidade material e de produtividade são indicadores de eficiência e o indicador de intensidade de área indica a escala física da economia diante do seu ambiente natural. Por exemplo, Krausmman et al. (2008) demonstra que o DMC por unidade de área dos países desenvolvidos com alta densidade população é de longe o maior do globo, 23 t/ha/ano, enquanto que nos países em desenvolvimento com alta densidade populacional, como a China, essa medida é de 9 t/ha/ano.

Existem estudos sobre a intensidade material do Brasil com base em fontes internacionais como o realizado por Krausmann et al. (2008) e West e Schandl (2013), que estão disponíveis publicamente. A originalidade do presente estudo empírico reside na utilização de fontes nacionais e no período mais longo de estudo, que abrange 44 anos. A seguir é apresentada a composição do indicador de biomassa, a fonte de dados e os procedimentos utilizados.

3.1.2 Biomassa

A extração doméstica de biomassa, de acordo com as convenções de MFA, corresponde à biomassa de origem vegetal (material orgânico não fóssil de origem biológica) que é extraída por seres humanos e seus animais, e de origem animal proveniente da caça de animais selvagens e da pesca extrativa (KRAUSMANN et al., 2015). A extração de biomassa proporciona o fornecimento de um grande número de matérias-primas para a produção de alimentos, de energia e outros diversos processos produtivos, como fibras, compostos químicos, materiais de construção etc. A biomassa, de modo geral, contém baixo valor econômico e as pressões ambientais provenientes de sua extração são: desmatamento, erosão

do solo, sobrepesca, perda de biodiversidade, poluição da água e do solo (KRAUSMANN et al., 2015).

De acordo com Krausmann et al. (2015), a quantidade de biomassa colhida pode variar significativamente dependendo das características regionais e do sistema de uso da terra. A extração de biomassa é geralmente elevada nos países com alto número de cabeças de gado por habitante ou com baixas densidades populacionais, como o Brasil.

A conta de fluxo material de biomassa extraída e utilizada da economia brasileira é composta por dados sobre culturas primárias, resíduos de culturas, forrageiras, pastagens, madeira e captura de peixes e outros animais/plantas aquáticos provenientes do banco de dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division* (FAOSTAT) e apresentados no quadro 4 abaixo (para mais detalhes ver Apêndice 1). A categoria de caça e coleta de animais selvagens da conta de biomassa na MFA não foi contabilizada neste trabalho devido à indisponibilidade de dados e por ser considerada de menor importância quantitativa.

Quadro 4 – Extração doméstica de biomassa

A.1 Biomassa	
A.1.1	Culturas primárias
A.1.1.1	Cereais
A.1.1.2	Raízes tuberosas
A.1.1.3	Cana de açúcar
A.1.1.4	Leguminosas
A.1.1.5	Nozes
A.1.1.6	Oleaginosas
A.1.1.7	Legumes
A.1.1.8	Frutas
A.1.1.9	Fibras
A.1.1.10	Outras culturas (pimentas, tabaco...)
A.1.2	Resíduos de culturas (usados)
A.1.3	Pastagens e forrageiras
A.1.4	Madeira
A.1.4.1	Madeira Industrial
A.1.4.2	Lenha ou outras extrações
A.1.5	Captura de peixes e outros animais marinhos
A.1.5.1	Captura de peixes
A.1.5.2	Todos os outros animais e plantas aquáticas

Fonte: Adaptado de Krausmann et al. (2015).

As **culturas primárias** correspondem às colheitas de culturas primárias de lavouras temporárias e permanentes, que incluem alimentos básicos, como frutas, cereais, verduras, raízes tuberosas e culturas industriais. A base de dados deste grupo de biomassa é composta por mais de 78 culturas primárias. Já os **resíduos de culturas** utilizados referem-se à

biomassa residual que pode ser utilizada para produção de energia, matéria-prima industrial, material de leito e alimento para animais, entre outros. Como por exemplo, palhas de cereais e resíduos das outras lavouras (folhas, cascas). Devido à insuficiência de dados para esses resíduos, estes foram estimados com base em fatores de conversão (fator de colheita e taxa de recuperação, tabela 1) retirados de Krausmann et al. (2015) e Wirsenius (2000), através dos seguintes procedimentos:

- a) Foram identificadas as principais culturas que fornecem os resíduos utilizados na economia brasileira: cereais, arroz, raízes tuberosas, cana de açúcar, leguminosas, sorgo, canola.
- b) Em seguida, estimada a parcela de resíduos disponíveis de cada cultura, através da multiplicação da quantidade em toneladas da cultura primária por seu respectivo fator de colheita (fração de resíduos):

$$\text{Resíduos disponíveis (t)} = \text{quantidade da cultura colhida (t)} * \text{fator de colheita}$$

Tabela 1 - Fatores de conversão e taxa de recuperação para resíduos de culturas padronizados para América Latina e Caribe

Culturas primárias	Fatores de conversão	Taxa de recuperação
Cereais	1,5	0,8
Arroz <i>paddy</i>	1,2	0,8
Milho	3	0,8
Sorgo	3	0,8
Raízes e tubérculos	1	0,75
Mandioca	0,8	0,75
Cana de açúcar	0,7	0,9
Leguminosas	0,4	0,8
Soja	1,5	0,8
Amendoins com casca	1,5	0,8
Óleo do fruto de palma	1,9	0,8
Canola	2,3	0,7

Fonte: Elaboração própria, baseada em dados extraídos de Krausmann et al. (2015) e Wirsenius (2000).

- c) E por fim, foi calculada a quantidade de resíduos que é utilizada com a multiplicação dos resíduos disponíveis pela taxa de recuperação de cada cultura. Essa taxa de recuperação média foi estimada por Wirsenius (2000) para diversos grupos de países, como para a América Latina e Caribe (tabela 1):

$$(5) \text{ Resíduos disponíveis usados (t)} = \text{resíduos disponíveis} * \text{taxa de recuperação}$$

Pastagens e forrageiras diz respeito a todos os tipos de alimentos para gado (animais de pastagens) provenientes de forrageiras e biomassa de pastagem removida do ambiente

natural. Milho para silagem, forrageiras de leguminosas ou beterraba são alguns exemplos de forragens utilizadas para alimentação animal. As culturas como soja, cevada, milho que podem também ser destinadas ao uso na produção de alimento humano já foram contabilizadas na primeira categoria. Também devido à falta de dados completos sobre pastagens e forrageiras do Brasil medidas em toneladas, este grupo foi estimado através da abordagem denominada “pelo lado da procura” (EUROSTAT, 2013, p.19), a qual permite estimar a quantidade de biomassa de pastagem utilizando informações sobre a necessidade desse tipo de alimento por ruminantes e outros animais de pastagem, o consumo diário por cabeça e o número de animais de pastagem. Segundo Haberl et al. (2007), a biomassa de pastagem é igual a diferença entre a demanda por alimento animal (equação 6) e a oferta de mercado de alimento (ração), forrageiras e resíduos de culturas destinados a alimentação animal, parcela não comercializada. A demanda por animais é representada pela equação 7:

$$(6) \text{ Pastagem} = \text{demanda por alimento} - (\text{ração} + \text{forrageiras} + \text{resíduos})$$

$$(7) \text{ Demanda por alimento} = \text{número de animais} * \text{consumo anual (t por cabeça e por ano)}$$

$$(8) \text{ Pastagem} + \text{forrageiras} = \text{demanda por alimento}$$

Dessa forma, para estimar a quantidade de pastagem e forrageiras foi aplicada a equação 7 com dados sobre consumo diário médio de espécies de gado em dois sistemas produtivos e de gado bovino e búfalos mensurados para países da América Latina e Caribe (tabela 2), retirados de Krausmann et al. (2015). Como esses valores de consumo foram contabilizados levando em conta a parcela de mercado de alimento (ração) e resíduos de culturas com peso seco (teor de umidade de 15%), foi estimada a quantidade de pastagem e forrageiras através da equação 8.

Tabela 2- Consumo de alimentos por animais de pastagens (em toneladas)

Animais de pastagem	Consumo anual⁴³ (t/cabeça/ano)
Bovino e búfalo	3,5
Burros	2,2
Caprino	0,5
Cavalos	3,6
Mulas	2,2
Ovinos	0,5

⁴³ A quantidade média de consumo diária de gado bovino e búfalo para o Brasil foi calculada com base na média estimada para América Latina e Caribe entre os anos de 1960, 1990 e 2005. Para os outros animais foi calculada a média entre sistema de produção de gado tradicional e o industrial, pois no Brasil são utilizados ambos os sistemas.

Fonte: Elaboração própria com base em dados de Krausmann et al. (2015)

A categoria de **madeira** engloba as madeiras extraídas da agricultura, de plantações de curta rotação e de florestas, caracterizadas como madeira roliça ou industrial e lenha. Os dados foram extraídos das estatísticas florestais da FAO, os quais são diferenciados em madeiras coníferas e não coníferas e relatados em metros cúbicos. Para converter a medida de volume em peso foram utilizadas as densidades de 0,52 (t em 15% de teor de umidade/m³) para coníferas e 0,68 para não coníferas. Além disso, como os dados sobre remoções de madeiras da FAO são relatados sem casca e esta também está sujeita a uma posterior utilização socioeconômica, foram multiplicadas as quantidades de madeiras em toneladas pelo fator de extensão de 1,1, pois a casca equivale a aproximadamente 10% do peso da madeira do tronco (Krausmann et al., 2015).

Para a última categoria de biomassa contabilizada, **a captura de peixes e outros animais aquáticos**, foram considerados apenas dados sobre pesca extrativa retirados das estatísticas de pesca da FAO. Pois segundo as convenções de MFA, animais provenientes da aquicultura não são determinados como extração doméstica, mas, sim, como produtos secundários. Os animais contabilizados foram: peixes marinhos, baleias, focas, moluscos, crustáceos, peixes de água doce e diádromas, outros animais aquáticos.

3.1.3 Minérios metálicos e minerais não metálicos

As categorias de minérios metálicos e minerais não metálicos fornecem uma variedade de matérias-primas que são destinadas a diversos setores e finalidades na economia, como materiais de construção, produtos químicos inorgânicos, sal para alimentos, componentes de bens duráveis, entre outros. Esses materiais extraídos diferem significativamente uns dos outros tanto em aspectos químicos e técnicos, quanto econômicos e ambientais.

A maioria dos minerais extraídos corresponde a matérias-primas de baixo valor econômico a granel, como areia, rocha britada. No entanto, existem os minerais que possuem alto valor econômico, por exemplo, diamante e minérios metálicos preciosos. O impacto ambiental causado pela extração de minerais depende da localização, do tipo de mineração, de mineral e das atividades desenvolvidas pelas pedreiras e mineradoras. Os danos que podem ser causados tanto na extração, como durante o consumo e descarte do recurso são inúmeros, entre eles, destruição de ecossistemas, emissão de resíduos tóxicos, subsidência do solo.

Em MFA, a extração de minerais contabilizada refere-se à produção *run-of-mine*, ou seja, a quantidade total de minério bruto extraído que é submetido a uma primeira etapa de processamento. Os dados sobre produção bruta de minérios e minerais foram extraídos do Anuário Mineral Brasileiro publicado anualmente desde 1972 a 2010 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), exceto para a produção de urânio que foram retirados da base de dados do Ministério de Minas e Energia (MME). Como as informações de produção bruta foram encontradas apenas para os anos (base) de 1970 e 2009, as produções brutas de minerais de 2010 a 2013 foram estimadas com base na taxa de variação anual da produção beneficiada de cada minério, como orientado por técnicos do DNPM (Ver Apêndice 1).

Os minérios metálicos são diferenciados entre ferrosos e não ferrosos, como cobre, chumbo, zinco, ouro, mostrados no quadro 5. O grupo outros metais compreende oito tipos de minérios, que são: berílio, cobalto, cromo, lítio, manganês, monazita, nióbio, tântalo, titânio, tungstênio e zircônio. Vale destacar que no Brasil a mineração de ferro é a atividade mineral mais importante, devido a sua relevância econômica tanto no mercado interno quanto internacional. Utilizado principalmente na indústria siderúrgica (98%) em razão de suas propriedades químicas e físicas (BRASIL, 2009b), o minério de ferro representa em média 70% da produção de minérios metálicos. Segundo o BRASIL (2014c), em 2013 as reservas brasileiras de minério de ferro representavam 13,6% das reservas mundiais, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial; e em termos financeiros, a produção desse minério correspondeu a 59,3% do valor da produção mineral brasileira.

Quadro 5 – Extração Doméstica de minérios metálicos

A. 2 Minérios metálicos	
A. 2. 1	Ferrosos
	A.2.1.1 Ferro
A. 2. 2	Não ferrosos
	A.2.2.1 Cobre
	A.2.2.2 Níquel
	A.2.2.3 Chumbo
	A.2.2.4 Zinco
	A.2.2.5 Estanho
	A.2.2.6 Ouro e Prata, platina
	A.2.2.7 Bauxita
	A.2.2.8 Urânio
	A.2.2.9 Outros metais

Fonte: Elaboração própria com base em Krausmann et al. (2015).

Quadro 6 – Extração Doméstica de minerais não metálicos

A.3 Minerais não metálicos
A.3.1 Rochas ornamentais e de construção
A.3.2 Calcário, gipsita, dolomita
A.3.3 Areia
A.3.4 Argilas e caulim
A.3.5 Minerais químicos e fertilizantes
A.3.6 Sal
A.3.7 outros minerais não metálicos

Fonte: Elaboração própria com base em Krausmann et al. (2015).

Os minerais não metálicos, tais como rochas ornamentais e de construção, minerais químicos e adubos, são apresentados no quadro 6. Em alguns estudos sobre fluxos materiais essa categoria de minerais não metálicos é diferenciada entre minerais industriais não metálicos e minerais de construção, mas essas definições são ambíguas e imprecisas, pois existem minerais que são utilizados em ambos os grupos. Nesse sentido, Krausmann et al. (2015), sugerem a mensuração de um indicador de minerais de construção aproximado (será apresentado na próxima seção), que compreende quase todos os minerais não metálicos, exceto minerais químicos, fertilizantes, sal e outros produtos.

Algumas substâncias que compõem os grupos A.2.2.5, A.3.1, A.3.3, A.3.7 (dos quadros 5 e 6) foram divulgadas em m³ pelo DNPM, entre 1978 e 2007 e para convertê-las em unidades de massa foram utilizadas as densidades dos respectivos materiais fornecidas pelo mesmo órgão. Estes recursos são: estanho; gnaiss, granito, mármore, pedra britada, rochas ornamentais, sodalita; areia; e saibro.

Cada grupo de minerais não metálicos do quadro 6 é composto por mais de uma substância, exceto areia. Este agrupamento difere apenas em dois itens daquela apresentada em MFA, pois segue a classificação realizada pelo DNPM. Em MFA, o grupo A.3.3 é representado por ardósia e o grupo A.3.4 por cascalho e areia, no entanto, neste trabalho, ardósia e cascalho pertencem ao primeiro grupo, rochas ornamentais e de construção. A última classificação elaborada pelo DNPM, leva em consideração a proveniência das substâncias e os seguimentos de mercado (BRASIL, 2002). A categoria outros minerais é composta por mais de 12 grupos de minerais, como: amianto; bário; grafita; cianita e outros minerais refratários; vermiculita e perlita; saibro; quartzo (cristal); mica; fluorita; diatomita; feldspato, leucita e Nefelina-Selnito; geodos, ágatas e Calcedônia entre outros.

3.1.4 Combustíveis Fósseis

Os combustíveis fósseis têm uma formação geológica a partir da biomassa, compreendem materiais em estados líquido, gasoso ou sólido, e possuem um valor econômico a granel médio. Esses recursos são utilizados como matérias-primas em processos industriais e principalmente como fornecedores de energia (Krausmann, et al., 2015). Os problemas ambientais derivados da extração de combustíveis fósseis são inúmeros, como a poluição e destruição de ecossistemas pela extração e transporte de petróleo, diferentes tipos de poluição do ar e aquecimento global, cujos principais contribuintes são os gases derivados da queima de combustíveis fósseis.

Os dados sobre a extração de recursos portadores de combustíveis fósseis foram extraídos das Séries Históricas do Balanço Energético Nacional elaborado pelo MME, exceto sobre carvão mineral, os quais foram retirados do DNPM. Como mostra o quadro 7 esta categoria é dividida em: petróleo, carvão e gás natural. O primeiro grupo é composto por petróleo, Líquido de gás natural (LGN) e Gás Liquefeito de Petróleo, que representam mais de 70% da categoria de combustíveis fósseis, em toneladas.

Quadro 7 – Extração doméstica de combustíveis fósseis

A.4	Combustíveis fósseis
A.4.1	Carvão mineral
A.4.2	Petróleo, LGN, GLP
A.4.3	Gás natural

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Krausmann et al. (2015).

Na MFA os grupos A.4.1 e A.4.2 são denominados *brown coal* (carvão antracito e betuminoso) e *hard coal* (sub-betuminoso e linhito), todavia, nesta dissertação foram compilados e definidos como carvão mineral de acordo com a classificação divulgada pelo DNPM. O carvão mineral depois de submetido a um processo de transformação resulta no carvão metalúrgico e a vapor. No Brasil, o carvão metalúrgico é destinado, principalmente, à indústria siderúrgica e o carvão a vapor, que representa a maior parte do grupo, é utilizado especialmente na geração de energia elétrica (BRASIL, 2014).

Como os dados para alguns combustíveis fósseis são informados em unidades de volume (m^3), para convertê-los em unidade de massa (toneladas) foram utilizadas as seguintes densidades: para o petróleo, 870 kg/m^3 , seus derivados, 550 kg/m^3 (BRASIL, 2007) e para gás natural, $0,8 \text{ kg/m}^3$ (KRAUSMANN et al. 2015).

3.1.5 Importações e exportações

Como visto na subseção sobre os conceitos e definições de MFA, os limites do sistema mais relevantes são: aquele entre a economia e o ecossistema, e a fronteira econômica entre a economia nacional estudada e as outras economias nacionais, ou seja, as exportações e importações.

Os fluxos de importação e exportação na MFA equivalem ao deslocamento de materiais que já adquiriram status de um bem, um produto. Esses materiais que cruzam a fronteira da economia, via comércio internacional, não estão mais no padrão de matérias-primas brutas, como contabilizadas em DE, pois já sofreram algum tipo de transformação. Por isso, nesta categoria é contabilizado o peso bruto⁴⁴ dos bens comercializados, que correspondem a produtos ou mercadorias em diferentes estágios de processamento: produtos básicos, semimanufaturados e produtos acabados. Como apresentado no quadro 8, existem grupos de materiais nesta categoria que não foram incluídos em DE, tais como animais vivos, carnes e produtos derivados, laticínios, importação de resíduos para tratamento final e descarte.

Quadro 8 – Classificação do fluxo de comércio internacional

B.1 Biomassa e produtos de biomassa	
	B.1.1 Culturas primárias e processadas
	B.1.2 Resíduos de culturas (usados)
	B.1.3 Pastagens e forrageiras
	B.1.4 Madeira e produtos de madeira
	B.1.5 Captura de peixes e outros animais e plantas marinhos, primário e processado
	B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne e produtos à base de carne
	B.1.7 Produtos compostos principalmente por biomassa
B.2 Minérios metálicos e concentrados, primários e processados	
	B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço
	B.2.2 Minérios metálicos não ferrosos e concentrados, primários e processados
	B.2.3 Produtos compostos principalmente por metais
B.3 Minerais não metálicos, primários e processados	
	B.3.1 Rochas ornamentais e de construção
	B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita
	B.3.3 Ardósia
	B.3.4 Areia e cascalho

⁴⁴ Ou seja, são contabilizadas as embalagens dos produtos.

- B.3.5 Argilas e caulim
 - B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes
 - B.3.7 Sal
 - B.3.8 Outros minerais não metálicos
 - B.3.9 Produtos compostos principalmente por minerais metálicos
- B.4 Recursos petrolíferos, primários e processados
 - B.4.1 Carvão mineral
 - B.4.2 Petróleo (incluindo líquidos de gás natural)
 - B.4.3 Gás Natural
 - B.4.4 Turfa
 - B.4.5 Produtos compostos principalmente de combustíveis fósseis
- B.5 Outros Produtos

Fonte: Elaboração própria com base em Krausmann et al. (2015)

Os dados sobre comércio internacional foram extraídos do *United Nations Commodity Trade Statistics Database* – COMTRADE, pela classificação *Standard International Trade Classification* (SITC), primeira revisão. A nomenclatura SITC possui uma estrutura de até 5 níveis hierárquicos, ou seja, com códigos de até 5 dígitos, e sofreu quatro revisões desde a sua criação em 1961. Nesta dissertação será utilizada a revisão 1, pois é aquela que compreende dados⁴⁵ para todo o período de 1970 a 2013. As medidas dos produtos que são apresentados com código de unidade de medida em litros ou metros cúbicos, como refrigerante, leite e petróleo, foram convertidas em toneladas. Para o petróleo foi utilizada a sua densidade descrita na subseção anterior, para o leite foi utilizada a densidade de 1,03, considerada para o leite normal com no mínimo 3% de gordura (EMBRAPA, 2005), e para os refrigerantes foi considerada a densidade da água devido a variedade de densidades desses produtos. Ou seja, a quantidade de alguns produtos como a dos refrigerantes e a dos leites foi subestimada, pois não foram contabilizadas as embalagens (garrafas e caixas) nas quais estes produtos estão contidos.

Para estabelecer uma compatibilidade com as nomenclaturas de comércio internacional, a MFA faz a distinção entre diferentes tipos de bens, de forma que cada mercadoria é alocada de acordo com o seu principal componente material, ou com as principais matérias-primas utilizadas na sua produção. Aqueles produtos, cujo componente material principal não é possível identificar, pois consistem em uma mistura complexa de

⁴⁵ Os códigos do COMTRADE SITC Rev. 1 utilizados são apresentados no Apêndice 1.

materiais e foram altamente processados, são identificados no grupo B.5, outros produtos (por exemplo: máquinas e equipamentos elétricos).

Alguns dados do COMTRADE sobre o peso de algumas mercadorias são divulgados em apenas níveis de agregação mais baixos, ou seja, com 3 ou mais dígitos. No entanto, existem dados confidenciais que não são revelados pelas empresas e quando são, geralmente apresentam-se em níveis de agregação mais elevados e por isso pode haver uma discrepância entre o nível mais alto de agregação e a soma dos mais baixos (KRAUSMANN et al., 2015). Para evitar esse problema, foram comparadas as quantidades de algumas mercadorias de cada nível de agregação.

3.2 Indicadores de impacto: composição, tipo de pressão ambiental e fontes de dados

O objetivo desta subseção é definir os indicadores que serão utilizados para análise de desacoplamento de impacto no Brasil. Como visto anteriormente, desacoplamento de impacto ocorre quando há redução da poluição ambiental com o aumento da produção econômica. Essa poluição causada pela atividade econômica deriva de inúmeras causas que afetam o meio ambiente em diversos aspectos e que, conseqüentemente, atingem em algum momento a atividade humana. Por exemplo: a poluição da água de rios proveniente da emissão de resíduos industriais ou pela falta de saneamento básico pode provocar redução da biodiversidade aquática, proliferar doenças para a população que utiliza essa água e ainda prejudicar a atividade pesqueira; a queima de combustíveis fósseis ou de florestas proporciona o aumento de gases de efeito estufa na atmosfera que contribuem para o aquecimento global, do qual derivam inúmeras conseqüências, como acidificação do solo, diminuição do pH dos oceanos e até aumento do nível do mar devido à grande elevação da temperatura que causa derretimento das geleiras (IPCC, 2013)

Por essa dinâmica de causa e efeito, devido à singularidade de cada tipo de poluição, procurou-se construir um painel de indicadores que retrate diferentes dimensões ambientais, tais como: ar, água, terra, biodiversidade e saneamento.

Em razão da disponibilidade de dados, a maior parte dos indicadores é considerada como proxy de dano ambiental, ou seja, são indicadores de pressão ambiental, pois não delineiam o impacto final sobre o ecossistema ou a saúde humana, como os indicadores de *endpoint* de LCA (explicados na seção 2). Os indicadores de impacto aqui utilizados são

similares aos indicadores de *midpoint*, que medem o efeito intermediário do impacto ambiental (por exemplo, emissões de CO₂ e desmatamento da Amazônia). Os critérios utilizados para seleção dos indicadores foram: disponibilidade de dados, correspondência com a dimensão ambiental, potencial para utilização em políticas públicas, período de abrangência acima de dez anos. Em seguida, é detalhada a composição de cada dimensão ambiental e as fontes de dados utilizadas (as tabelas dos valores de cada indicador são apresentadas no Apêndice 3).

Atmosfera

Esta dimensão compreende dois indicadores de poluição atmosférica. O primeiro indicador é “**Emissões de origem antrópica de gases associados ao efeito estufa**”, cujos dados foram extraídos das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (BRASIL, 2014b). Esses dados foram elaborados com base na metodologia empregada pelos relatórios do II Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados do Protocolo de Montreal (2010) e conforme as diretrizes básicas do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Esse indicador corresponde à quantidade de emissões anuais líquidas⁴⁶ dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, provenientes de cinco setores de atividades humanas, que são: agropecuária; produção de energia; mudança do uso da terra e florestas; processos industriais; e tratamento de resíduos. Os gases compreendidos no cálculo são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), cujas emissões foram mensuradas para os anos entre 1990 e 2012, e a unidade de medida utilizada são equivalentes de dióxido de carbono (CO₂ eq., em mil toneladas). Devido aos diferentes potenciais de elevação da temperatura das três substâncias, as quantidades emitidas de CH₄ e de N₂O foram multiplicadas, respectivamente, por 21 e 310, números que correspondem ao potencial de aquecimento global em CO₂ eq. (BRASIL, 2014b).

Outro indicador relacionado trata-se do “**Consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDOs)**”, produzido pelo IBGE para o período entre 1992 e 2013, que expressa o consumo industrial nacional de substâncias destruidoras da camada de ozônio por ano, medidos em toneladas de potencial de destruição de ozônio. Essas substâncias são descritas nos anexos do Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem

⁴⁶ Emissões menos remoções.

a camada de ozônio⁴⁷, o qual propõe a redução e substituição do consumo desses gases até sua eliminação. O Protocolo de Montreal foi estabelecido em razão do consenso e mobilização da comunidade internacional diante das consequências gravíssimas ocasionadas pela destruição da camada de ozônio, a qual é primordial para a conservação da vida no planeta, pois absorve grande parte dos raios ultravioletas que chegam ao planeta e são altamente nocivos aos seres vivos.

Terra

O primeiro indicador de degradação do solo trata-se do **desmatamento da Amazônia Legal**, que corresponde ao aumento acumulado da área desmatada medido em km²/ano, para o período entre 1988 e 2013. A variável taxa de desmatamento anual foi extraída do projeto de monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite - PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A Amazônia Legal compreende uma área de 5.215.423 km², cerca de 61% do território brasileiro, e seu desmatamento além de causar degradação do solo da água, redução da biodiversidade contribui com as emissões de gases de efeito estufa. Esse desmatamento está diretamente relacionado ao avanço da pecuária e de culturas permanentes e temporárias, como a soja (DINIZ, 2009).

Utilizado na atividade agrícola para aumentar a produtividade e atingir níveis elevados de produção, os fertilizantes estão associados à acidificação dos solos, à eutrofização de lagos e rios, à contaminação de aquíferos e à emissão de gases de efeito estufa (IBGE, 2012). Diante destas implicações ambientais, foi selecionado o indicador **uso de fertilizante**, o qual avalia a evolução da intensidade de uso de fertilizantes nas áreas cultivadas do país entre os anos de 1992 e 2013. O indicador construído pelo IBGE é medido pela razão entre a quantidade de fertilizantes vendida e entregue ao consumidor final⁴⁸ e área plantada das principais culturas (kg/ha).

O último indicador desta dimensão reflete a proporção de terras utilizadas pela agricultura, divididas em áreas destinadas à lavoura temporária e permanente, e às pastagens naturais e plantadas. O indicador **uso da terra** é composto pela porcentagem de terras em uso agrossilvipastoril em relação à área total do território nacional. O intervalo de tempo é de 1990 a 2011 e os dados foram extraídos da FAOSTAT (2015).

⁴⁷ As substâncias destruidoras da camada de ozônio constantes do Protocolo de Montreal adotado a partir de 1987 são: ácido Tricloroacético (TCA), hidrocarbonetos halogenados (HALONs), tetracloro de carbono (CTC), hidroclorofluorocarbonos – HCFCs, clorofluorcarbonos (CFCs), brometo de metila e bromoclorometano.

⁴⁸ Os fertilizantes são discriminados segundo os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) (IBGE, 2012).

Água

(1) Água doce

Para mensurar a poluição das águas dos rios brasileiros utilizadas principalmente para o abastecimento público são empregados os indicadores de **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO) e o **Índice de Qualidade da Água** (IQA) para os anos entre 1992 e 2012, ambos extraídos do IBGE (2015). Instrumentos importantes para o diagnóstico da qualidade da água, controle e gerenciamento dos recursos hídricos, estes indicadores são utilizados em muitos países (IBGE, 2012). Esses indicadores apresentam a qualidade das águas interiores do país principalmente de rios que atravessam grandes áreas urbanas e industriais, e aqueles amplamente utilizados no abastecimento de água. O DBO e IQA são aqui mensurados com base na média aritmética das regiões analisadas. O DBO mensura a quantidade de oxigênio que é necessária para degradação da matéria orgânica biodegradável presente na água, em outras palavras, revela a quantidade de esgotos domésticos lançados na água. De acordo com IBGE (2012), o valor de limite máximo para o DBO de águas que podem ser utilizadas no abastecimento público após o tratamento convencional é de 5mg/l (estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA), dessa forma, quanto maior o DBO, pior a qualidade da água.

O IQA, índice desenvolvido no Brasil pela CETESB, evidencia o processo de eutrofização das águas considerando nove parâmetros relevantes⁴⁹ para avaliar a qualidade das águas (IBGE, 2012). Sua medida varia numa escala entre 0 e 100, e quanto maior o índice melhor a qualidade da água, esta sendo considerada boa ou ótima quando o IQA encontra-se na faixa entre 51 e 79, e 79 e 100, respectivamente.

(2) Águas marinhas

A contaminação das águas costeiras do país pode afetar a atividade pesqueira devido à contaminação de estuários e até disseminar inúmeras doenças entre a população que utiliza os balneários para recreação. Uma maneira de avaliar a qualidade dessas águas é mensurar a quantidade de bactérias provenientes de esgotos nessas áreas. Para isso foi utilizado o indicador de **qualidade das águas de praias**, que mede o número médio mais provável de coliformes termotolerantes em cem mililitros de água (NMP/100 ml)⁵⁰, para o período entre

⁴⁹ Esses parâmetros relevantes são: nitrogênio total; DBO; pH; temperatura da amostra; coliformes termotolerantes; turbidez; fósforo total; e resíduo total (IBGE, 2012)

⁵⁰ A maioria das praias das Unidades da Federação foi avaliada pelo número de coliformes fecais /100 ml de água, exceto: Bahia (2011 e 2012), São Paulo (2002 e 2003), Paraná (a partir de 2001), Santa Catarina (a partir

1992 e 2012. Na elaboração do indicador pelo IBGE foram selecionadas praias dos estados do litoral brasileiro que tivessem maior proximidade a grandes centros urbanos e fluxo de pessoas, assim como praias pouco e muito poluídas. Esse indicador é frequentemente utilizado com mais dois indicadores⁵¹ para informar a população sobre as condições de balneabilidades das praias brasileiras (IBGE, 2012).

Os dados apresentados para algumas regiões quanto ao número mais provável de colônias de *Escherichia coli* e de Enterococos (UFC/100 ml), também serão utilizados para analisar a qualidade das praias. Estas são consideradas próprias para banho quando o valor obtido na última amostragem for inferior a 2500 coliformes termotolerantes, ou 400 Enterococos, ou 2000 *Escherichia coli* por 100 ml (IBGE, 2012).

Biodiversidade

O primeiro indicador desta dimensão refere-se a **áreas terrestres protegidas**, que é medido pelo número e áreas dos territórios que estão legalmente sob proteção especial. Estes territórios correspondem às Unidades de Conservação (UCs) federais e às Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (BRASIL, 2015b). As unidades de conservação são divididas em áreas destinadas exclusivamente à preservação do meio ambiente natural, como as Unidades de Proteção Integral; e as Unidades de Uso Sustentável, que diferentemente das áreas anteriores, permitem a presença de populações permanentes, tradicionais, assim como as atividades econômicas que provocam pequenos impactos ambientais, como a produção para a subsistência (IBGE, 2012).

O indicador compreende a área medida em Km² dessas áreas protegidas pela área total dos biomas brasileiros, ou seja, área continental, para os anos entre 1992 e 2013. Os dados sobre as áreas protegidas foram extraídas do IBGE e área continental obtida através do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

As áreas de proteção ambiental constituem o patrimônio biológico nacional, são as principais fontes de água para consumo humano e comunidades tradicionais importantes que

de 2003), avaliadas pelo número de *Escherichia coli*; São Paulo (a partir de 2004), Paraná (2012, exceto praia da Ponta Pita) através da análise de Enterococos/ 100 ml (IBGE, 2015, Ver Anexo 1).

⁵¹ Os outros indicadores que mensuram a qualidade das praias são: o percentual de amostras durante o ano com valores de até 1.000 coliformes fecais ou até 800 *Escherichia coli*, ou até 100 Enterococos (padrão estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA para) todos por 100 ml de água; o percentil 80 anual da qualidade da água, valor abaixo do qual se encontram 80% do conjunto de amostras coletadas (IBGE, 2012).

contribuem com a sua manutenção. A conservação e manutenção dessas áreas são fundamentais para a sustentação da biodiversidade, da qualidade de vida da população e do ponto de vista econômico é importante como fornecedor de serviços ambientais, oportunidades de negócios, como o ecoturismo, e objetos de pesquisa (BRASIL, 2015b; IBGE, 2012).

Outros dois indicadores selecionados são **áreas de proteção marinha** (1992 a 2013) e **estoque de peixes** (1990 a 2011). O indicador de áreas marinhas protegidas mensura a porcentagem de áreas protegidas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Brasil, e estoque de peixes marinhos mede a porcentagem das capturas totais de peixes na ZEE do país composta por espécies listadas como superexploradas ou esgotadas. A ZEE corresponde à toda área marinha que se alonga até 200 milhas da costa do Brasil, que equivale a aproximadamente 3,6 milhões de km² (BRASIL, 2015b). Os dados sobre áreas de proteção marinha foram extraídos do IBGE (2015) e Brasil (2015b) e o indicador de estoque de peixes retirado da base de dados do Índice de Desempenho Ambiental 2014⁵² (HSU et al., 2014).

Saneamento

Três indicadores importantes que caracterizam a qualidade de vida da população e geralmente apresentam valores inferiores nos países em desenvolvimento são: o **acesso da população à água potável**, a **esgotamento sanitário** e a **serviço de coleta de lixo doméstico**. O primeiro indicador refere-se à parcela da população com acesso ao abastecimento de água por rede geral, a qual é tratada e considerada de boa qualidade. Mede a razão entre a população urbana e rural residente em domicílios particulares permanentes com acesso a água abastecida por rede geral e os totais da população urbana e rural. Pela legislação brasileira a água proveniente de outras formas de abastecimento domiciliar, como água de poço e nascentes ou da chuva, não são consideradas adequadas, pois apresentam grande risco de contaminação (IBGE, 2012).

Os outros dois indicadores são medidos de forma semelhante ao primeiro, sendo a diferença o tipo de serviço. Dessa forma, o acesso a esgotamento sanitário expressa a parcela da população que é atendida por rede coletora e fossa séptica, enquanto o indicador de serviço

⁵² O Índice de Desempenho Ambiental classifica o desempenho ambiental dos países diante de políticas de alta prioridade em duas grandes áreas de intervenção ambiental: saúde ambiental e vitalidade dos ecossistemas. O índice é composto por 20 indicadores e foi elaborado pelo *Yale Center for Environmental Law & Policy* da Universidade de Yale. O indicador de estoques de peixe foi retirado do *Sea Around Us Project* da *University of British Columbia Fisheries Centre*. E o indicador de área protegida marinha foi construído com base nos dados do *World Database on Protected Areas* (WDPA) mantido pela UNEP e *World Conservation Monitoring Centre* (WCMC, HSU et al., 2014)

de coleta de lixo doméstico refere-se à parcela da sociedade que é atendida pelo sistema de coleta de lixo em áreas urbanas e rurais. Os três indicadores foram extraídos do IBGE e o período de abrangência compreende os anos entre 1992 e 2011. Cabe ressaltar que o fornecimento desses serviços à população é fundamental para melhoria das condições de saúde, assim como redução da contaminação do solo e de corpos de águas, no caso de acesso a esgotamento sanitário e a coleta de lixo doméstico.

Como a disposição inadequada de lixo também provoca a eliminação de compostos tóxicos e de gases associados ao efeito estufa, foi selecionado o indicador **de destinação final do lixo coletado**, medido pela razão entre a quantidade de lixo com destinação final adequada pela quantidade total de lixo coletada. Este indicador foi mensurado pelo IBGE e são apresentados para os anos de 1989, 2000 e 2008. A destinação final adequada é definida como o encaminhamento apropriado dos resíduos às estações de triagem, composição e reciclagem, a disposição de rejeitos em aterros sanitários e a sua incineração em equipamentos apropriados. Os outros locais onde é lançado o lixo, como aterros controlados, ou vazadores a céu aberto (lixões) são denominados como destinação final inadequada.

Destarte, a redução ou o aumento do impacto ambiental, medidos por esses indicadores, nas dimensões ar, terra, água e biodiversidade serão relacionadas com o desempenho da atividade econômica medido pelo PIB. Um novo indicador de riqueza nacional, o Índice de Riqueza Nacional, que considera aspectos econômicos, sociais e ambientais, também será utilizado para uma análise comparativa. Para tanto, ambos os indicadores serão apresentados a seguir.

3.3 Indicadores socioeconômicos

O “PIB de um país ou região representa a produção de todas as unidades produtoras da economia [...] num dado período [...] a preços de mercados” (FEIJÓ et al., 2003). Ou seja, mede o estoque de capitais, serviços, recursos, produtos agrícolas, bens de consumo, que representam a produção física da economia, em valores monetários, baseada em recursos que são extraídos do meio ambiente e a este retornam como resíduos ou emissões (MEADOWS et al., 2004). Dessa forma, para medir a força motriz da pressão ambiental, é utilizado o PIB do Brasil para o período entre 1970 e 2013, estimado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), e deflacionado pelo deflator implícito do PIB, mais abrangente, que mede a variação média dos preços de um período em relação aos preços do ano anterior, ou seja, a

partir do valor do PIB nominal de 2013 e da taxa de variação real do PIB anual medida pelo IBGE.

Para medir o valor de cada tonelada exportada e importada utiliza-se os valores dos produtos importados e exportados do período entre 1970 e 2013 provenientes do COMTRADE (2015) e como deflator o índice de preços do mercado livre de *commodities* estimado pela *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD, 2015) com base nos valores relativos das exportações de países em desenvolvimento para o período entre 1999 e 2001.

Para estimar a evolução *per capita* dos indicadores apresentados são utilizados os dados da população residente do Brasil, extraídos do IPEA (2015) e calculados pelo IBGE. O período considerado para examinar a ocorrência de desacoplamento de recursos e de impactos corresponderá ao intervalo de tempo de cada indicador de pressão ambiental apresentado nesta seção. A próxima seção reúne os resultados obtidos dessa análise, a qual constitui o objetivo principal desta dissertação.

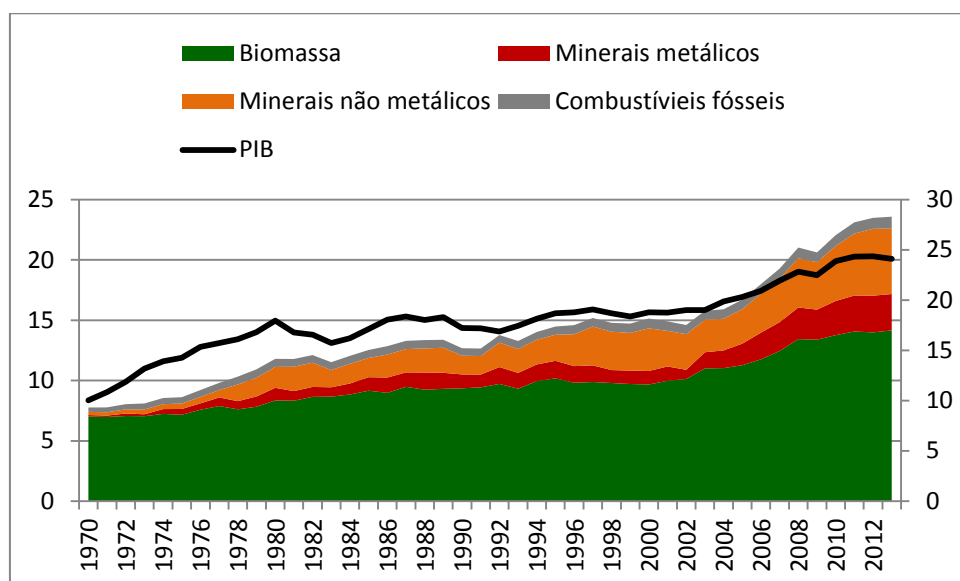
4. RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO DE DESACOPLAMENTO NO BRASIL

O objetivo desta seção é evidenciar a relação de longo prazo entre crescimento econômico e pressão ambiental no Brasil, ou seja, a ocorrência ou não de desacoplamento. Dessa forma, serão apresentados na primeira subseção os resultados da associação entre crescimento econômico e uso de recursos, do maior para o menor nível agregado, em termos materiais. A subseção posterior demonstrará os resultados da ocorrência ou não de desacoplamento de impactos ambientais no Brasil de cada dimensão ambiental.

4.1. Desacoplamento de recursos naturais no Brasil

Os resultados demonstram que não houve desacoplamento de recursos no período entre 1970 e 2010, pois a taxa de crescimento do consumo de recursos naturais *per capita* foi de 203,9%, enquanto a taxa de crescimento do PIB *per capita* foi de 140,4%. Através do gráfico 4, o qual apresenta a evolução *per capita* do consumo de materiais doméstico da economia brasileira em relação ao PIB, pode-se observar que o crescimento do uso de recursos acompanhou o desempenho do PIB, chegando a ultrapassá-lo a partir do ano de 2005. Entre 2005 e 2013 o PIB *per capita* cresceu a uma taxa de 18,6% e o consumo de materiais *per capita*, ou taxa metabólica, mais do que dobrou, com um crescimento de 41,2%. Em 1970, a taxa metabólica do Brasil foi de 7,76 toneladas e passou a 23,59 toneladas em 2013.

Gráfico 4 – Consumo Doméstico de materiais *per capita* (em toneladas) e PIB *per capita* – em mil R\$ de 2013 (1970 – 2013)

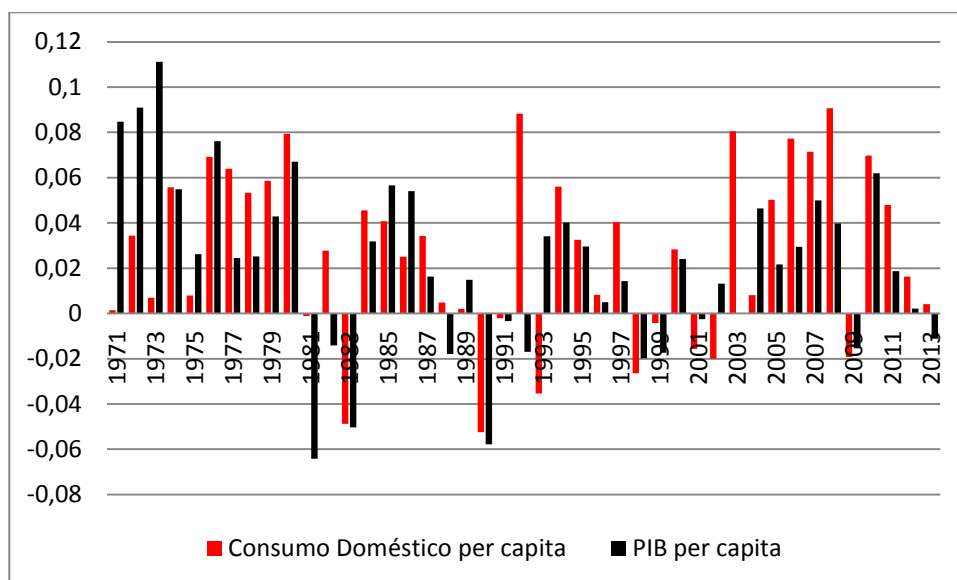


Fonte: Elaboração própria.

Quando as taxas de crescimento do PIB e do consumo nacional de materiais são comparadas em subperíodos, como a cada decênio, verifica-se um desacoplamento relativo apenas entre 1970 e 1979, período de elevadíssimas taxas de crescimento do PIB, principalmente nos três primeiros anos da década.

Entre 1970 e 2013, os únicos anos que não apresentaram crescimento da taxa metabólica foram aqueles em que o PIB também apresentou taxas de crescimento negativas, tais como em 1981, 1983, 1990, 1991, 1998, 1999, 2001, 2009, ou um ano após esse declínio, por exemplo, 1993 e 2002, conforme ilustrado no gráfico 5. Estas reduções da taxa de crescimento do consumo nacional *per capita* foram decorrentes da: queda nas quantidades importadas de produtos petrolíferos, em 1981; redução principalmente das importações e, secundariamente, da extração doméstica, em 1983; diminuição da quantidade de materiais extraídos e das importações especialmente de combustíveis fósseis, em 1990; aumento da taxa de crescimento populacional superior ao da taxa de crescimento de consumo nacional, em 1991; diminuição da extração de quase todos os recursos, exceto combustíveis fósseis, em 1993; elevado aumento das taxas de crescimento das exportações, em 1998; um crescimento maior das exportações e redução das importações, em 2001 e 2002; e em 2009, diminuição da taxa de crescimento de todas as variáveis.

Gráfico 5 – Taxas de crescimento anuais do PIB e DMC, em termos *per capita* (1971-2013)



Fonte: Elaboração própria.

Em razão da evidência de que as taxas de crescimento do consumo nacional de recursos oscilam de acordo com as instabilidades econômicas no Brasil, torna-se relevante mencionar algumas características de natureza estrutural e conjuntural que diferenciam a evolução do PIB e, consequentemente, das taxas metabólicas nos subperíodos a seguir:

- 1970 a 1980: Nesta década houve uma expansão da renda *per capita* brasileira de 79% (6% a.a.), em consequência do crescimento de 129% do PIB (8,7% a.a., em termos reais, a preços de 2013). Os três primeiros anos da década compreende o período conhecido como Milagre Econômico (1967-1973), o qual é marcado pelo alto crescimento do PIB, do nível de investimento no país, da produção industrial, relativa evolução dos termos de troca, aumento do gasto público, todos acompanhados pela intensificação do comércio internacional e pelo excesso de liquidez na economia mundial que facilitava a expansão das exportações brasileiras. Neste período foram implementadas políticas de substituições de importações e expansão das exportações (as quais se iniciaram na década anterior) que tiveram grande importância principalmente na indústria mineral devido aos efeitos dos programas governamentais, como nas áreas de metais não ferrosos, siderurgia e energia (BRASIL, 2009a). O desempenho dos indicadores econômicos não foi seguido por benefícios sociais e no

final da década, intensificaram-se os desequilíbrios relacionados à dívida externa, ao balanço de pagamentos, entre outros, como consequência das políticas econômicas efetuadas anteriormente e do segundo choque do petróleo (1979) (ABREU et al., 2005).

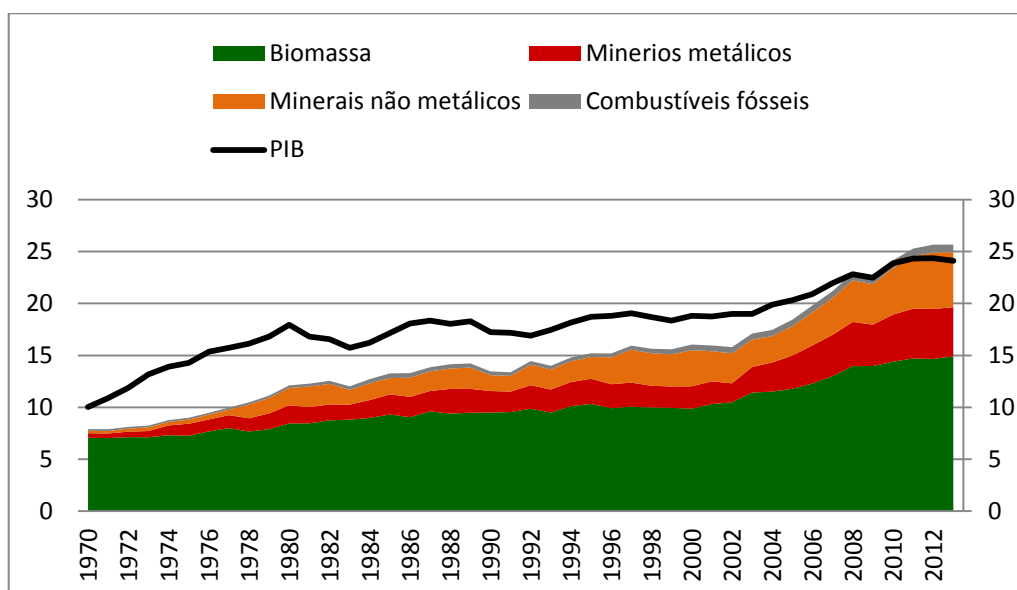
- 1980 a 1990: Diferente da década anterior, neste período verifica-se uma redução da renda *per capita* brasileira de 4% e um crescimento do PIB de 17%. Nesta década, logo após o segundo choque do petróleo (1979) que provoca desaceleração da economia mundial, sob os efeitos das elevadas taxas de juros internacionais e da redução da oferta de moeda externa intensifica-se a crise da dívida externa (dificultada ainda mais com a Moratória do México em 1982) e, consequentemente, o desequilíbrio do balanço de pagamentos. Estes fatores influenciaram notadamente os severos ajustes econômicos entre 1981 e 1983 e as políticas recessivas aplicadas posteriormente (ABREU et al., 2005). Período de completa instabilidade econômica e desestruturação do setor público, agravamento das questões sociais, com a grande aceleração da inflação, a qual foi foco das políticas econômicas principalmente na segunda metade da década. Em 1985, ocorre o início da reconstrução democrática após 20 anos de ditadura e posteriormente a promulgação da Constituição de 1988. Esses desequilíbrios econômicos ocasionaram implicações ao desempenho da economia brasileira que se estenderam ao longo da década seguinte;
- 1990 a 2000: Este período inicia-se com o agravamento da crise econômica e institucional. No entanto, após a implementação do Plano Real, em 1994, inicia-se o processo de estabilização econômica no Brasil e é finalmente conquistado o controle da inflação. Nesta década intensificam-se as privatizações (por exemplo, houve privatização da Companhia do Vale do rio Doce, em 1997) e maior abertura comercial na década, como abertura da mineração brasileira ao capital estrangeiro, em 1995, que significou em extraordinária elevação de investimento estrangeiro nas atividades de mineração (BRASIL, 2009a). Devido a estes e outros fatores adversos combinados aos efeitos da crise do México (1994), Asiática (1997) e Russa (1998), o governo optou por uma política de câmbio sobrevalorizado e o regime de câmbio flutuante no final do período. Verificou-se, ainda nesta década, uma retomada da elevação da taxa de crescimento do PIB *per capita* (de 9%), recuperação dos investimentos e melhorias no contexto social (BRESSER PEREIRA; 2003; GIAMBIAGI; MOREIRA 1999);
- 2000 a 2010: Apesar da desaceleração econômica brasileira no ano de 2001, sob o efeito da crise energética, oscilações adversas da taxa de câmbio e incertezas externas

(crise Argentina), entre 2002 e 2008 houve estabilização da economia brasileira, com avanço das reformas institucionais, conjuntura internacional favorável, bom desempenho do comércio internacional de commodities e redução da vulnerabilidade externa da economia brasileira (FILGUEIRAS ; GONÇALVES, 2007). Além disso, a demanda interna foi incentivada pelas cadeias produtivas do agronegócio, da siderurgia e da construção civil, influenciadas pela expansão da economia mundial, em especial, pela China (BRASIL, 2009a). Nestes sete anos, apesar de permanecer em níveis elevados, houve redução da desigualdade de renda entre a população (IPEA, 2015) e, o PIB cresceu a uma taxa média de 4% a.a. (e 2,4% a.a. em termos *per capita*). Entretanto, em 2008, com a crise mundial econômica e financeira, que ocasionou contração do mercado interno e externo, houve decréscimo do PIB *per capita* de 1,5%. Em 2010, estas variáveis voltaram a apresentar um moderado crescimento;

- 2010 a 2013: Neste intervalo de quatro anos houve um crescimento do PIB *per capita* de 0,9%, com uma taxa de crescimento anual médio de 1,7%. Entre 2012 e 2013, o PIB apresentou um pequeno crescimento de 2,4% e o PIB *per capita* reduziu-se em 1,1%. Verificou-se uma desaceleração da economia brasileira, provavelmente ainda sob os efeitos da crise de 2008 e também, como resultado de erros da política econômica doméstica.

Como o indicador de consumo doméstico é composto pela soma das importações e da extração doméstica de materiais e subtração das exportações, é relevante compreender o desempenho dos indicadores de extração de recursos e de Balança Comercial Física. No período entre 1970 e 2013, a extração interna de recursos naturais *per capita* teve um crescimento de 224,8%, ou seja, não houve desacoplamento da taxa de crescimento do PIB, como demonstra o gráfico 6.

Gráfico 6 – Extração doméstica de materiais *per capita* (em toneladas) e do PIB *per capita* - em mil R\$ de 2013 (1971-2013).



Fonte: Elaboração própria.

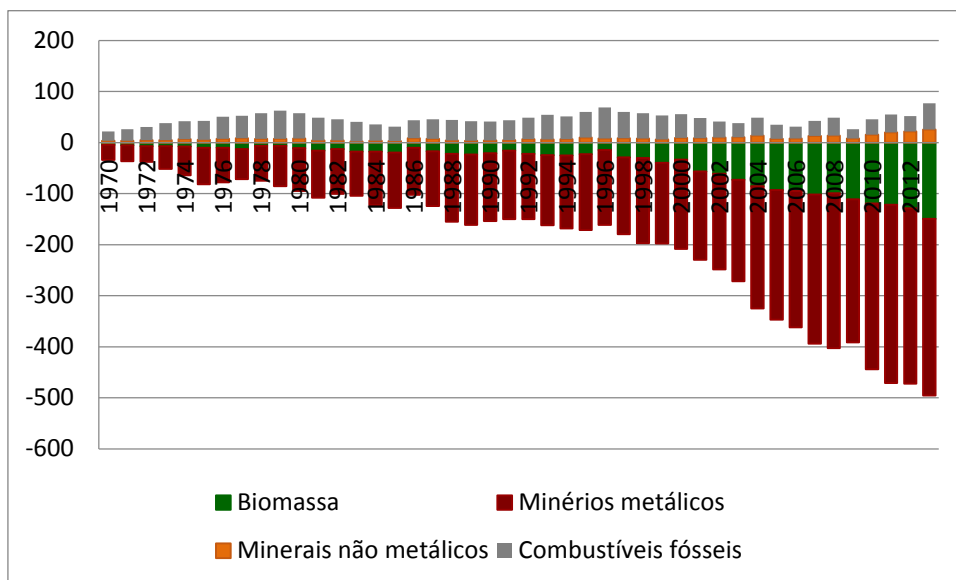
Os períodos nos quais ocorreu maior crescimento da taxa de extração doméstica *per capita* foram nas décadas de 1970 e 2000 (41% em ambos os períodos). Entre 1970 e 1979 houve um desacoplamento da extração doméstica de materiais, devido à elevada taxa de crescimento do PIB. Já entre os anos de 2000 e 2009, o PIB *per capita* cresceu a uma taxa de 19%, ou seja, metade da taxa de crescimento da extração doméstica. Esta década, apresentou a maior porcentagem de DE destinada às exportações, 12%, e a maior redução da Balança Comercial Física de -153 milhões de toneladas para -365 milhões de toneladas (decréscimo de 138%), devido ao grande crescimento das exportações de minerais metálicos, principalmente, e de biomassa.

A redução do crescimento de ambos indicadores DE e PTB em 2008 está associada à contração da demanda externa por matérias-primas ocasionada pela crise econômica e financeira de 2008. Tanto as importações quanto as exportações apresentaram taxas de crescimento negativas entre 2008 e 2009, as quais se tornaram positivas em 2010 e a partir desse ano mantiveram-se em valores reduzidos (exceto em 2012, quando a taxa de crescimento das importações foi negativa).

O gráfico 7 evidencia a Balança Comercial Física deficitária para minérios metálicos e biomassa, e superavitária para minerais não metálicos e combustíveis fósseis. A PTB de minérios metálicos passou de -29 milhões de toneladas em 1970 para -346 milhões de toneladas em 2013 (redução de 1071%), enquanto a PTB de combustíveis fósseis aumentou

de 18 para 51 milhões de toneladas (crescimento de 183%). O recurso que apresentou maior variação de sua PTB foi biomassa, com uma redução de 3019%.

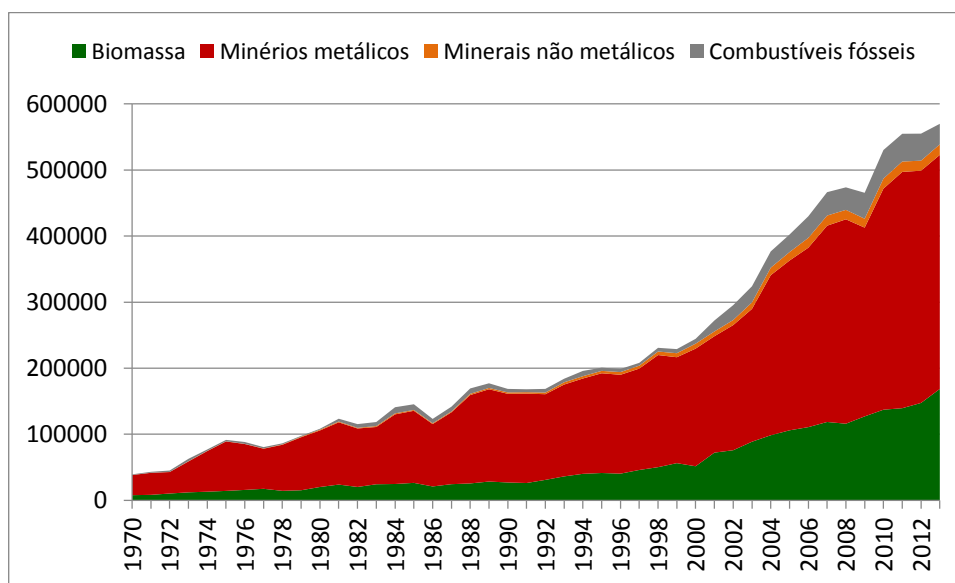
Gráfico 7 – Balança Comercial Física em milhões de toneladas (1970 - 2013)



Fonte: Elaboração própria.

Entre os anos de 1970 e 2013 as exportações e importações cresceram, respectivamente, a taxas de 1348% e 477%. Os principais recursos materiais exportados são minérios metálicos e biomassa (gráfico 8), representados especialmente pelos produtos primários ferro e soja, respectivamente.

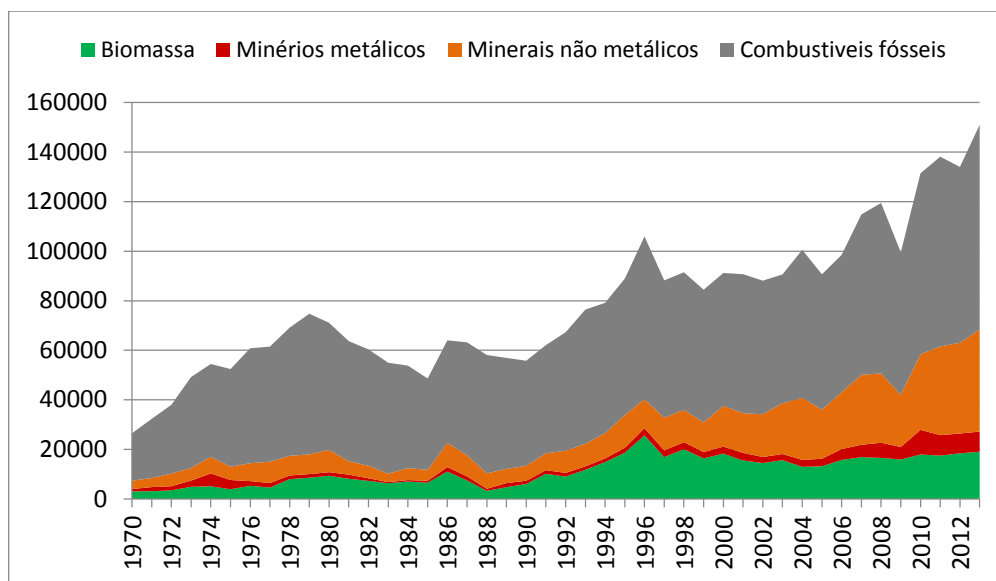
Gráfico 8 - Exportações brasileiras de materiais em mil toneladas (1970 - 2013)



Fonte: Elaboração própria.

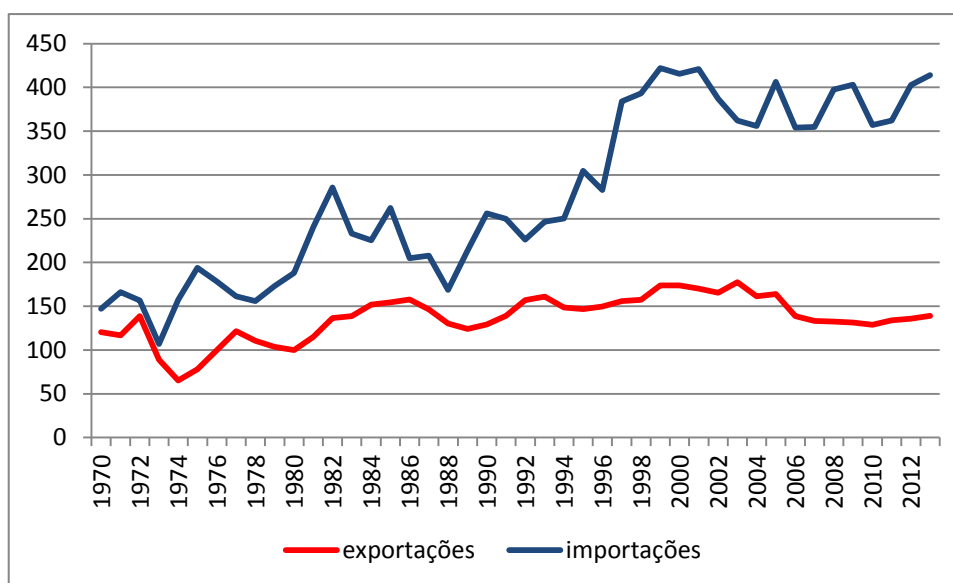
Por outro lado, a pauta de importações de recursos materiais compreende principalmente produtos manufaturados derivados de combustíveis fósseis e minerais não metálicos (gráfico 9). Entre estes produtos destacam-se os derivados de petróleo, como gasolina, combustíveis destilados, e os minerais químicos, fertilizantes e cimento.

Gráfico 9 – Importações brasileiras de recursos materiais em mil toneladas (1970 – 2013)



Fonte: Elaboração própria.

Devido à diferença na composição das importações e das exportações – as importações possuem mais produtos manufaturados que as exportações – o valor total das importações é superior ao valor total de exportações. Dessa forma, o gráfico 10 demonstra que entre 1970 e 2013 o valor de cada tonelada importada corresponde, em média, ao dobro do valor de cada tonelada exportada, ou seja, uma tonelada de exportação só pode ser adquirida com a venda de duas toneladas ou mais de exportações. Além disso, verifica-se que esse distanciamento entre os valores importados e exportados aumentou no longo prazo, sobretudo pela elevação dos preços dos produtos importados.

Gráfico 10 – Valor (US\$ de 2000) de cada tonelada importada e exportada (1970-2013)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do COMTRADE (2015).

Para compreender as particularidades da extração e consumo total de recursos serão analisados os indicadores de biomassa, minérios metálicos, minerais não metálicos e combustíveis fósseis, os quais compõem os indicadores apresentados anteriormente (DE, DMC, PTB).

4.1.1 Consumo nacional de biomassa

No período de análise, entre as quatro categorias de recursos, a biomassa foi o único recurso a apresentar desacoplamento de consumo. O consumo de biomassa *per capita* cresceu a uma taxa de 101,9%, enquanto a sua extração aumentou 110,9%, ambas menores do que a taxa de crescimento do PIB *per capita* (tabela 3), ou seja, um desacoplamento relativo. Exceto o crescimento de culturas primárias, todas as outras subcategorias (A.1.2 pastagens, forrageiras, resíduos; A.1.3 madeira, A.1.4 peixes) tiveram uma taxa de crescimento inferior à do PIB no período.

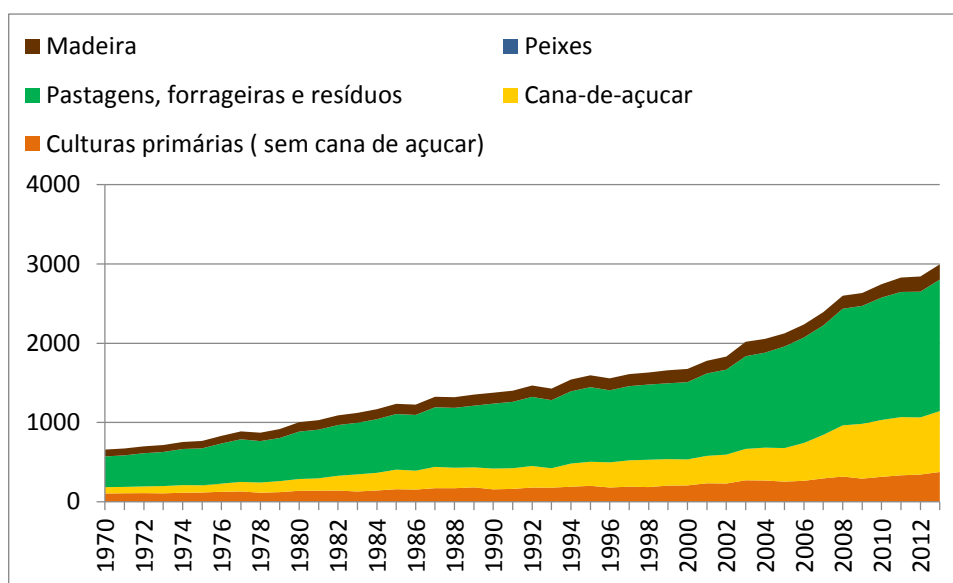
Tabela 3 - Taxas de crescimento dos indicadores de recursos - período entre 1970 e 2013

Indicadores	Crescimento absoluto	Crescimento <i>per capita</i>	Crescimento médio anual	Crescimento médio anual <i>per capita</i>
DE de biomassa	355,2%	110,9%	3,6%	1,8%
DE de minérios metálicos	2220,2%	974,9%	8,3%	6,4%
DE de minerais não metálicos	4878,8%	2206,6%	11,5%	9,5%
DE de combustíveis fósseis	856,3%	343,0%	5,6%	3,7%
DE total	601,2%	224,8%	4,7%	2,8%
DMC de biomassa	335,7%	101,9%	3,5%	1,7%
DMC de minérios metálicos	5173,1%	2342,9%	12,9%	10,9%
DMC de minerais não metálicos	4320,0%	1947,7%	10,9%	8,9%
DMC de combustíveis fósseis	491,6%	174,1%	4,4%	2,5%
DMC total	555,9%	203,9%	4,5%	2,7%
PTB de Biomassa	3018,9%	1344,9%	12,1%	10,1%
PTB de minérios metálicos	1071,3%	442,6%	6,5%	4,6%
PTB de minerais não metálicos	668,4%	256,0%	11,5%	9,5%
PTB de combustíveis fósseis	183,0%	31,1%	4,5%	2,6%
PTB total	3147,0%	1404,3%	11,7%	9,7%
PIB	418,9%	140,4%	4,0%	2,1%

Fonte: Elaboração própria.

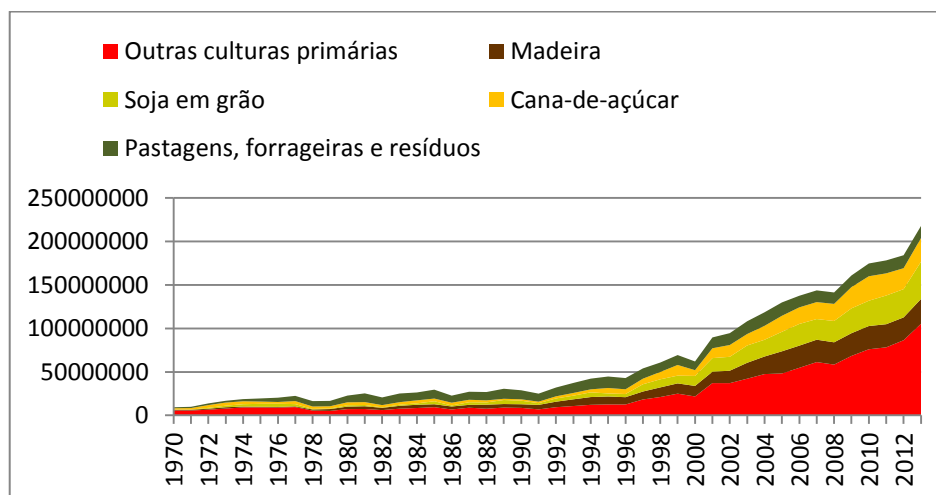
As principais subcategorias de biomassa são pastagens, forrageiras e resíduos (A.1.2) e culturas primárias (A.1.1), as quais se destacam no gráfico 11. A subcategoria A.1.2 corresponde em média a 58% de toda biomassa extraída, entre 1970 e 2013, e apresentou uma taxa de crescimento de 328% nesse período. Este crescimento está associado ao aumento: das áreas de pastagens permanentes, cujo crescimento foi de 27%; da demanda média anual por alimentos para gado, de 312% (a demanda média por bovinos cresceu 363%); do número de cabeças de gado de 278%. Os resultados evidenciam um crescimento das necessidades anuais de alimentos (de biomassa) por animais de pastagem superior ao crescimento da produtividade da pecuária (137%), medido por número de cabeças de gado por mil hectares.

O crescimento dos resíduos é explicado principalmente pela elevação da geração de resíduos da produção de cana-de-açúcar. Este é o principal recurso das culturas cultivadas, o qual representou 43% desta subcategoria em 1970, passando a 67% em 2013. Nesse período, a extração de cana-de-açúcar aumentou 863%, enquanto a taxa de crescimento populacional foi de 116%. A cana-de-açúcar é uma das mais importantes culturas da economia brasileira, principal matéria-prima da produção de biocombustível (etanol), e o Brasil é responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo (BRASIL, 2015d).

Gráfico 11 – Extração de Biomassa em milhões de toneladas (1970 – 2013)

Fonte: Elaboração própria.

Outra cultura de grande relevância na economia brasileira é a soja, a qual ultrapassou a produção de milho a partir do ano de 2000, representando aproximadamente 2% da extração de biomassa em 2013, registrando um crescimento em todo o período de 30002%. Ambas as culturas, soja e cana-de-açúcar, são os principais produtos de biomassa exportados, sendo que a quantidade de soja exportada ultrapassou a quantidade de cana-de-açúcar no ano de 2000. Em 1970, cana-de-açúcar e soja representavam 19% e 3,7% da exportação de biomassa, respectivamente; em 2013 a porcentagem de cana-de-açúcar reduziu-se para 3% e a quantidade de soja passou a ser um quarto do total de biomassa exportado (esses valores tornaram-se 16% e 25%).

Gráfico 12 – Exportação de biomassa em toneladas (1970-2013)

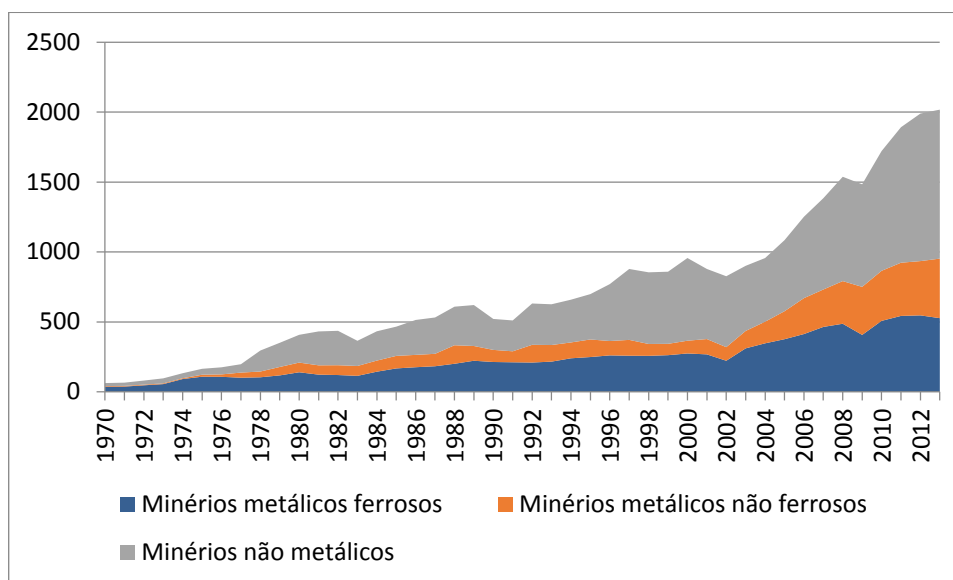
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do COMTRADE (2015).

4.1.2 Consumo nacional de minérios metálicos e minerais não metálicos

No período entre 1970 e 2013, a extração mineral no Brasil teve um crescimento de 3131%, sendo que 2020% foram de minérios metálicos e 4879% de minerais não metálicos.

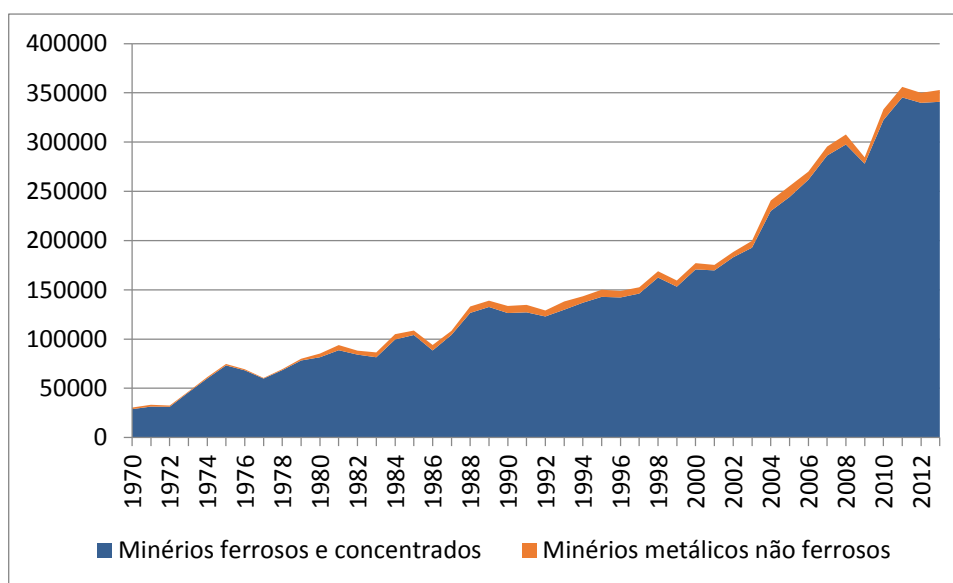
Os minérios metálicos passaram de 5,6% de todos os recursos extraídos em 1970 a 18,4% em 2013. Essa categoria representa a maior parcela das exportações de materiais perfazendo, em média, 72% de todos os recursos materiais exportados. Os principais minérios extraídos são o minério de ferro e ouro, os quais correspondem em média a 70% e 10%, respectivamente, do total de minérios metálicos. O principal minério exportado é o minério de ferro, que representa em média 95,7% das exportações de minérios metálicos e 69,35% do total de recursos materiais exportados.

Gráfico 13 - Extração de minérios metálicos e minerais não metálicos em toneladas (1970-2013)



Fonte: Elaboração própria

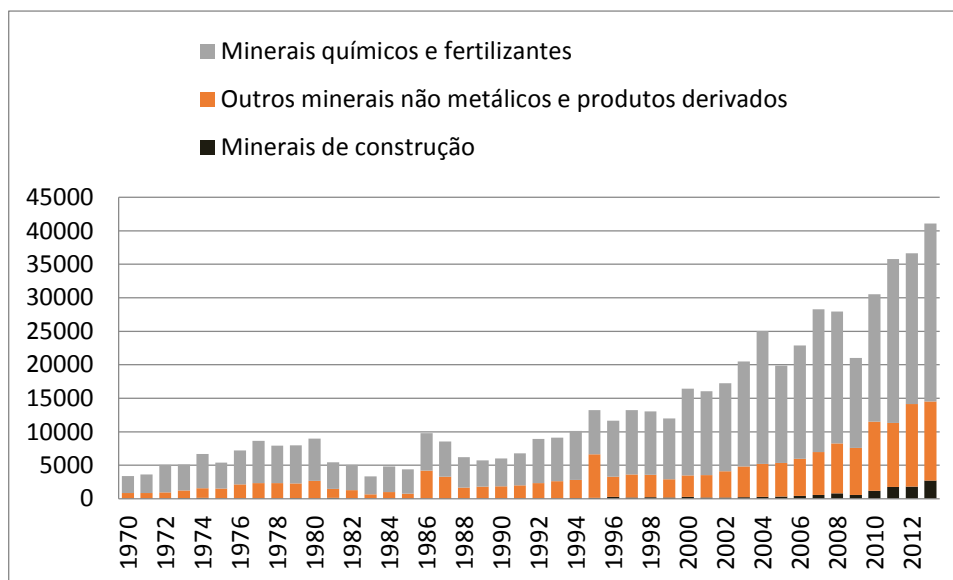
A extração de ferro no Brasil teve um crescimento de 1347% (570% *per capita*) no período em análise, com destaque para os anos entre 2002 e 2008, quando apresentou maior taxa de crescimento devido a maiores investimentos, aumento de reservas e expansão dos correspondentes fluxos internacionais (BRASIL, 2009a; b).

Gráfico 14 – Exportações de minérios metálicos em mil toneladas (1970-2013)

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do COMTRADE (2015).

Os minerais não metálicos correspondem a, aproximadamente, 14% de todos os recursos extraídos no período de estudo. Os principais minerais extraídos são os minerais de construção, tais como: A.3.1 - rochas ornamentais e de construção; A.3.2 - calcário, gipsita, dolomita; A.3.3 – areia; e A.3.4 - argilas e caulim. Esses minerais representam, em média, 90,8% de todos minerais não metálicos e tiveram um crescimento *per capita* de 702% entre 1970 e 2013.

A categoria de minerais não metálicos possui a segunda posição na pauta de importações de recursos, representando 15% de todos os materiais importados, em 1970, e 26,8% em 2013. As importações de minerais não metálicos tiveram uma taxa de crescimento de 1113%, principalmente em razão das importações de minerais químicos e fertilizantes (subcategoria A.3.5), que aumentaram em 945%. O principal produto importado desta subcategoria foi fertilizantes manufaturados, cuja quantidade importada aumentou de 777,1 mil toneladas em 1970 para 10921,1 mil toneladas em 2013, enquanto que a produção brasileira de fertilizantes passou de 191,6 mil para 3191mil toneladas, no mesmo período, evidenciando quão elevada é a dependência externa por estes agrominerais (IFA, 2015).

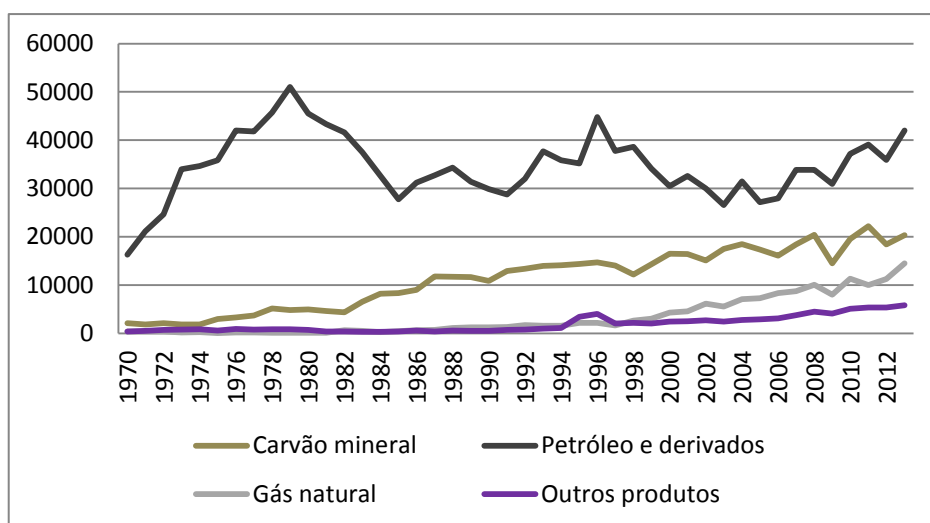
Gráfico 15 - Importações de minerais não metálicos em mil toneladas (1970-2013)

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do COMTRADE (2015).

Outros minerais não metálicos (A.3.7) foi a segunda subcategoria que apresentou maior crescimento das importações, em especial o cimento que teve um aumento de quase 334 milhões de toneladas em 1970 para 2,6 bilhões em 2013.

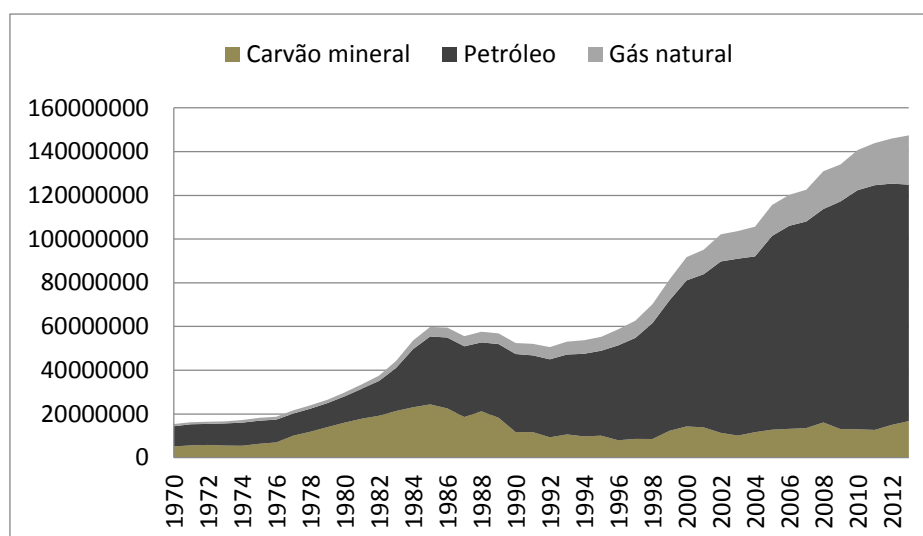
4.1.3 Consumo nacional de combustíveis fósseis

A última categoria de recursos naturais, combustíveis fósseis, corresponde, em média, a 3,7% de materiais extraídos e teve um crescimento de 856% de sua extração entre 1970 e 2013. No mesmo período, esta foi a categoria que apresentou maior importação de recursos, correspondendo a 72% do total importado no início do período e 54% no último ano.

Gráfico 16 – Importações de combustíveis fósseis em mil toneladas (1970-2013)

Fonte: Elaboração própria

Ao longo do período 1970-2013, verifica-se uma taxa de crescimento da quantidade extraída de combustíveis fósseis superior ao crescimento das importações, em 1970 a quantidade importada de combustíveis fósseis foi de 3,7 milhões de toneladas acima da quantidade extraída desses recursos, todavia, em 2013 as quantidades importadas tornaram-se 64,8 milhões de toneladas menores que a quantidade extraída, reduzindo-se, assim, a dependência externa por esses recursos. Esta mudança ocorreu principalmente pelo aumento das extrações de petróleo, recurso mais extraído de combustíveis fósseis (64%, média do período), o qual teve um crescimento moderado na década de 1970, um rápido crescimento nos dez anos posteriores e entre 1995 e 2009, outro forte aumento. Na década de 1980, ao mesmo tempo em que houve um grande aumento da extração doméstica de petróleo (197%), as importações desse recurso diminuíram em 34%.

Gráfico 17 - Extração doméstica de combustíveis fósseis em toneladas (1970-2013)

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do BRASIL (2014a) e BRASIL (2015C).

O Brasil possui elevada dependência externa de carvão (sobretudo carvão do tipo metalúrgico), cujas importações aumentaram em 568% entre 1970 e 2013. A quantidade importada em razão da quantidade extraída de carvão passou de 0,4 em 1970 para 1,21 em 2013. As reservas brasileiras de carvão atingiram seu ponto máximo em 1986, e a partir desse ano apresentaram uma pequena redução. As reservas de petróleo e gás natural tiveram crescimento entre 1975 e 2013 de 1838%, e 1573%, respectivamente. (BRASIL, 2014). No período de estudo, as taxas de crescimento do consumo doméstico de petróleo, carvão mineral e gás natural foram, respectivamente, 398%, 410% e 256%.

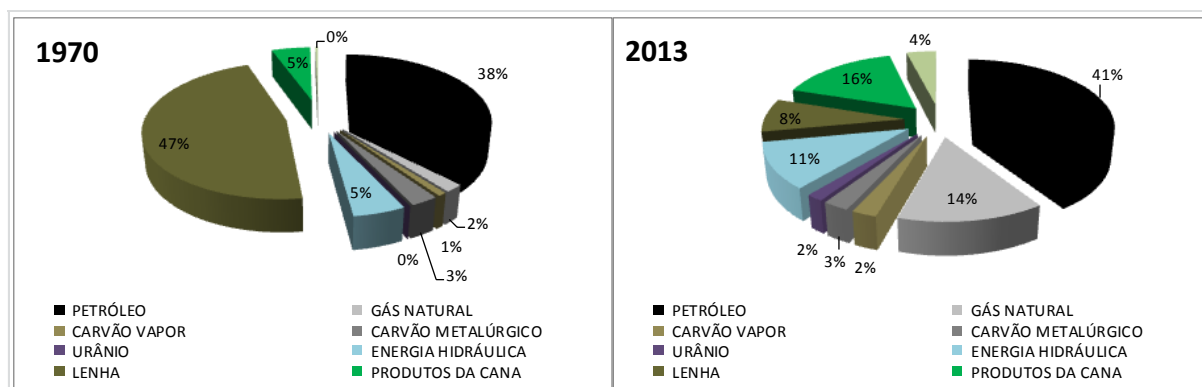
4.1.4 Considerações finais sobre o consumo doméstico de recursos materiais

Esses resultados demonstram que no Brasil vem ocorrendo um acoplamento do consumo de recursos com a produção econômica, diferente do que vem buscando e apresentando algumas economias desenvolvidas. Ou seja, o Brasil está caminhando na contramão do desenvolvimento sustentável em termos de uso de recursos naturais. Entretanto, a dissociação entre crescimento econômico e uso de recursos das economias desenvolvidas pode estar relacionado ao aumento da extração e consumo de materiais que vem ocorrendo no Brasil e em outros países da América Latina, como apontado pela literatura (OCDE, 2008; RUSSI et al., 2008), já que os principais recursos materiais consumidos, como minério de ferro, soja, açúcar e etanol são justamente os principais produtos exportados, cujos principais destinos são as economias desenvolvidas (Estados Unidos, países baixos, Japão, Alemanha), com exceção da China (BRASIL, 2013).

Segundo Krausmann et al (2008) há uma tendência de redução da participação de biomassa consumida e aumento de insumos minerais (combustíveis fósseis, minerais de construção e minérios metálicos) a medida que os países vão passando por um processo de urbanização e industrialização. Nesse sentido, de modo similar ao ocorrido nas economias desenvolvidas em termos de consumo material, no Brasil, apesar do grande crescimento verificado em todas as categorias materiais, ocorreu uma redução da participação da biomassa (de 90 para 65% em 2008, e 60% em 2013), diferente do resultado encontrado por West e Schandl (2013) para este país⁵³, entre 1970 e 2008. Essa diferença dos resultados ocorre, provavelmente, em razão das distintas fontes de dados utilizadas para minérios e minerais⁵⁴ e combustíveis fósseis.

Outra tendência ocorrida nas economias desenvolvidas e que também se verifica no Brasil refere-se à mudança da composição da matriz energética. A oferta brasileira de energia primária em 1970 era composta principalmente por fontes renováveis (aproximadamente 57%), tais como lenha, produtos da cana-de-açúcar e energia hidráulica. Todavia, apesar do crescimento da energia proveniente da cana-de-açúcar de 1269% no período, em 2013, a oferta primária de fontes não renováveis passou a representar 61% do total (gráfico 16).

Gráfico 18- Repartição da oferta interna de energia em 1970 e 2013



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de BRASIL (2014)

De modo geral, ainda que a estrutura de materiais tenha se modificado relativamente devido ao processo de modernização, no período de estudo houve um aumento da intensidade

⁵³ Neste trabalho, os autores apontam que houve um aumento da participação de biomassa no consumo material, entre 1970 e 2008.

⁵⁴ Para medir a extração de recursos minerais na MFA, são necessários dados sobre a produção bruta (*run-of-mine*) desses recursos, que nem sempre estão disponíveis. Por isso, os autores West e Schandl (2013) estimaram a quantidade extraída de minérios e minerais por vários métodos e utilizaram dados provenientes de diversas fontes. No caso desta dissertação essa produção bruta foi obtida diretamente no DNPM, cujas informações são aquelas reportadas pelas empresas mineradoras.

material (DMC/PIB) de 26% na economia brasileira, evidenciando que apesar do crescimento econômico ocorrido no período não houve aumento da produtividade do uso de recursos como matéria-prima. Este fato revela que o não desacoplamento de recursos no Brasil está diretamente relacionado ao modelo de desenvolvimento econômico seguido pelo país, intensivo em recursos naturais e dependente das exportações de produtos primários de baixo valor agregado.

Vale ressaltar ainda que caso os fluxos de materiais ocultos e indiretos relacionados às importações e exportações fossem considerados no cálculo dos indicadores (e lamentavelmente não o foram devido a não haver disponibilidade de dados), muito provavelmente a quantidade de recursos exportados pelo Brasil teria sido superior à evidenciada.

4.2 Desacoplamento de impactos ambientais no Brasil

Como visto anteriormente a evolução do PIB brasileiro ocorre em concomitância com a mudança da composição da matriz energética (aumento do uso de combustíveis fósseis) e a expansão da agropecuária no país. Estes fatores contribuem significativamente com a elevação de impactos ambientais como: emissões de gases de efeito estufa provenientes da produção de energia e principalmente da mudança do uso da terra e florestas; poluição decorrente da intensidade do consumo de fertilizantes, entre outros.

Esta subseção demonstrará, entretanto, que alguns desses e outros impactos ambientais se reduziram, tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, com o crescimento da economia brasileira. Os indicadores de desacoplamento de impactos serão apresentados de acordo com a respectiva dimensão ambiental.

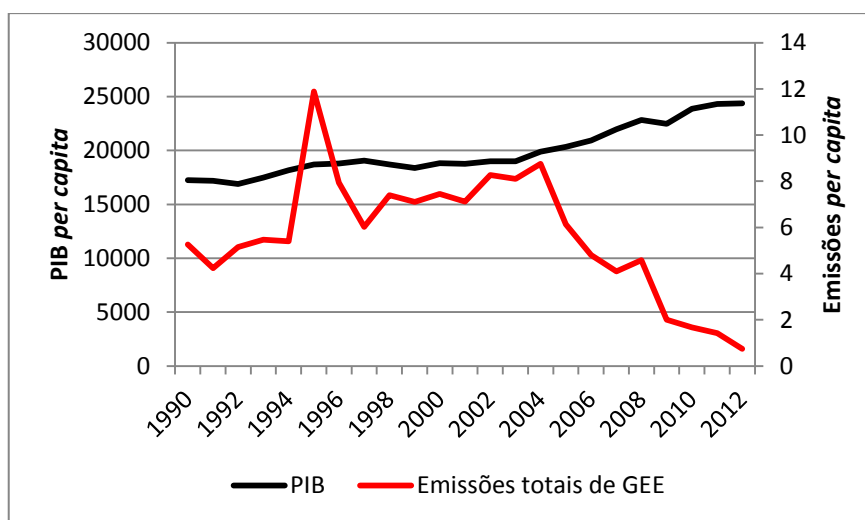
4.2.1 Atmosfera

Os dois indicadores desta categoria evidenciaram a ocorrência de desacoplamento absoluto de impacto devido à redução de ambas as taxas de crescimento enquanto o PIB apresentou taxas de crescimento positivas. O primeiro indicador, **emissões de origem antrópica de gases associados ao efeito estufa**, apresentou um decrescimento de 85%, em razão da diminuição das emissões de CO₂ provenientes principalmente da mudança do uso da terra e de florestas. Este setor é responsável por mais de 99% das emissões totais de gases do

efeito estufa, principalmente pelas emissões de CO₂ (99%), e sua participação nas emissões de CH₄ e N₂O é reduzida (média de 15% e 3%, respectivamente).

O gráfico 19 demonstra que, entre 1990-2012, as emissões de GEE apresentaram um ponto máximo em 1995, ano em que ocorreu a maior taxa de desmatamento na Amazônia Legal desse período, e uma grande redução a partir de 2004.

Gráfico 19 – PIB (R\$ de 2013) e emissões de GEE *per capita* em mil toneladas (1990 – 2012).

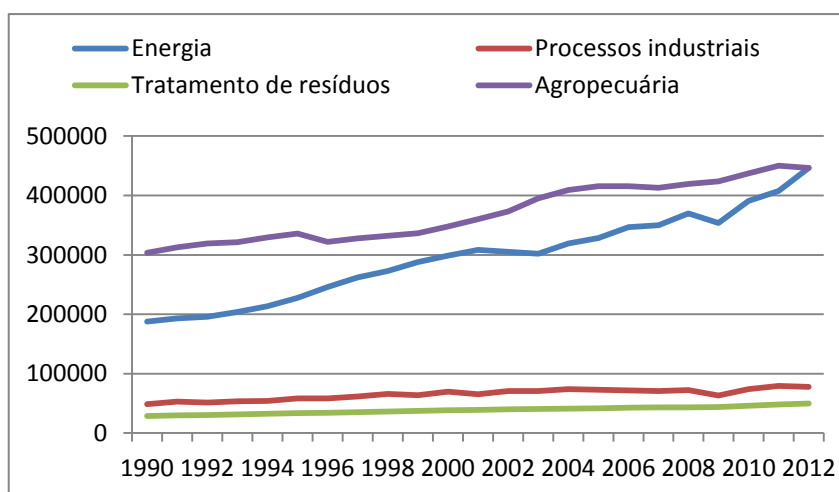


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IPEA (2015) e BRASIL (2014)

O dióxido de carbono é um dos GEE que apresenta menor potencial de retenção de calor, mas o seu impacto é mais crítico devido às grandes quantidades emitidas⁵⁵. No Brasil, as emissões de CO₂ representam quase a totalidade dos GEE, mais de 99%. Por essa razão, o decréscimo das emissões de CO₂ em 81%, entre 1990 e 2012, provocou uma redução de 618 bilhões de toneladas de GEE emitidos, apesar do aumento de CH₄ e de N₂O em 25% e 53%, respectivamente. Essa queda ocorreu em grande medida pela redução do desmatamento ocasionado no Bioma Cerrado e Amazônia (BRASIL, 2014b).

Ainda que em menores proporções, os outros setores que apresentaram maiores emissões de GEE foram energia e agropecuária, como mostra o gráfico 20.

⁵⁵ Ver em Apêndice 1.

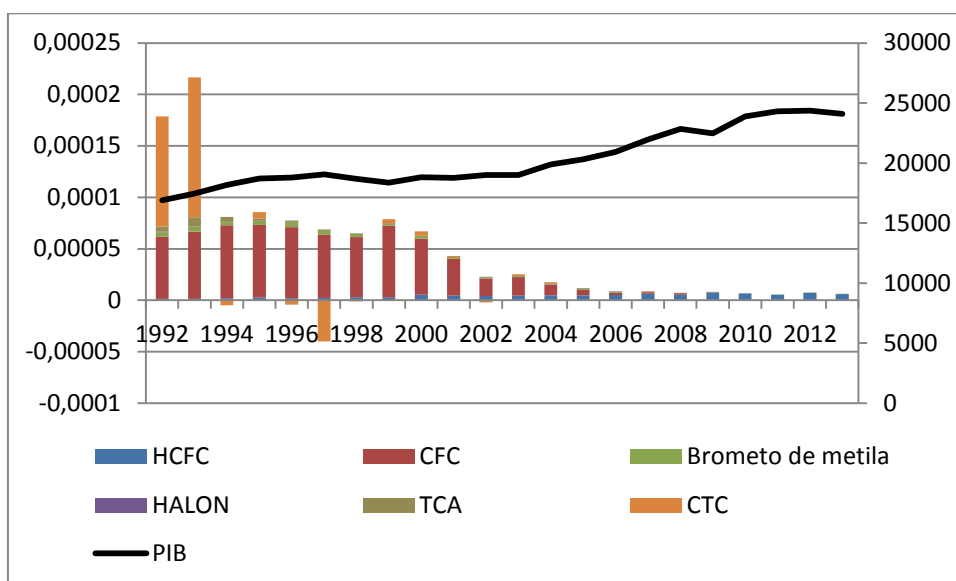
Gráfico 20 – Evolução das emissões de GEE por setores em mil toneladas (1990 – 2012)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados de BRASIL (2014)

Entre 1990 e 2012, a agropecuária foi a atividade responsável por, aproximadamente, 71% das emissões de CH₄ e 89% de N₂O, teve uma taxa de crescimento de 47%, com emissões oriundas principalmente da fermentação entérica do gado bovino. No mesmo período, o setor de energia corresponde a 3 e 2% das emissões de CH₄ e N₂O, respectivamente, e teve o maior crescimento de 138% (superior ao do PIB), com destaque para emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis. Já o setor de tratamento de resíduos sólidos que representa, em média, 10% e 2,6% das emissões de CH₄ e N₂O, cresceu 71% entre 1990 e 2012. E por último, com grau de impacto reduzido o setor de processos industriais, cujas emissões cresceram a uma taxa de 60% e são provenientes, sobretudo da produção de ferro-gusa e aço e de cimento.

O segundo indicador de poluição atmosférica, **consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio**, apresentou uma taxa de crescimento de -97%. Essa redução ocorre principalmente a partir de 1999, quando há forte redução das substâncias CFCs, TCA, HALONs, CTC e brometo de metila, que apresentam maior potencial de dano à camada de ozônio. Esse resultado demonstra que o país vem reduzindo aceleradamente o consumo desses compostos de acordo com as metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal.

Gráfico 21 – PIB *per capita* (R\$ de 2013) e emissões de SDOs⁵⁶ *per capita* (1990-2013)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de IBGE (2015).

Desde o ano de 2007 o uso de brometo de metila foi proibido, exceto para os tratamentos quarentenários de produtos agrícolas e de pré-embarque, cujos consumos são desconsiderados pelo Protocolo de Montreal. Em 2010 o consumo de CFCs foi eliminado e seus substitutos, HCFCs, passaram a responder por todo o consumo industrial nos setores de refrigeração e ar condicionado, solventes, espuma e extintores de incêndio (IBGE, 2012). O composto HCFC, ao mesmo tempo em que possui menor potencial de dano à camada de ozônio, causa aumento do efeito estufa 10000 vezes mais que o CO₂. Por essa razão, o Protocolo de Montreal (2011) tomou a decisão de abolir gradativamente os HCFCs até 2040, dessa forma, reduzir o consumo dessa substância tornou-se um novo desafio para o Brasil nos próximos anos.

4.2.2 Terra

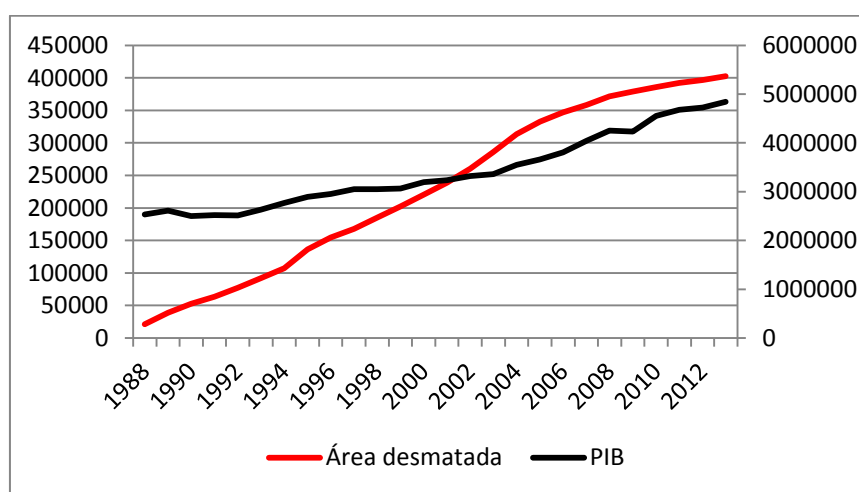
Entre os anos de 1988 e 2013 verifica-se uma redução de 21.050 para 5.891 km² da área desmatada anualmente na Amazônia Legal, cuja extensão engloba o bioma Amazônia, 37% do Cerrado e 40% do Pantanal. Essa redução contribuiu significativamente com a diminuição das emissões de CO₂ provenientes principalmente da mudança do uso da terra e

⁵⁶ Em toneladas de potencial de destruição da camada de ozônio. Os valores negativos correspondem à exportação ou destruição de estoques remanescentes.

florestas no Bioma Amazônia e Cerrado (entre 1990 e 2012), como visto anteriormente. No entanto, apesar da diminuição da taxa de desmatamento, a área desflorestada aumentou em 402.663 km² nesses 26 anos.

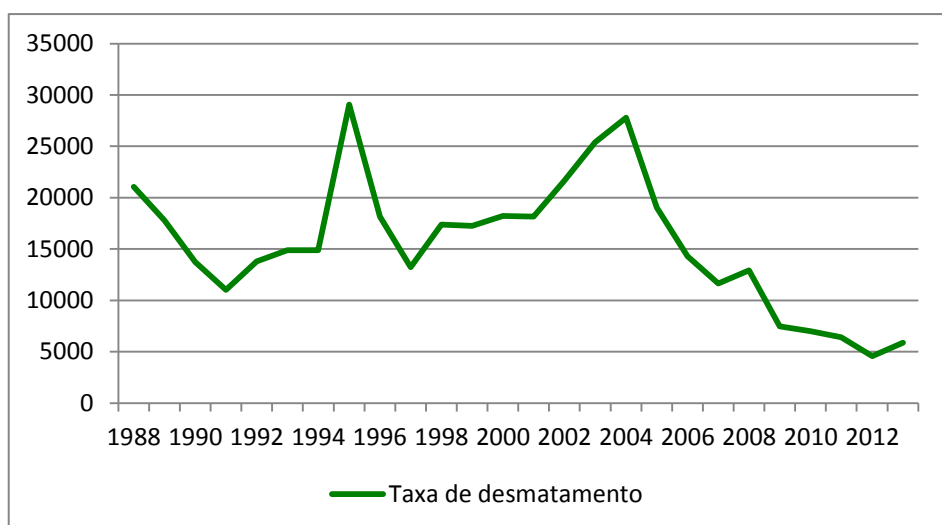
Dessa forma, o primeiro indicador desta dimensão ambiental, **desmatamento da Amazônia Legal**, apresentado no gráfico 22, não evidencia um desacoplamento de impacto, pois a taxa de crescimento da área total desmatada (1235%, em termos *per capita*) foi superior à taxa de crescimento do PIB *per capita* (34%).

Gráfico 22 – Área desmatada (km²) e PIB (em milhões de R\$ de 2013)



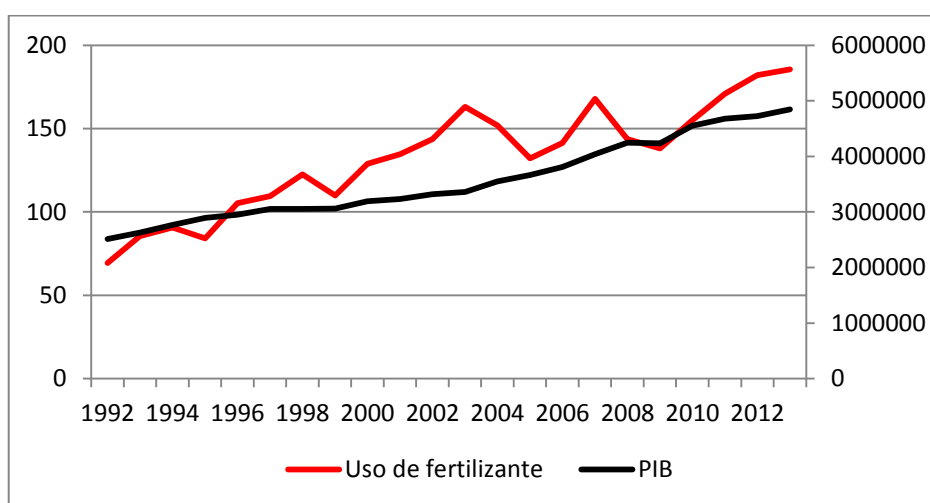
Fonte: Elaboração própria.

A partir de 2004 observa-se grande redução da taxa de crescimento da área desmatada, como mostra o gráfico 23, cuja trajetória é semelhante a aquela apresentada no gráfico 19 sobre as emissões de GEE, evidenciando a forte relação entre ambas variáveis.

Gráfico 23 – Taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal (km²) – 1988 a 2013

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INPE (2014)

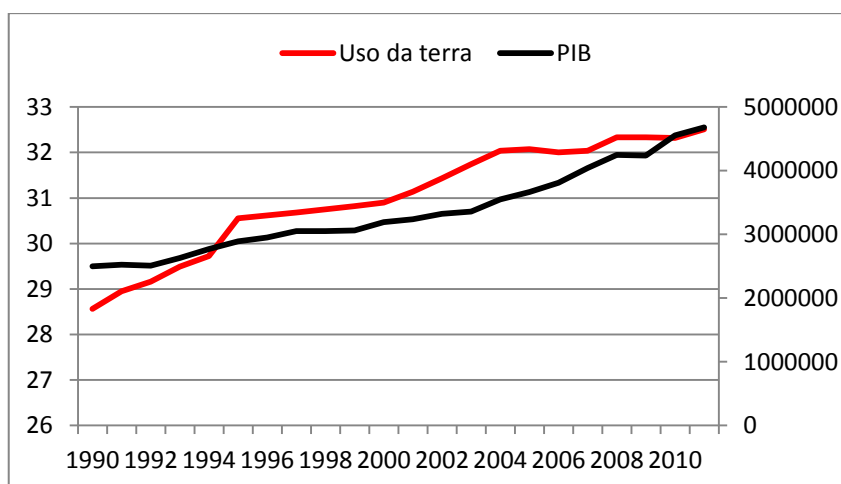
O segundo indicador de poluição da terra, **uso de fertilizante**, apresentou uma taxa de crescimento de 98%, ao passo que o PIB cresceu a uma taxa de 42%, entre 1992 e 2013, ambos em termos *per capita*. Nesse período, a quantidade de fertilizante consumida passou de 69 para 185 quilogramas por hectare (gráfico 24) devido ao aumento do seu uso na produção de cana-de açúcar, soja, milho, café, algodão herbáceo e arroz (IBGE, 2012). Entre os fertilizantes, o potássio apresentou o maior crescimento do seu consumo, enquanto o nitrogênio foi o composto menos consumido em virtude do aproveitamento da fixação biológica desse nutriente nas culturas de soja. Como apontado na subseção anterior, fertilizante é o principal produto mineral importado pelo país.

Gráfico 24 – PIB (em milhões R\$ de 2013) e uso de fertilizantes (Kg/ha)

Fonte: Elaboração própria.

O indicador de **uso da terra** apresentou um desacoplamento relativo devido ao aumento da taxa de crescimento de 16% das terras utilizadas para produção agrícola e pecuária, enquanto o PIB cresceu a uma taxa de 87%, entre 1990 e 2011. O gráfico 25 demonstra que entre 1994 e 1995 houve um rápido crescimento da expansão de terras destinadas a essas atividades, mesmo intervalo de tempo em que é registrada a maior taxa de desmatamento da Amazônia Legal evidenciada no gráfico 23. Observa-se também que a partir de 2004 a porcentagem de uso de terras permanece quase constante em 32%. Nesse período de 22 anos, verifica-se um aumento da taxa de crescimento da produção agrícola e da pecuária superior ao crescimento do uso da terra, ou seja, um aumento da produtividade nessas atividades.

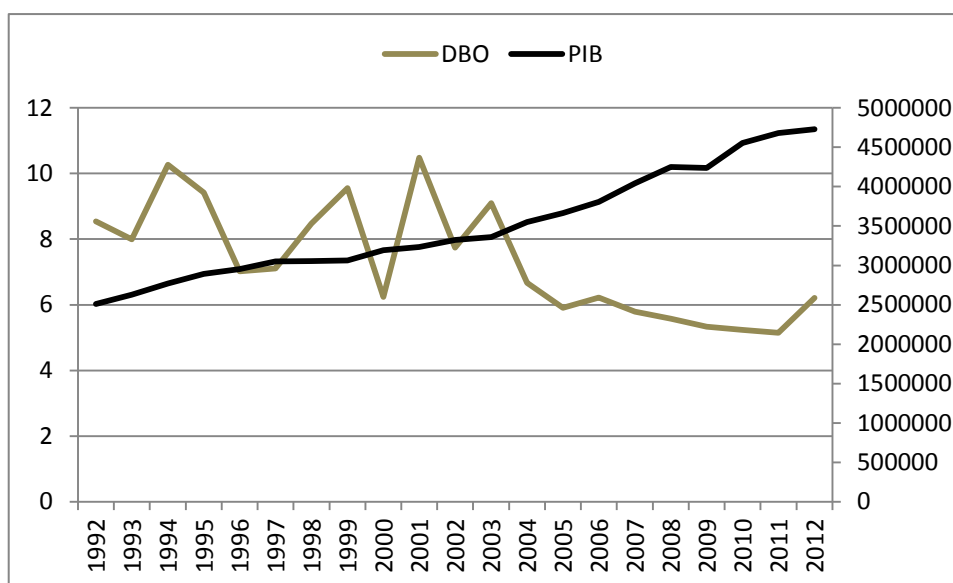
Gráfico 25 – Uso da terra (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013)



Fonte: Elaboração própria.

4.2.3 Água

Os indicadores que retratam a poluição da água doce **Demanda Bioquímica de Oxigênio** e o **Índice de Qualidade da Água** apresentam melhorias na qualidade das águas interiores do país, evidenciando um desacoplamento absoluto de impacto entre 1992 e 2012. Em ambos indicadores ocorreram significativas variações ao longo desses anos devido a diversos fatores que refletem a qualidade da água no momento da coleta, tais como: variações meteorológicas, parâmetros utilizados pelos órgãos ambientais de cada região e os distintos efluentes lançados pelos domicílios e industriais (IBGE, 2015). Nesse período, a quantidade média de oxigênio (DBO) presente em um litro de água reduziu de 8,54 para 6,2 miligramas, como mostra o gráfico 26.

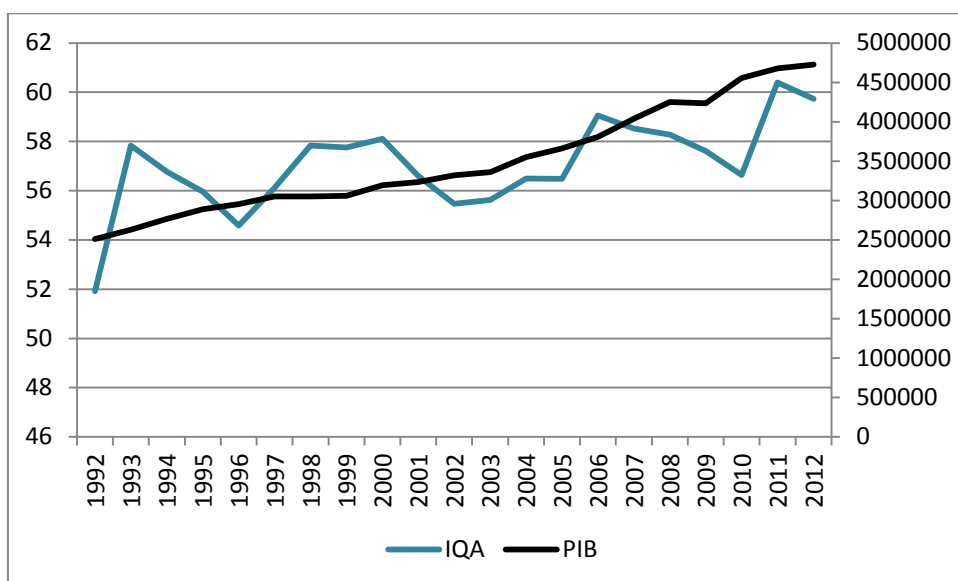
Gráfico 26 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l) e PIB (em milhões R\$ de 2013)

Fonte: Elaboração própria.

A grande redução do indicador BDO ocorre principalmente nos últimos dez anos, e ainda assim, a média, de 6,2 mg/l, permanece acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA para abastecimento público (5 mg/l). Esse resultado é influenciado, principalmente, pelos elevados valores de DBO registrados para o Rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), cuja poluição está diretamente relacionada ao lançamento de grandes quantidades de esgoto doméstico não tratado da área mais populosa do país (RIBEIRO et al., 2014). No ano de 2012, entre vinte e um corpos d'água analisados, seis possuíram valores acima do limite estabelecido para abastecimento público⁵⁷ (5mg/l). Os principais pontos críticos foram do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, com nível de oxigênio de 15,4 mg/l e o Rio Tietê, com 34,3 mg/l (Ver anexo 1).

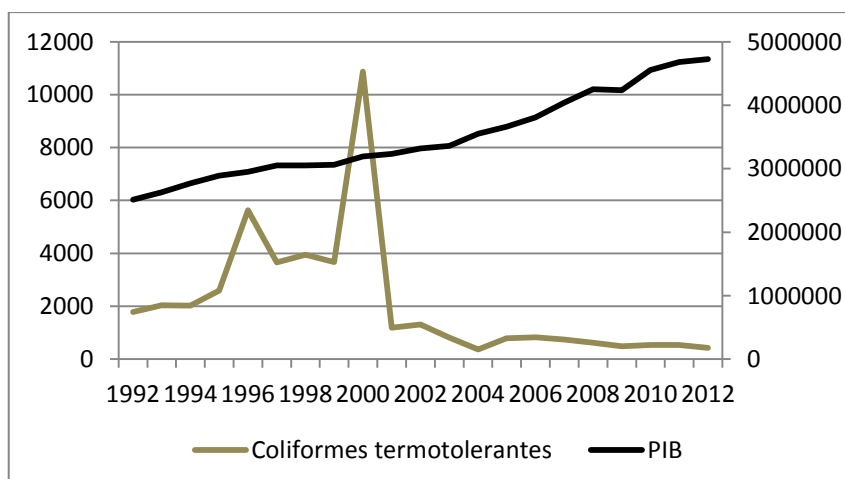
O IQA médio também evidenciou melhorias na qualidade da água nos vinte e um anos, apresentando resultado semelhante ao do DBO. A redução da poluição das águas interiores também é corroborada pelo crescimento de 15% do IQA (gráfico 27). No último ano, a maioria dos rios e bacias hidrográficas atingiu o nível de qualidade bom ($51 < \text{IQA} \leq 79$) e apenas o Rio Jequitinhonha apresentou qualidade ótima (acima de 79). Os Rios Ipojuca (PE) e Tietê (RMSP) com qualidade regular e o Rio Iguaçu (PR) retrocede a qualidade ruim, resultados semelhantes aos do DBO. Em ambos os indicadores o Rio Tietê na RMSP foi o que apresentou os piores resultados ao longo do período.

⁵⁷ Os corpos de água com valores acima de 5 mg/l foram: Bacia do Rio Capibaribe (PE); Bacia do Rio Ipojuca (PE), Bacia do Rio Paraguaçu (BA), Represa Billings(SP), Rio Tietê (SP) e Rio Iguaçu (PR).

Gráfico 27 – Índice de Qualidade da Água e PIB (em milhões R\$ de 2013)

Fonte: Elaboração própria.

Através do indicador de **qualidade das águas de praias** (gráfico 28), verifica-se uma redução da quantidade média de bactérias (coliformes termotolerantes) presentes nas águas costeiras do país de 1786 para 573 NMP de coliformes em 100 ml de água entre 1992 e 2012, indicando melhorias no tratamento de esgotos coletados e lançados nesses corpos de água. A redução desse impacto ambiental ocorre também no período em que há crescimento da população residente em áreas costeiras do país (33% entre 1991 e 2010; IBGE, 2015).

Gráfico 28 – Qualidade das águas de praias (NMP/100 ml) e PIB (em milhões R\$ de 2013)

Fonte: Elaboração própria.

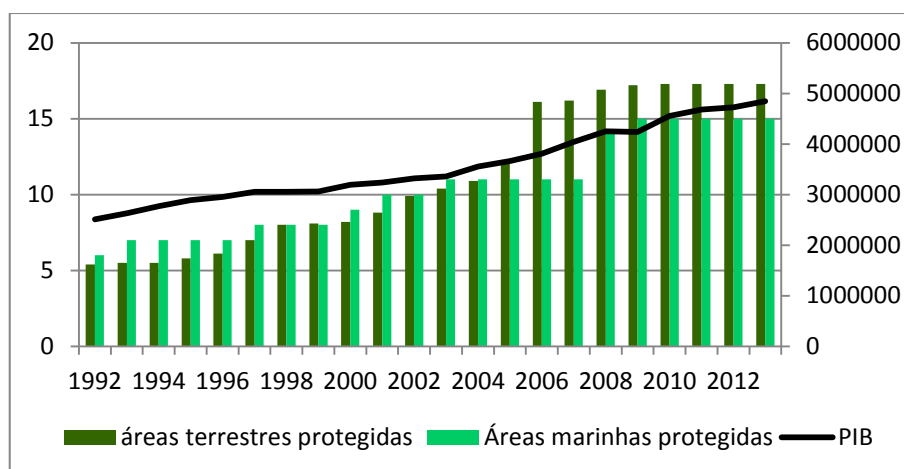
Em 2012, as trinta e três praias avaliadas apresentaram quantidades de bactérias dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA, como próprias para banho. As praias que apresentaram pior qualidade das águas, com valores médios anuais mais elevados, foram: Flamengo (RJ), Jatiúca (AL), Ponta da Pita (PR) e Itapema (SC, tabela 3 do Anexo 4).

Segundo IBGE (2012), a expansão da coleta de esgoto no país, como será apresentada posteriormente, não foi acompanhada pelo aumento do tratamento destes efluentes lançados em corpos d'água, o que justifica a manutenção em níveis críticos da qualidade da água em algumas regiões do país.

4.2.4 Biodiversidade

Entre 1992 e 2013, constata-se um esforço de criação das áreas protegidas no país, que atingiu um total de 1.913 unidades de conservação no último ano. Nesse período houve um crescimento das áreas marinhas protegidas de 151% e das áreas terrestres de 222%. O gráfico 29 mostra dois indicadores de conservação da biodiversidade, **áreas terrestres protegidas** e **áreas de proteção marinha**, que indicam a porcentagem da área protegida pela área continental e marinha, respectivamente. Para uma visualização gráfica mais adequada, os valores das áreas marinhas foram multiplicados por 10, sendo assim, onde indica 6 no ano de 1992, significa que a porcentagem da área de conservação ambiental marinha é de 0,6% da ZEE.

Gráfico 29 – Áreas de proteção marinhas e terrestres (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013)

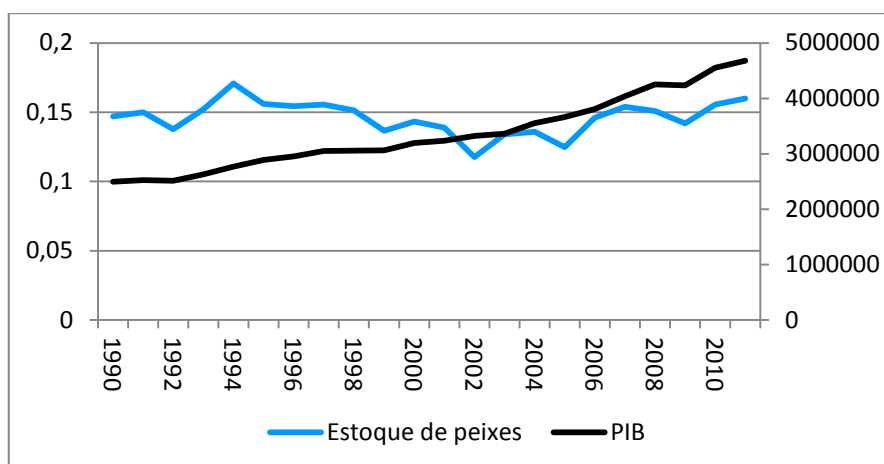


Fonte: Elaboração própria.

Nas áreas terrestres, o Bioma Amazônia possui a maior área em conservação no país, 1.136.304 km², e o Bioma Mata Atlântica compreende o maior número de unidades de conservação, 1071, sendo principalmente áreas de Uso Sustentável (BRASILb, 2015). Entre 1992 e 2013, o número de unidades de conservação terrestres no país aumentou de 404 para 1769, no entanto, a maior parte dos biomas possui uma área protegida relativamente pequena e principalmente no Bioma Mata Atlântica há muita sobreposição entre as unidades de conservação (IBGE, 2012, 2015). O número de unidades de conservação marinha foi de 64 no início do período a 144 no último ano. De modo geral, ambos indicadores revelaram haver desacoplamento absoluto de impacto pelo aumento das áreas de proteção da biodiversidade.

Por outro lado, o indicador **estoque de peixes** evidencia a ocorrência de um desacoplamento relativo de impacto sobre a biodiversidade, pois a porcentagem de peixes superexplorados ou esgotados do estoque total de peixes marinhos cresceu a uma taxa de 8%, enquanto o PIB de 87%. O gráfico 30 demonstra que essa porcentagem de peixes aumentou de 15 para 16%, entre 1990 e 2011.

Gráfico 30 – Estoque de peixes (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013)



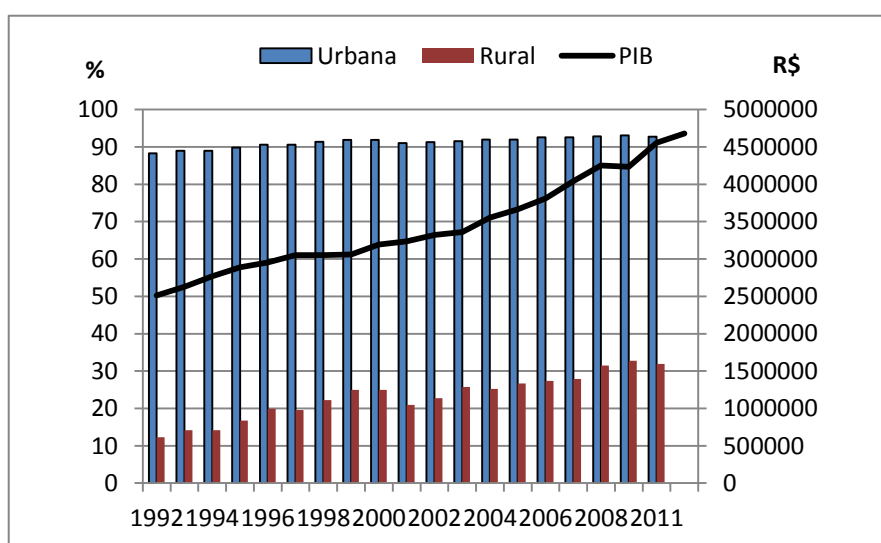
Fonte: Elaboração própria.

4.2.5 Saneamento

Os quatro indicadores dessa dimensão socioambiental, que procura evidenciar mudanças na qualidade de vida da população em termos de serviços básicos de saneamento a esta prestados, registraram um desacoplamento absoluto de impacto, devido à redução dos respectivos impactos ambientais representados.

O indicador **acesso da população à água potável** demonstra que houve aumento de 5% da população urbana com abastecimento adequado e 159% da população rural, entre os anos de 1992 e 2011 (gráfico 31). Neste último ano, a parcela da população urbana atendida pelo serviço de rede geral foi de 92,7% e a rural de 31,9%. A maior parte da população rural, em 2011, foi abastecida com água de poço ou nascente (57,2%), consideradas inadequadas, e o restante da população, 4,5 milhões de pessoas (0,8% urbana e 10,9% rural), ainda utiliza outro tipo de abastecimento, como cacimba ou água da chuva.

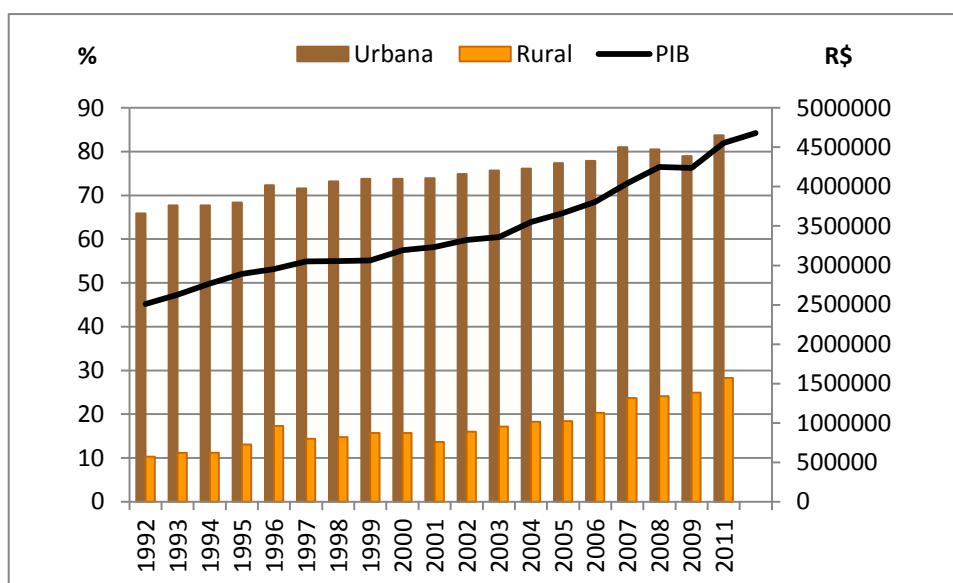
Gráfico 31 – Acesso da população à água potável e PIB (em milhões R\$ de 2013)



Fonte: Elaboração própria.

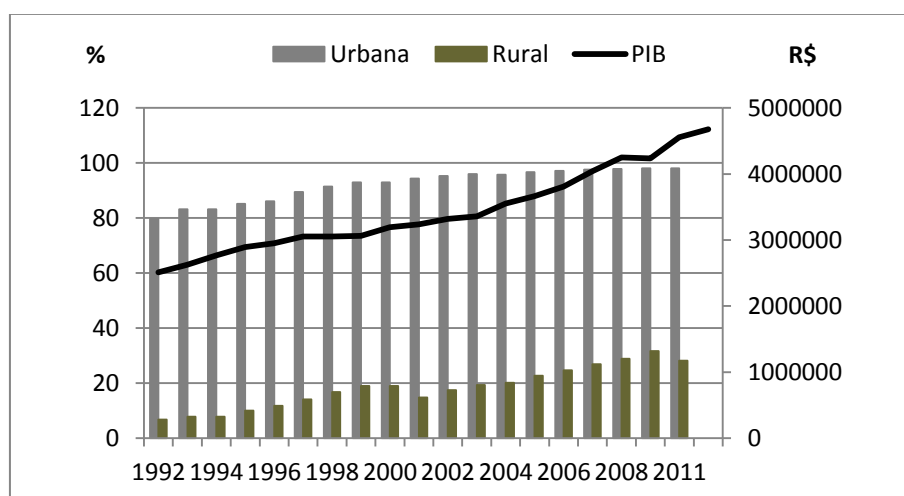
A população atendida por serviço de esgotamento adequado (rede coletora ou fossa séptica) à saúde humana e ao meio ambiente atingiu o percentual de 83,7% (urbana) e 28,3% (rural) em 2011. A taxa de crescimento do indicador **esgotamento sanitário** foi de 27% para moradores da zona urbana e 174% para zona rural (gráfico 32). A parcela da população atendida por fossa rudimentar, vala ou que lançam o esgoto diretamente em rios, lagos ou no mar, foi de 15% na área urbana e 54,4% na área rural, totalizando em 40,5 milhões de pessoas (IBGE, 2010). O restante de moradores urbanos (1,1%) e rurais (17,3%) possui outro tipo de serviço ou nenhum.

Apesar do maior acesso da população ao esgotamento sanitário, considerado adequado e do crescimento da parcela de esgoto tratado em mais de seis vezes (IBGE, 2012), em 2011 ainda apenas 67,9% total de esgoto coletado foi tratado.

Gráfico 32 – Acesso da população a esgotamento sanitário e PIB (em milhões R\$ de 2013)

Fonte: Elaboração própria.

Em 2011, o **serviço de coleta de lixo doméstico** atendeu quase toda a população residente na área urbana (98,1%), com um crescimento de 23% entre os anos de 1992 e 2011 (gráfico 33). Observa-se no mesmo período um aumento de 320% da população rural atendida por esse serviço. A grande maioria dos residentes em áreas rurais (64,8%) enterra ou queima o lixo em suas propriedades e 6,9% jogam em terreno baldio ou logradouro, corpos d'água ou em outro destino.

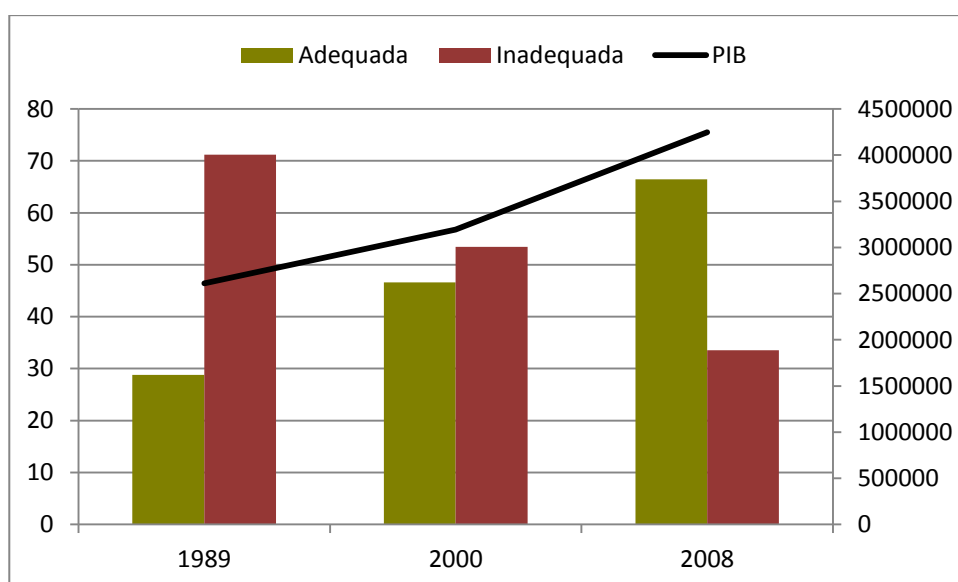
Gráfico 33 – Acesso da população ao serviço de coleta de lixo doméstico e PIB (em milhões R\$ de 2013)

Fonte: Elaboração própria.

Sobre o último indicador de saneamento ambiental, **destinação final do lixo coletado**, pode-se observar uma evolução da porcentagem de lixo coletado com destinação final adequada de 28,8% (28 mil toneladas por dia) para 66,4% (259 mil toneladas), entre 1989 e 2008. Apesar da taxa de crescimento da quantidade de lixo (170%) superar o crescimento populacional (30%), o percentual de lixo coletado com destinação adequada aumentou em 521%.

As regiões que apresentaram maior quantidade de lixo coletado dispostos em aterros sanitários foram Sul (81,8%) e Sudeste (82,9%) e as duas regiões com menor quantidade foram Centro- Oeste (29,5%) e Norte (36,1%).

Gráfico 34 – Destinação final do lixo coletado (%) e PIB (em milhões R\$ de 2013)



Fonte: Elaboração própria.

4.2.6 Considerações Finais sobre as dimensões ambientais

Esta subseção buscou apresentar evidências empíricas de desacoplamento de impacto no Brasil através de diferentes formas de degradação ambiental. Os resultados de desacoplamento ou não destes impactos com a atividade econômica são resumidos no quadro 9.

Quadro 9 – Resultados de desacoplamento de impactos ambientais no Brasil

Dimensão ambiental	Indicador	Período	Resultado
Atmosfera	Emissões de origem antrópica de GEE	1990 a 2012	Desacoplamento absoluto
	Consumo industrial de SDOs	1992 a 2013	Desacoplamento absoluto
Terra	Desmatamento da Amazônia Legal	1988 a 2013	Ausência de desacoplamento
	Uso de fertilizante	1992 a 2013	Ausência de desacoplamento
	Uso da terra	1990 a 2011	Desacoplamento relativo
Água	Demanda Bioquímica de Oxigênio	1992 a 2012	Desacoplamento absoluto
	Índice de Qualidade da Água	1992 a 2012	Desacoplamento absoluto
	Qualidade das águas das praias	1992 a 2012	Desacoplamento absoluto
Biodiversidade	Áreas terrestres protegidas	1992 a 2013	Desacoplamento absoluto
	Áreas de proteção marinha	1992 a 2013	Desacoplamento absoluto
	Estoque de peixes	1990 a 2011	Desacoplamento relativo
Saneamento	Acesso da população à água potável	1992 a 2011	Desacoplamento absoluto
	Acesso da população a esgotamento sanitário	1992 a 2011	Desacoplamento absoluto
	Acesso da população ao serviço de coleta de lixo doméstico	1992 a 2011	Desacoplamento absoluto
	Destinação final de lixo coletado	1989, 2000 e 2008	Desacoplamento absoluto

Fonte: Elaboração própria.

A primeira dimensão atmosfera evidenciou a ocorrência de desacoplamento absoluto das emissões de gases de efeito estufa e substâncias destruidoras da camada de ozônio, principalmente a partir de 2004. A redução das emissões de GEE em razão da diminuição das taxas de desmatamento da Amazônia Legal como consequência do aumento da produtividade da agropecuária, foi acompanhada pelo crescimento da intensidade de consumo de fertilizantes nesta atividade. Este resultado além de demonstrar grande relação entre as dimensões ambientais revela que a minimização do problema causado pela expansão da agropecuária incorreu em outro problema que é de exacerbar a disposição de fertilizantes no solo, provocando impactos de difícil mensuração. A medição da amplitude dos impactos causados pelo consumo de fertilizantes (impactos no solo, rios, aquíferos, no ar e até sobre a saúde humana) exigiria trabalho conjunto de técnicos e pesquisadores de diversas áreas.

Na segunda dimensão terra, assim como o consumo de fertilizantes, o indicador desmatamento da Amazônia legal não revelou a existência de desacoplamento, apesar de suas

reduzidas taxas de crescimento nos últimos anos. A continuidade deste desflorestamento continua afetando negativamente o meio ambiente seja pela redução da biodiversidade ou de serviços ecossistêmicos, ou ainda pela redução de comunidades tradicionais que contribuem significativamente com a sua manutenção.

Na terceira dimensão água verificou-se um desacoplamento absoluto através do melhor desempenho dos indicadores de qualidade da água doce e marinha. No entanto, esse resultado deve ser visto com ressalva, pois o nível médio de qualidade das águas permaneceu fora do padrão estabelecido pelo CONAMA para consumo humano. Outra dimensão que também deve ser observada com cautela é a biodiversidade, cujos indicadores de áreas de proteção terrestres e marinhas evidenciaram desacoplamento absoluto, mas é importante ressaltar que mais de 65% dessas áreas são de Uso Sustentável e muitas estão sobrepostas dificultando a apuração mais exata de toda área preservada.

A última dimensão - saneamento ambiental - procurou identificar o desempenho de indicadores de impactos relacionados à qualidade de vida da população e ao meio ambiente, que são apontados pela literatura como mitigados com o crescimento econômico (bem como os indicadores da dimensão água). Nesta dimensão ocorreu desacoplamento absoluto dos quatro indicadores devido ao maior acesso da população a serviços básicos e destinação adequada do lixo coletado, no entanto, um grande número da população, sobretudo das áreas rurais, ainda permanece sem o provimento desses serviços, tais como acesso à água potável e tratamento de esgoto.

Contudo, considerando essas devidas ressalvas, de modo geral, observa-se desacoplamento de impactos ambientais no Brasil, principalmente a partir de 2005, conforme evidenciado pela maioria dos indicadores aqui utilizados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo investigar a relação de longo prazo entre crescimento econômico e meio ambiente no Brasil pela construção de indicadores de desacoplamento de recursos e de impactos ambientais.

Os resultados evidenciaram que, por um lado, o Brasil segue em um processo de transição para a economia verde por reduzir as emissões de GEE e pelas melhorias em alguns aspectos ambientais, por outro lado permanece no modelo de desenvolvimento que contribui cada vez mais com o aumento do consumo *per capita* de recursos naturais.

Pôde-se observar um elevado crescimento do consumo, da extração doméstica e das exportações de recursos materiais entre os anos de 1970 e 2013, sendo a biomassa (em primeiro lugar) e os minerais não metálicos (sobretudo minerais de construção) os principais recursos extraídos. O Brasil apresenta uma Balança Comercial Física deficitária em especial pelas exportações de biomassa (soja e cana-de-açúcar) e minérios metálicos (ferro), e ainda é dependente das importações de combustíveis fósseis e de minerais químicos (fertilizantes). Essas características de aumento do consumo doméstico, da extração e exportações de recursos, e PTB deficitária, corroboram com os resultados evidenciados pelos estudos sobre o metabolismo social de países da América Latina e Caribe como o de West e Schandl (2013) e Marinque et al. (2013).

Marinque et al. (2013) também demonstraram que na economia argentina as taxas de crescimento do consumo de materiais só se tornaram negativas nos períodos de recessão e corroboram a tendência de deterioração dos termos de troca argentinos. A principal diferença no resultado desse estudo com o desta dissertação sobre desacoplamento de recursos encontra-se no fato de que na Argentina houve um desacoplamento relativo entre os anos de 1970 e 2009, enquanto no Brasil houve apenas na década de 1970.

West e Schandl (2013) também averiguaram o predomínio do consumo de materiais de biomassa e secundariamente de minerais não metálicos no Brasil e a dependência externa do país por combustíveis fósseis ao longo do período entre 1970 e 2008. Os autores também evidenciaram que a PTB latino-americana é deficitária para todos os recursos materiais, que há uma tendência de crescimento do consumo e da intensidade material predominante nos países da América Latina, e demonstram que o aumento dessas variáveis é superior a média mundial e ao resto do mundo, sendo que este apresenta uma taxa decrescente de sua intensidade material.

No Brasil, o aumento do consumo e da intensidade de uso de recursos materiais está associado ao modelo de desenvolvimento econômico voltado para as exportações de produtos primários de baixo valor agregado, destinados principalmente às economias industrializadas e também à China, evidenciando que o desacoplamento de recursos que vem ocorrendo em países desenvolvidos pode estar diretamente relacionado ao acoplamento revelado nos países em desenvolvimento. Esta relação também foi identificada pelos trabalhos de Eisenmenger, Martín e Schandl (2007), Russi et al. (2008) e West e Schandl (2013), os quais apontaram que esse o modelo intensivo em recursos naturais, padrão na América Latina, além de não ter contribuído com a redução da desigualdade social, pode ocasionar graves pressões ambientais devido ao crescimento das demandas externas por recursos naturais. A OCDE (2008) também ressalta que as pressões ambientais devido à mudança desses recursos nos países exportadores estão fortemente relacionadas à grande dependência dos países europeus por esses recursos e que a não contabilização dos fluxos ocultos e indiretos nos indicadores de consumo não revelam o quão elevada é essa relação.

Por essa razão, a quantidade de recursos exportados pelo Brasil pode ter sido subestimada devido a não incorporação desses fluxos de materiais ocultos e indiretos no cálculo dos indicadores de consumo, por não haver disponibilidade de dados.

De outro modo, o painel de indicadores de impactos evidenciou que houve redução da pressão ambiental na maior parte das dimensões apresentadas, como poluição da água e acesso da população a serviços básicos de saneamento, os quais são problemas identificados pela literatura como mitigados com o crescimento econômico. Como apontaram Grossman e Krueger (1995), ao medirem o desempenho de indicadores de qualidade da água e do ar em países desenvolvidos, esses tipos de impactos diminuem com a elevação do nível de renda, pois são problemas locais que afetam mais diretamente a população e as pressões políticas tendem a ser maiores para sua mitigação. Outro desacoplamento absoluto que pode ser entendido sob esta perspectiva é do impacto causado à biodiversidade devido ao crescimento, principalmente das Unidades de Conservação de Uso Sustentável, nas quais é permitida a presença de populações e atividades econômicas que provocam pequenos impactos ambientais.

Kamogawa (2003) também relacionou a qualidade da água com o crescimento econômico no Estado de São Paulo, no período entre 1980 e 2000, ao testar a hipótese da CKA, que não foi corroborada. De forma semelhante a este resultado, verificou-se que o Estado de São Paulo apresentou os valores mais elevados de poluição, representados pelo IQA e DBO, devido à grande quantidade de esgoto lançada diariamente no Rio Tietê na

Região Metropolitana de São Paulo, cujo valor de poluição influenciou significativamente a média de ambos indicadores.

Diferentemente do resultado obtido por Santos et al. (2008) e Gomes e Braga (2008), e similar ao alcançado por Brito, Melo e Sampaio (2012) que testaram a CKA para desmatamento na Amazônia Legal, o indicador de área desmatada não indicou desacoplamento pois foi utilizada como variável área desmatada acumulada que reflete também de algum modo o impacto sobre a biodiversidade, no entanto, se a variável fosse taxa de desmatamento (como demonstrada no gráfico 23) o resultado seria de desacoplamento absoluto. Essa diferença na escolha da variável é uma das razões pelas quais ocorrem diversos resultados quando relacionado o desmatamento com o crescimento econômico. Os outros fatores que podem influenciar o resultado do teste da CKA são: diferentes métodos de estimação (como efeitos fixos, aleatórios, com ou sem efeitos espaciais), variáveis explicativas e o período.

O desacoplamento absoluto do impacto causado pelas emissões de SDO's pode ser entendido como consequência do aumento do efeito tecnológico ocasionado pela substituição de gases com menores potenciais de destruição da camada de ozônio (HCFCs) nas indústrias, influenciadas certamente por fatores legais decorrentes das exigências do Protocolo de Montreal.

Ainda na mesma dimensão, o desacoplamento absoluto nas emissões de GEE corresponde a um resultado distinto daquele evidenciado pela literatura, pois como apontam Stern (2003) e UNEP (2011) há uma tendência de elevação do consumo de combustíveis fósseis e emissões de CO₂ com o crescimento econômico. Como visto nos indicadores de consumo de recursos houve um crescimento do uso de combustíveis fósseis, mas as emissões de CO₂ no Brasil, diferente da maioria dos países desenvolvidos, têm como principal causa a mudança do uso da terra e de florestas, mais especificamente, o desmatamento da Amazônia Legal, cujas taxas de desflorestamento se reduziram concomitantemente com o aumento da produtividade na agropecuária. Em contrapartida, esses ganhos de produtividade não se revelaram no consumo de recursos naturais utilizados na economia, já que a intensidade material (DMC/PIB) aumentou consideravelmente nos últimos 44 anos.

É importante ressaltar que esses resultados sobre desacoplamento de impacto no Brasil precisam ser vistos com ressalvas, pois são provenientes de indicadores de pressão ambiental (*midpoint*), que são parciais, representam os impactos ambientais indiretamente e não refletem o impacto final sobre o ecossistema como os indicadores de dano ambiental (de *endpoint*). Por exemplo, o aumento ou redução das áreas de proteção terrestres e marinhas não revelam

quantas espécies de animais e plantas foram perdidas ou salvas; e os indicadores de poluição nas águas doces e marinhas nada dizem sobre a quantidade de vidas perdidas tanto de humanos quanto de animais por essa degradação. No entanto, e por essa razão procurou-se construir um conjunto de indicadores o mais completo possível que demonstrasse diversas formas de pressão ambiental.

Além disso, a comparação desses indicadores com o PIB nacional teve como propósito verificar se o crescimento agregado de modo geral está se desacoplando dos impactos ambientais, seja pelas mudanças tecnológicas ou pela mudança na composição setorial, como afirmado por Grossman e Krueger (1995). Logo, como proposta de trabalhos futuros sugere-se investigações que utilizem indicadores de crescimento econômico menos agregado como PIB da agropecuária ou PIB agrícola para testar, por exemplo, o “desacoplamento” setorial.

Verifica-se a necessidade de mais trabalhos que investiguem a relação entre a conquista pela economia verde em países desenvolvidos e o desenvolvimento insustentável das economias periféricas. Também são sugeridos outros trabalhos que investiguem a associação entre a atividade econômica e impactos ambientais com a mensuração de indicadores de *endpoint*, que medem o dano causado diretamente ao ecossistema e a saúde humana, como, por exemplo, aqueles ocasionados pelo aumento do consumo de fertilizantes e geração de resíduos sólidos.

À luz da literatura de desenvolvimento sustentável, esta dissertação contribui com a compreensão das implicações sobre o meio ambiente do crescimento econômico baseado em um modelo de desenvolvimento intensivo em recursos naturais e voltado para as exportações de produtos primários, de uma economia em desenvolvimento.

De modo geral, os resultados desta investigação empírica de desacoplamento absoluto da maioria dos impactos e o acoplamento de recursos naturais evidenciaram que, por um lado, o crescimento econômico no Brasil tem sido importante para mitigação de problemas ambientais, apesar de ter ocorrido de forma desigual, já que uma grande parcela da população ainda não usufrui de seus benefícios. Por outro lado, o crescimento do PIB tem gerado aumento do consumo de recursos naturais não renováveis e de impactos cuja mensuração requer análises mais complexas, como no caso da intensidade de uso de fertilizantes. Sendo assim, esses resultados permitem concluir que para o Brasil transitar para uma economia verde, com redução da poluição ambiental e do consumo de recursos naturais será necessário alterar o modelo de desenvolvimento seguido pelo país, de acordo com suas peculiaridades. Ainda que ocorra uma superação do efeito escala pelos efeitos composição e tecnológico nas economias importadoras de recursos naturais do Brasil, este não seria conduzido ao

desenvolvimento sustentável, pois não haveria desenvolvimento dado que a economia é dependente das exportações desses recursos; e as evidências empíricas e históricas demonstram que a queda das exportações e seus consequentes problemas econômicos não foram motivos suficientes para alterar o modelo de desenvolvimento vigente.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. P., **A Ordem do Progresso. Cem anos de política econômica republicana 1889-1989**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995.

ALMEIDA, L. T.. Economia verde: a reiteração de ideias à espera de ações. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.26, n. 74, 2012.

ALSTINE, J. V.; NEUMAYER, E. The Environmental Kuznets Curve. In: GALLAGHER, K. P. (Ed.) **Handbook on trade and the environment**. S. I.: Edward Elgar, Cheltenham, 2010, p.49-59.

AMAZONAS, Maurício de Carvalho. Economia ambiental neoclássica e desenvolvimento sustentável. In: NOBRE M.; AMAZONAS, M. de C. (Org.) **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

BEÇA, Pedro e SANTOS, Rui. A comparison between GDP and ISEW in decoupling analysis. In: **Ecological Indicators**, 46, p. 167-176, 2014.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro 2002**. Apêndices A. 2002. Disponível em: <<http://www2.dnrm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=307>> . Acesso em 9 mai. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético 2007**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2007_Versao_Completa.pdf>. Acesso em 24 jul. 2014.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Economia Brasileira e Mundial: o setor mineral brasileiro e mundial e suas perspectivas de evolução a longo prazo**. 2009 a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256656/P01_RT01_Historico_e_Perspectivas_de_Evolucao_Macroeconomica_Setorial_da_Economia_Brasileira_a_longo_prazo_-_Cxpia.pdf/7302e12b-a2de-49ad-923e-f5ec646f9b54>. Acesso em: 20 abr. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Perfil da Mineração de Ferro**. Relatório Técnico 18. 2009b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/a-mineracao-brasileira>. Acesso em 20 abr. 2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2010. 2v.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Balança Comercial Brasileira: dados consolidados**. Brasília. 2013.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético 2014**. 2014. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompleatas.aspx>>. Acesso em 24 jul. 2015.

_____. Ministério de Estado da Ciência, tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2º Edição. Brasília – DF, 2014b.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Edições de 2009 a 2013. 2014c. Disponível em: <<http://www2.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>> . Acesso em 20 abr. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Informações espaciais sobre a Amazônia legal**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/redd/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%A2ncia/informa%C3%A7%C3%B5es-espaciais>. Acesso em: 20 jun. 2015.

_____. MME: **Balanco energético Nacional 2015**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, Abr. de 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?anoColeta=2015&anoFimColeta=2014>>. Acesso em: 07 de jul. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional das Unidades de Conservação. Informações sobre Unidades de Conservação Brasileiras. 2015b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro**. Edições de 1972 a 2010. São Paulo, 2015c

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cana-de-açúcar**. 2015d. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Macroeconomia do Brasil Pós-1994. **Análise Econômica**, 21 (40) set. 2003, p. 07-38.

BRITO, R. A., MELO, A. S. S. A., SAMPAIO, Y. S. B.. Curva de Kuznets Ambiental: Falta de Evidências para o Desmatamento da Amazônia Legal Brasileira. In: **XL Encontro Nacional de Economia**. ANPEC. Porto de Galinhas. 2012.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. 2º Ed. Rio de Janeiro, Editora Fundação Getúlio Vargas., 1991, parte I.

COLUSSO, M. V. S., PARRÉ, J. L., ALMEIDA, E. Degradação Ambiental e Crescimento Econômico: A curva de Kuznets Ambiental para o Cerrado. In: **XL Encontro Nacional de Economia**. ANPEC. Porto de Galinhas.

DALY, H. E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Revista Ambiente & Sociedade**, vol. VII, n. 2 jul./dez., 2004, p. 197- 201.

DALY, H. E. Economics in a full world. **Scientific American**, v. 293, n.3, p. 100-107, Sept. 2005.

DALY, Herman E. e FARLEY, Joshua. **Economia Ecológica: princípios e aplicações**. Lisboa: Instituto Piaget, 2004, cap. 2.

DINIZ, M. B. et al.. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, Belo Horizonte, jan/apr. 2009 .

EISENMENGER, N., MARTÍN, J. R., SCHANDL, H. Análisis del metabolism energético y de materiales de Brasil, Chile y Venezuela. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica** v. 6, p. 17-39, 2007.

EKINS, Paul et al. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. **Ecological Economics**, 44 (2-3), 2003, p. 165-185.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Criação de Gado Leiteiro na Zona Bragantina**. Sistemas de produção. dez. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/qualidade.htm#topo>. Acesso em 20 jun. 2015.

EUROSTAT. **Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide**. Statistical Office of the European Union. Luxembourg. 2001, p. 8-13.

EUROSTAT. **Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA). Compilation Guide 2013**. Statistical Office of the European Communities, Luxembourg. Sept. 2013

FEIJÓ, C. A. et al. **Contabilidade social. O Novo Sistema de Contas Nacionais do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). STATISTICS DIVISION. Dados sobre produção da agricultura, silvicultura e de pesca. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

FISCHER-KOWALSKI, M., AMANN, C.. Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism. Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (IFF). **Population and Environment**, Human Sciences Press, Inc., vol. 23, no. 1, Sept. 2001.

FISCHER-KOWALSKI, M. et al. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting: State of the Art and Reliability Across Sources. In: **Journal of Industrial Ecology**. Vol. 15 (6), p. 855-876, dec. 2011.

FILGUEIRAS, L., GONÇALVES, R. **A economia política do Governo Lula**. São Paulo, Cotraponto, 2007.

FREITAS, Luciano Charlita de; KANEKO, Shinji. Decomposing the decoupling of CO₂ emissions and economic growth in Brazil. **Ecological economics**, 70 (2011): p. 1459-1469.

FONSECA, Larissa N. Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GEORGESCU-ROEGEN, N. (1973). Energy and Economics Myths. **Southern Economic Journal**, volume 41, n. 3, 1975.

GOEDKOOP, M., HEIJUNGS, R., HUIJBREGTS, M., SCHRYVER, A.N., STRUIJS, J. e VAN ZELM, R.. **ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revised). Report I: Characterisation**. The Hague, The Netherlands: Dutch Ministry of the Environment. Feb. 213.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. In: **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Acre, 2008.

GRAMKOW, Camila Luciana. Da restrição externa às emissões de gases do efeito estufa: uma análise da insustentabilidade econômica e ambiental do atual modelo econômico brasileiro. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

GROSSMAN, G. M., KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, vol.110, n. 2, pp. 353-377, 1995.

GIAMBIAGI, F., MOREIRA, M.M.. A Economia Brasileira nos anos 90. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) 1ª Edição. Rio de Janeiro,1999.

HABERL, H. et al. **Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems**. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, May 25, 2007.

HARRIS, JONATHAN M. Ecological Macroeconomics: Consumption, Investment, and Climate Change, **Global Development and Environment Institute -Working Paper**, n.08-02, Medford, 2008.

_____. **Environmental and Natural Resource Economics: a contemporary approach**. Houghton Mifflin Company, 2º edition, 2006. Cap. 1.

HSU et al.. **The 2014 Environmental Performance Index**. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 06 abr. 2015. Rio de Janeiro, p. 1-203, 2010.

_____. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2012**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf>. Acesso em 4 jul. 2015.

_____. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2014**. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Sintese_de_Indicadores_Sociais_2014/SIS_2014.pdf. Acesso em: 4 jun. 2015.

_____. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil - Edição 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ids/default.asp?o=8&i=P#1>>. Acesso em 20 jun. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Dados econômicos, demográficos e sociais. 2015. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 28 abr. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2014. Dados sobre desmatamento da Amazônia Legal. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em 06 abr. 2015.

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (IFA). IFADATA – Fertilizer statistics. Disponível em: <<http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx>>. Acesso em: 26 de jul. 2015.

IPCC, Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Stocker, T. F. et al., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JACKSON, Tim. **Prosperidade sem crescimento: Vida Boa em um Planeta Finito**. Tradução de José Eduardo Mendonça. Planeta Sustentável Editora Abril, São Paulo, 2013.

KAMOGAWA, Luiz F. O. Crescimento Econômico, Uso dos Recursos Naturais e Degradação Ambiental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

KRAUSMANN, F.; GINGRICH, S.; EISENMENGER, N.; ERB, K.H.; HABERL, H. e FISCHER-KOWALSKI, M. (2009) Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. **Ecological Economics**, 68 (10): p. 2696 – 2705.

KAUSMANN, F., FISCHER-KOWALSKI, M., SCHANDL, H. e EISENMENGER, N. (2008) The global socio-metabolic transition: past and presente metabolic profiles and their future trajectories. **Journal of Industrial Ecology** (12): 637 – 656.

KRAUSMANN, F., WEISZ, H., EISENMENGER, N., SCHÜTZ, H., HASS, W., SCHAFFARTZIK, A.. Economy – wide Material Flow Accounting: Introduction and Guide. Version 1. 0. **Social Ecology Working Paper** 151, Vienna, fev. 2015

MACHADO, G. V. Meio Ambiente e Comércio Exterior: Impactos da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono no país. **Tese** (Doutorado em Planejamento Energético) – Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MANRIQUE, P. L., BRUN, J., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, A. C., WALTER, M., MARTÍNEZ-ALIER, J. The Biophysical Performance of Argentina (1970-2009). **Journal of Industrial Ecology**, v.17, n.4, p. 590-604, 2013.

MAZZANTI, M., ZOBOLI, R. Waste generation, waste disposal and policy effectiveness Evidence on decoupling from the European Union. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, p. 1221-1234, 2008.

MEADOWS, D. H., RANDERS, J. , MEADOWS, D. L.. **Limits to Growth: the 30-year update**. White River Junction: Chelsea Green Publishing Company. 2004.

OLIVEIRA, M. S.. Análise da Intensidade de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Demanda Final Brasileira através do Modelo de Insumo-Produto. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência de Informação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Protocolo de Montreal. Proteção da camada de ozônio**. 2011. Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=substanciasdestruidoras>>. Acesso em 20 jun. 2015.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **OECD Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century**. May, 2001.

_____. **Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth**. OECD. May, 2002.

_____. **Measuring Material Flows and Resource Productivity**. Volume I. The OECD Guide. Paris. 2008.

_____. OECD Environmental Outlook to 2050: the consequences of inaction. Executive Summary. Paris, jun. 2012. Disponível em: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_9789264122246-en#page21. Acesso em: 30 jul. 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão**. PNUMA. 2011

POLLITT, H. et al.. **A Scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability**: Final Report for the European Commission, DG Environment. Cambridge: Cambridge Econometrics and the Sustainable Europe Research Institute, 2010.

ROMEIRO, ADEMAR R. Economia ou economia política da sustentabilidade? **Texto para discussão**. Instituto de Economia/Unicamp. Campinas, n. 102, 2001.

ROMEIRO, A. R. e SAES, B. M. Macroeconomia Ecológica: Discussão de Modelos e abordagens de uma perspectiva econômico- ecológica. **X Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Vitória, 2013.

RUSSI, D., GONZALEZ-MARTINEZ, A. C., SILVA-MACHER, J.C., GILJUM, S., MARTINEZ-ALIER, J., VALLEJO, M.C.. Material Flows in Latin America. A comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru, 1980-2000. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12, n. 5/6, p. 704-720, 2008.

SAES, B. M., MIYAMOTO, B. C. B.. Limites físicos do crescimento econômico e progresso tecnológico: o debate The Limits to Growth versus Sussex. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**: Editora UFPR V. 26, p. 51-68, jul./ dez. 2012.

SANTOS, R., DINIZ, M., DINIZ, M., RIVERO, S., OLIVEIRA JUNIOR, J. Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. In: **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Acre. 2008.

SUSTAINABLE EUROPE RESEARCH INSTITUTE (SERI). **Global Material flow database: material extraction data**. Technical Report, Version 2014.1.

SUSTAINABLE EUROPE RESEARCH INSTITUTE (SERI) e VIENNA UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS (WU Vienna). **Global material flow database**. 2014. Disponível em: <<http://www.materialflows.net/home/>> . Acesso em: 27 jul. 2014.

STEINBERGER, J. K. , ROBERTS, J. T.. From constraint to sufficiency: The decoupling of energy and carbon from human needs, 1975-2005. **Ecological Economics** 70 (2010) 425-433.

STERN, David I., **The Environmental Kuznets Curve**. International Society for Ecological Economics. International Encyclopaedia of Ecological Economics, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, 2003.

SOLOW, Robert. M. An Almost practical step toward sustainability. **Resources Policy**, Elsevier, vol 19 (3), p. 162-172, sept. 1993.

SOLOW, Robert. M.. The Economics of Resources or the Resources of Economics. **The American Economic Review**, vol. 64 (2), p. 1-14, may, 1974.

TEIXEIRA, R. F. A. P., BERTELLA, M. A., ALMEIDA, L.T., Curva de Kuznets Ambiental para o estado de Mato Grosso. **Revista Análise Econômica**. Porto Alegre, 2012.

UNITED NATIONS (UN). The global financial crisis and its impact on the work of the UN system (CEB paper). Nova York: United Nations, 2009.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT GROUP (UNDG). UNDG Chair letter on Joint Crisis Initiative. Nova York: United Nations, sept. 2009. Disponível em: <http://www.undg.org/docs/10783/UNDG-Chair-letter-on-JCI-1sep09.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **“Global Green New Deal” – Environmentally- Focused Investment Historic Opportunity for 21st Century Prosperity and Job Generation**. UNEP Launches Green Economy Initiative to Get The Global Markets Back to Work. Press Releases, London/ Nairobi: UNEP, 10.2008, p.1.

_____. **Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials**, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource. Hertwich, E. et al., 2010

_____. **Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth**, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M. et al. United Nations Environment Programme .2011

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **UN COMTRADE**: United Nations Commodity Trade Statistics Database. 2014; 2015. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/data/>>. Acesso em 18 nov. 2014.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). Dados sobre preços e índices de commodities. Disponível em: <http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en>. Acesso em: 18 nov. 2014.

UNITED NATIONS UNIVERSITY - INTERNATIONAL HUMAN DIMENSIONS PROGRAMME (UNU-IHDP) e UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Inclusive Wealth Report 2014**. Measuring progress toward sustainability. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

VICTOR, Peter. **Managing without Growth**: slower by design, not disaster. Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar, 2008.

VISENTIN, J. O emprego na transição para uma economia verde: cenários para Brasil com base no consumo de energia pela indústria. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2012.

YADONG YU, D. CHEN, B. ZHU, S. HU.. Eco-efficiency trends in China, 1978-2010: Decoupling environmental pressure from economic growth. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 177-184, 2013.

WEGENER SLEESWIJK, A., VAN OERS, L., GUINÉE, J. B., Struijs, J., and HUIJBREGTS. M. A. J. 2008. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. **Science of the Total Environment**. 390 (01): 227-240.

WEST, J., SCHANDL, H.. Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. **Ecological Economics** 94, p. 19-27, 2013.

WIRSENIUS, S. **Human Use of land and Organic Materials: Modeling the Turnover of Biomass in the Global Food System**. Department of Physical Resource Theory. Chalmers University of Technology and Goteborg University. Goteborg, Sweden, 2000.

WORKING TOGETHER FOR A WORLD WITHOUT WASTE (WRAP). **Decoupling of Waste and Economic Indicators**. out. 2012. Disponível em: <www.wrap.org.uk> Acesso em: 28 mar. 2015.

WORLD BANK. World Development Indicators database. Dez. 2013. Disponível em: <<http://ina.bnu.edu.cn/docs/20140606095454036563.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

APÊNDICE 1 – Contas de Fluxos Materiais e Indicadores de uso de recursos

Tabela 1 – Extração de materiais (10000 toneladas)

Categorias	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
A1Biomassa	65822	67263	69938	71578	75441	76767	83169	88784	87133	91745	100446	103004	109009	112151	116783	123553
A11Culturasprimáriaseprocessadas	18455	18766	19404	19824	20990	20849	22916	25024	24320	26048	28720	29585	32810	34579	36491	40543
A111Cereais	4488	4343	4316	4506	5023	4989	5904	5883	4564	5177	6318	6136	6443	5582	6242	6902
A.1.1.2 Raízes tuberosas	3331	3409	3380	2983	2821	2952	2887	2906	2852	2811	2631	2738	2716	2456	2462	2607
A113Cana-de-açúcar	7975	8038	8511	9199	9562	9152	10317	12008	12914	13890	14865	15592	18665	21604	22232	24720
A114Leguminosas	228	279	280	232	232	236	190	235	226	224	200	237	294	160	267	258
A115Nozes	13	10	11	9	7	7	10	11	12	11	12	11	12	14	12	16
A116Oleaginosas	580	673	751	987	1232	1373	1413	1651	1313	1397	1890	1888	1694	1807	2004	2421
A117legumes	333	345	353	316	339	333	361	367	385	424	434	424	446	436	463	481
A118Frutas	1172	1222	1366	1195	1322	1393	1568	1577	1666	1701	1980	2066	2142	2084	2384	2562
A119Fibras	200	229	225	252	225	218	163	213	180	191	196	205	210	175	191	282
A1110Outrasculturas	135	217	212	144	227	197	103	171	208	222	193	288	188	262	234	294
A12Pastagens,forrageiraseresíduosdeculturas	38710	39734	41779	42934	45508	46498	50568	53745	52187	54343	59762	61350	63917	65039	67566	70089
A121Resíduosdeculturas(usados)	11587	11648	12268	12538	13460	13625	15023	16569	15172	16525	18808	19350	21353	22269	23551	25737
A132Pastagenseforrageiras	27124	28086	29511	30396	32048	32873	35545	37176	37015	37819	40954	42001	42564	42769	44016	44352
A13Madeira	8600	8702	8692	8744	8872	9344	9618	9942	10551	11275	11884	11988	12199	12446	12631	12825
A14Capturadepeixeseoutrosanimaiseplantasmarinhas	57	61	62	76	72	75	66	73	75	78	80	81	82	87	95	96
A2Minériosmetálicos	4104	4249	5140	6048	9722	12211	12445	13752	14509	17761	20892	18936	19010	18466	22332	25690
A21 Minérios ferrosos	3638	3749	4647	5502	9149	10816	10739	10082	10390	11750	13970	12271	11994	11419	14384	16723
A211Ferro	3638	3749	4647	5502	9149	10816	10739	10082	10390	11750	13970	12271	11994	11419	14384	16723
A22 Minérios não ferrosos	466	501	493	546	573	1395	1706	3670	4120	6011	6922	6665	7016	7047	7948	8966
A221Cobre	33	50	41	40	37	27	0	0	0	60	370	435	597	606	553	683
A222Níquel	20	22	23	28	27	27	42	34	29	27	34	54	105	117	161	152
A223Chumbo	35	35	37	32	30	30	28	27	35	33	33	33	31	37	37	32
A224Zinco	8	8	8	13	16	23	29	46	50	55	115	72	74	86	90	103
A225Estanho	0,542	0,345	0,379	0,308	0,339	807	1061	1314	1536	2078	2222	2854	2906	3449	3824	4292
A226Ouro,prata,platinaeoutrosmetaispreciosos	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0	0	1631	1835	2206	2506	1637	1879	1353	1367	1821
A227Bauxitaeoutrosaluminios	51	57	76	85	86	97	100	135	140	288	669	697	629	720	1036	996
A228Urânioetório	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
A229Outrosmetais	318	328	306	347	377	384	446	483	495	1264	973	882	795	678	881	886
A3Mineraisnãometálicos	2139	2299	2901	3577	3577	4232	5080	5989	15003	17286	19857	24227	24594	18004	20926	20888
A31 Rochasornamentaisedeconstrução	26	27	58	34	47	57	52	63	6364	7043	7835	8157	7178	5796	6483	6487
A32 Calcário,gipsita,dolomita	1731	1842	2064	2784	2744	3165	3731	4176	4811	4786	5342	5597	5306	4845	4921	4897
A33 Areia	-	78	217	184	172	288	383	488	2033	2945	3610	5884	6574	4010	4093	4281
A34 Argilasecaulim	118	112	228	231	269	312	409	457	623	546	699	2283	2357	2316	2425	2279
A35 Mineraisquímicosefertilizantes	6	7	10	15	20	21	49	342	597	1248	1653	1644	2507	321	2270	2373
A36 Sal	208	176	248	219	191	253	288	277	330	356	393	361	372	419	453	273
A37 outrosmineraisnãometálicos	50	58	76	110	135	135	168	185	245	362	324	302	298	298	280	298
A4Combustíveisfósseis	1542	1625	1648	1664	1724	1825	1875	2168	2401	2653	2987	3357	3750	4424	5360	5983
A41 Carvão mineral	517	567	588	557	550	639	703	1011	1192	1403	1608	1787	1921	2137	2308	2441
A42 Petróleo,LGN,GLP	923	964	961	1012	1056	1055	1041	1013	1054	1098	1202	1373	1587	1967	2660	3104
A43 Gásnatural	101	94	99	94	119	130	131	145	155	152	176	198	242	321	392	437

continuação

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
A1 Biomassa	122590	132464	131952	135241	137607	140159	146690	142796	154214	159575	155717	161072	163089	165912	167601
A11 Culturas primárias e processadas	39261	43985	42938	43400	41918	42348	45096	42279	48195	50479	49744	52229	53057	53781	53417
A111 Cereais	7113	8483	8188	8420	6251	7020	8478	8278	8820	9555	8704	8696	7890	9096	8809
A.1.1.2 Raízes tuberosas	2836	2681	2478	2664	2741	2764	2515	2500	2783	2896	2079	2331	2298	2447	2663
A113 Cana-de-açúcar	23844	26850	25829	25229	26267	26089	27147	24453	29210	30370	31711	33161	34525	33385	32770
A114 Leguminosas	226	203	286	236	227	278	282	249	339	297	247	286	220	284	306
A115 Nozes	16	11	16	16	16	23	14	11	19	23	19	15	8	18	18
A116 Oleaginosas	1820	2068	2327	2813	2427	1962	2354	2547	2828	2918	2591	2983	3534	3577	3876
A117 legumes	465	511	539	515	538	550	523	557	605	603	589	599	612	680	670
A118 Frutas	2494	2675	2789	3049	3031	3209	3353	3306	3212	3478	3457	3807	3549	3839	3781
A119 Fibras	236	186	246	197	185	205	190	123	137	141	109	103	123	154	193
A1110 Outras culturas	210	317	240	260	235	248	238	255	243	198	237	248	297	301	330
A12 Pastagens, forrageiras e resíduos de culturas	70215	75164	75484	77798	81834	83699	87179	85866	91127	94048	90837	93619	94797	95658	97441
A121 Resíduos de culturas (usados)	24503	28264	27259	28057	26660	26734	29475	28050	32175	34021	32842	34513	35081	35398	35319
A132 Pastagens e forrageiras	45712	46900	48225	49741	55174	56965	57704	57816	58951	60027	57996	59106	59715	60260	62122
A13 Madeira	13020	13221	13449	13964	13792	14047	14350	14586	14825	14988	15074	15160	15175	16411	16677
A14 Captura de peixes e outros animais e plantas marinhas	95	93	81	78	62	65	64	65	67	61	62	64	61	60	67
A2 Minérios metálicos	26399	27177	33288	32758	29964	28959	33590	33465	35288	37418	36297	37123	34197	34301	36535
A21 Minérios ferrosos	17573	18274	20062	22202	21308	21106	20925	21586	23972	24857	26044	25788	25722	26187	27414
A211 Ferro	17573	18274	20062	22202	21308	21106	20925	21586	23972	24857	26044	25788	25722	26187	27414
A22 Minérios não ferrosos	8827	8903	13227	10555	8657	7853	12666	11879	11316	12561	10253	11336	8475	8114	9122
A221 Cobre	628	549	557	573	544	429	437	423	383	435	466	330	261	124	117
A222 Níquel	138	131	117	117	144	161	175	190	192	209	208	276	293	350	373
A223 Chumbo	26	18	28	31	30	10	6	5	4	32	42	50	56	60	63
A224 Zinco	117	104	145	143	135	124	131	138	124	148	133	165	126	129	131
A225 Estanho	3433	3771	6606	3796	3510	2800	4123	3201	2453	2866	4294	3941	2714	2266	2295
A226 Ouro, prata, platina e outros metais preciosos	2684	2411	3759	3916	2085	2203	5402	5405	5973	6401	2665	3901	2530	2548	3281
A227 Bauxita e outros alumínio	898	1032	1093	1198	1517	1534	1357	1443	1303	1504	1660	1609	1623	1728	1793
A228 Urânio e tório	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
A229 Outros metais	903	887	921	782	692	592	1034	1073	883	966	786	1063	871	910	1069
A3 Minerais não metálicos	24962	25968	27578	29262	22129	22073	29546	29109	30563	32428	40699	50680	51222	51565	59115
A31 Rochas ornamentais e de construção	8003	8522	9506	9783	8696	8206	10364	9909	10438	11297	10665	15285	15710	15455	18041
A32 Calcário, gipsita, dolomita	6084	6197	6526	7055	6224	6731	7236	7590	8086	8289	8066	8486	8665	8415	8681
A33 Areia	4942	4803	5229	6434	1600	1455	8301	7722	8077	8821	16756	21671	21215	21821	25934
A34 Argila e caulim	2746	2714	2612	2700	2491	2400	2589	2650	2673	2802	3986	3763	4282	4658	5036
A35 Minerais químicos e fertilizantes	2581	2848	2708	2379	2019	2158	-	90	152	129	141	167	204	193	229
A36 Sal	245	455	407	372	520	492	526	618	604	580	538	797	677	596	752
A37 outros minerais não metálicos	361	429	590	539	579	630	529	530	532	510	547	511	468	427	441
A4 Combustíveis fósseis	5952	5559	5762	5687	5245	5209	5059	5309	5375	5529	5873	6265	7018	8150	9174
A41 Carvão mineral	2257	1863	2125	1830	1174	1173	936	1068	976	1010	801	863	858	1234	1434
A42 Petróleo, LIGN, GLP	3239	3234	3151	3369	3569	3508	3565	3652	3778	3882	4339	4616	5297	5965	6677
A43 Gás natural	455	462	486	488	502	528	558	588	620	636	732	786	863	952	1063

continuação

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
A.1 Biomassa	177863	183166	201866	205537	212483	223713	239306	259998	263381	274516	282907	284258	299647
A.1.1 Culturas primárias e processadas	57937	59475	66697	68304	67712	74221	84451	96391	98346	103230	106789	106440	114390
A111Cereais	11086	9828	13150	12351	10694	11446	13520	15549	13761	14658	15068	17597	19788
A.1.1.2 Raízes tuberosas	2615	2692	2580	2775	2977	3055	3087	3118	2856	2924	3006	2750	2579
A113Cana-de-açúcar	34594	36439	39601	41521	42296	47741	54971	64530	69161	71746	73401	72108	76809
A114Leguminosas	247	308	332	299	304	348	319	349	351	317	346	280	290
A115Nozes	16	20	21	22	19	28	18	28	27	15	28	13	16
A116Oleaginosas	4628	5003	5932	5977	6128	6112	6842	7110	6656	7813	8777	7852	9182
A117legumes	677	755	762	742	746	757	768	816	892	909	932	884	922
A118Frutas	3511	3820	3771	3894	3858	4046	4184	4113	3962	4132	4365	4110	4050
A119Fibras	233	200	206	314	313	266	351	338	270	265	415	367	277
A1110Outrasculturas	332	411	341	409	378	423	391	441	410	450	451	479	477
A.1.2 Pastagens, forrageiras e resíduos de culturas	103882	107114	116884	119802	128148	132987	137953	147140	148733	154362	157872	158577	165838
A121Resíduos deculturas(usados)	39550	39778	46025	45865	44918	50232	57647	65877	66381	70344	72564	74025	81054
A132Pastagenseforrageiras	64332	67336	70859	73937	83230	82754	80307	81263	82352	84018	85308	84551	84784
A.1.3 Madeira	15971	16502	18214	17357	16548	16427	16823	16387	16220	16845	18165	19158	19342
A.1.4 Captura de peixes e outros animais e plantas marinhos	73	76	71	75	75	78	78	79	83	79	80	84	77
A.2 Minérios metálicos	37719	31938	43525	50130	57625	66966	73143	79157	75029	86518	92290	93444	95220
A.2.1 Minériosferrosos	26776	22206	31078	34666	37620	41301	46390	48650	40693	50725	54271	54637	52654
A211Ferro	26776	22206	31078	34666	37620	41301	46390	48650	40693	50725	54271	54637	52654
A.2.2 Minériosnãoferrosos	10943	9732	12447	15464	20006	25664	26753	30507	34336	35793	38019	38806	42566
A221Cobre	407	414	448	1121	1819	2090	3161	3879	3766	3660	3661	3144	3908
A222Níquel	392	388	383	419	485	552	599	673	433	525	639	842	827
A223Chumbo	61	65	68	81	89	100	123	96	69	99	66	69	71
A224Zinco	136	152	186	196	221	244	262	224	179	213	210	182	179
A225Estanho	1534	884	668	2133	2404	2165	3040	2294	1575	1724	1778	2266	2790
A226Ouro, prata, platina e outros metais preciosos	3525	3163	2606	2473	4557	10335	9308	12047	18865	19569	20430	20708	22708
A227Bauxita e outros aluminios	1892	1906	2704	3032	3119	3192	3563	3822	3692	3815	4179	4376	4324
A228Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A229Outros metais	2997	2761	5385	6009	7311	6987	6696	7472	5757	6186	7055	7220	7759
A.3 Minerais não metálicos	50100	50679	46552	45499	50780	58168	65248	74566	73335	85595	96858	105468	106509
A.3.1 Rochas ornamentais e de construção	9274	9163	8264	8610	9473	17447	20011	23368	24041	26745	28160	30163	30844
A.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	8803	9399	8777	9228	8844	9924	11346	12365	11706	15160	22897	26377	26365
A.3.3 Areia	25052	24972	22175	20916	24580	21714	24608	27716	27176	33277	35511	37782	38631
A.3.4 Argilas e caulim	2798	2706	2422	2245	2917	2693	2838	3363	3499	3522	3394	4206	3767
A.3.5 Minerais químicos e fertilizantes	3195	3373	3711	3223	3685	3711	3902	4084	3944	3989	4304	4276	4240
A.3.6 Sal	558	611	657	665	708	675	701	673	591	703	616	748	728
A.3.7 outros minerais não metálicos	418	455	547	612	574	2005	1840	2997	2378	2199	1975	1916	1935
A.4 Combustíveis fósseis	9513	10218	10365	10565	11560	12021	12255	13101	13411	14069	14387	14597	14743
A.4.1 Carvão mineral	1389	1138	1014	1171	1283	1323	1358	1615	1312	1302	1272	1503	1678
A.4.2 Petróleo, LIGN, GLP	7005	7838	8088	8037	8861	9282	9445	9759	10408	10931	11190	11033	10810
A.4.3 Gás natural	1120	1242	1263	1358	1416	1416	1452	1727	1691	1835	1925	2061	2254

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Importações (toneladas)

Categorias	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	3090938	3121799	3516633	4924980	5137093	3932742	5336065	4609036	7999504	8597864	9366449	8174809	7311867	6366415
B.1.1 Culturas primárias e processadas	2413368	2204975	2340569	3571831	3106963	2791729	4221257	3415960	6545205	7003415	7799912	7026418	6242994	5401701
B.1.1.1 Cereais	2178301	1942409	2030434	3205757	2660690	2436952	3762677	2898173	5998788	6268190	6935433	5806085	4667705	5089459
B.1.1.2 Raízes tuberosas	11404	9887	14675	18692	23963	14722	12294	14872	17219	13976	33647	12730	7673	5802
B.1.1.3 Cana de açúcar	82	1613	2286	3348	3724	2265	4050	2663	4083	3463	4349	4231	2440	1484
B.1.1.5 Nozes	7962	6859	13636	18579	10757	10691	10863	6978	11668	14034	8830	5898	11709	8425
B.1.1.6 Oleaginosas	185	4567	24782	39685	23484	923	6291	12173	108022	315223	483672	941174	1282540	48634
B.1.1.7 legumes	47797	64231	68047	136146	83075	67903	140828	164956	118638	97002	119849	64132	72251	63732
B.1.1.8 Frutas	154642	168318	177776	126342	257144	221909	262572	308039	283019	255158	186555	160941	190555	176495
B.1.1.9 Fibras	10365	4973	6794	16783	34249	33599	14687	1408	1168	2108	24696	28470	5308	4908
B.1.1.10 Outras culturas	2631	2118	2138	6500	9877	2766	6997	6698	2598	34260	2881	2757	2813	2760
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	9295	12528	5729	3784	6234	15659	6230	2070	6424	20647	6060	5773	1574	4552
B.1.3 Pastagens e forrageiras	248	0	491	143	20	370	28	7	1190	227	5	7	45	0
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	278159	440338	611247	701068	1143235	578451	589864	649408	786180	776806	865738	670546	656135	519892
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc.	54476	40600	35505	58623	47674	101150	78449	64514	65626	93407	70243	48726	59869	42724
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	216680	203500	70024	130201	377191	186236	226571	298788	399635	446250	411410	307128	227727	139662
B.1.7 Produtos compostos princ.. por Bionassa	118713	219858	453069	459329	455776	259147	213666	178288	195244	257111	213081	116210	123524	257885
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	916925	1683838	1634346	2491088	5179670	3720428	1880087	1811379	1500066	1450061	1467009	1641925	1033108	472948
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	559227	1211722	1071857	1825513	4259672	2922662	1139879	964393	746315	604764	701307	993859	487823	90935
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.														
B.2.2.1 Cobre	53217	71986	86181	96009	134950	130044	152407	184601	158671	191581	210193	155129	217094	147781
B.2.2.2 Níquel	1422	1490	2567	2504	4991	2423	2899	3264	4174	5468	9117	5423	2304	352
B.2.2.3 Chumbo	1382	7758	12777	35035	44604	38104	38945	57462	45520	42596	34864	15618	671	7240
B.2.2.4 Zinco	44025	50687	54259	77612	63735	50622	54113	58506	67372	60109	95736	76959	63166	62323
B.2.2.5 Estanho	7	1434	3085	3225	6024	3172	1518	3918	4086	7555	3640	312	16	9
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	34168	29238	56211	70909	136534	103875	106356	107955	81942	85319	78505	50817	22147	9320
B.2.2.8 Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2.2.9 Outros metais	30612	46947	49965	90626	124605	74646	111215	197008	199221	246634	160229	137069	100164	76929
B.2.3 Produtos compostos princ.. por metais	192864	262577	297443	289653	404555	394880	272754	234272	192764	206034	173419	206739	139724	78058
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	3386870	3635511	5079953	5099570	6703538	5384940	7220830	8634261	7924178	7967031	8965387	5432803	5053177	3355056
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	1051	728	1116	6663	3285	510	330	354	221	230	465	161	13	6
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	5425	6972	8454	8526	9787	4005	4667	3914	4371	31766	8656	6049	3182	1470
B.3.3 Ardósia	0	0	101	3	5	51	100	22	0	0	0	0	0	0
B.3.4 Areia e cascalho	718	287	1255	1707	513	834	900	90	123	1137	2559	19329	719	492
B.3.5 Argilas e caulim	34685	43043	42813	56322	111967	56748	44825	55532	39093	45000	42471	94456	37468	19891
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	2545801	2774515	4136261	3862132	5108815	3874588	5082665	6281376	5583232	5667103	6276597	3945673	3769968	2706824
B.3.7 Sal	4	6	28	45	126	143	5	69	15	1	4	4	9	6
B.3.8 outros minerais não metálicos	445084	505201	614517	872717	1168313	1169259	1685339	1971989	2005395	2013456	2531470	1304886	1184997	605830
B.3.9 Prod. compost. princ.. por min. Metál.	354103	304760	275409	291455	300727	278803	401998	320915	291729	208337	103165	62246	56820	20538
B.4 Recursos petrolíferos, primários e processados	19128348	23881367	27776040	36699025	37471163	39403242	46377238	46444167	51729193	56739301	51295237	48449491	46956435	44782875
B.4.1 Carvão mineral	2100916	1837406	2068526	1822146	1812562	2931776	3300153	3687828	5157989	4793670	4974982	4636472	4361971	6515629
B.4.2 Petróleo (incl. líq. de gás natural)	16276774	21123740	24649257	33978458	34640117	35863074	42029034	41815103	45682850	51020812	45524434	43325208	41585423	37476057
B.4.3 Gás Natural	376071	399467	364013	156467	205745	28259	141274	196813	79570	76346	115002	135696	666088	507643
B.4.5 Produtos comp. Princ..de c. f.	374587	520754	694244	741955	812740	580133	906777	744424	808783	848474	680820	352115	342952	283547
B.5 Outros Produtos	49604	66109	94280	107181	138985	83506	89585	79537	87548	95872	85052	72375	62398	51843
TOTAL DE IMPORTAÇÕES	26572685	32388623	38101251	49321845	54630449	52524858	60903805	61578379	69240490	74850129	71179135	63771404	60416984	55029136

Categorias	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	7038901	6557199	11062305	7485013	3290236	4778399	6054350	10150095	9039661	11803053	14891548	18689331	25664049
B.1.1 Culturas primárias e processadas	5902791	5519875	8015760	5784695	2294020	2852147	4327776	8241109	7492310	9683658	11900589	13215842	19148334
B.1.1.1 Cereais	5452661	5016056	6856852	4952359	1662267	2221276	3648885	7278729	6197103	8445102	9520585	9621860	11469202
B.1.1.2 Raízes tuberosas	5395	3875	46687	2490	2565	2594	14994	8439	11471	3711	190867	71682	31077
B.1.1.3 Cana de açúcar	632	1103	2238	1302	1235	2282	4283	6097	103886	63541	61130	55525	136238
B.1.1.5 Nozes	8147	8203	8640	5185	4947	10249	7362	11748	9298	12680	23368	30020	17365
B.1.1.6 Oleaginosas	164489	241669	656260	440855	198295	79631	63262	312729	501617	150674	819961	891309	963551
B.1.1.7 legumes	113901	78881	172856	111502	88394	130908	236917	272272	318688	306795	572389	1378238	4696982
B.1.1.8 Frutas	137626	142745	162989	203841	210949	257823	242333	217815	141112	151882	264967	629047	1153710
B.1.1.9 Fibras	18189	24424	105897	63924	100833	138249	102707	119841	187945	522926	417573	464010	595828
B.1.1.10 Outras culturas	1750	2918	3342	3239	24535	9134	7032	13438	21191	26348	29749	74151	84381
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	2897	6346	14776	4952	4503	4572	14348	15234	14784	21037	13302	78263	162701
B.1.3 Pastagens e forrageiras	3	0	12	0	0	342	150	799	52	595	3886	5572	1377
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	619842	579751	807483	779597	497001	739851	649656	818307	734345	988420	1361976	2360838	2458566
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	33989	38314	102806	112763	56809	136765	172332	143279	86627	153762	163087	225266	297347
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	179812	190931	1804038	564988	227517	640627	552184	517473	321657	392390	676370	1225733	1224637
B.1.7 Produtos compostos princ... por Bionassa	299567	221981	317429	238017	210386	404096	337905	413894	389886	563191	772337	1577817	2371088
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	601152	805203	1799507	1631063	841960	1642866	1306652	1490524	1499212	1362138	1493660	1935362	2920297
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	136495	238258	1074942	671043	208498	637545	327156	283209	403034	330486	383514	429686	742570
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.													
B.2.2.1 Cobre	196009	242968	380247	469459	433598	416620	410630	490997	504569	493665	531640	524642	527577
B.2.2.2 Níquel	497	1392	2025	1831	1818	4587	3016	3654	4227	5086	6097	8046	8569
B.2.2.3 Chumbo	11376	29592	33532	38103	27887	40925	31231	45825	43356	92004	71820	57206	532856
B.2.2.4 Zinco	65533	104081	100210	144912	94299	96825	99618	123037	128622	133418	124589	169982	218035
B.2.2.5 Estanho	6	10	30	5	5	3	61	23	81	30	1850	493	116
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	0	5	96	0	0	1465	4708	0	4	1	0	49	0
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	18207	13551	3832	2310	6070	139016	222472	374544	200527	28672	48958	81316	66507
B.2.2.8 Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
B.2.2.9 Outros metais	102921	95195	105087	221583	6880	204103	91627	46274	69558	80094	60456	116954	104318
B.2.3 Produtos compostos princ... por metais	70109	80150	99505	81818	62906	101779	116133	122961	145234	198683	264735	546987	719611
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	4831211	4403393	9770118	8544329	6220861	5731686	6032283	6804935	8945592	9116199	10124193	13235266	11669196
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	15	1	25	38	187	4253	820	1425	2104	4795	13128	31324	43354
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	472	411	446	182	70	452	548	430	783	783	30505	5217	8905
B.3.3 Ardósia	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	0	0	0
B.3.4 Areia e cascalho	107	69	68	212	562	379	5095	224	445	1222	6825	7066	4782
B.3.5 Argilas e caulim	24936	17658	31341	19567	24084	40476	43070	38926	29047	49547	45505	74008	231889
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	3822721	3620456	5578442	5252762	4544177	3899357	4160255	4823584	6605543	6494985	7321001	6594255	8366114
B.3.7 Sal	37	222568	783343	1231509	47744	401050	254657	59112	55324	83089	12228	79890	62894
B.3.8 outros minerais não metálicos	975322	530253	3351902	2006839	1538096	1258629	1418625	1808260	1894224	2287386	2333298	5798188	2344335
B.3.9 Prod. compost. princ... por min. Metál.	7601	11976	24550	33219	65941	126826	149213	72973	358123	194391	361702	645317	606923
B.4 Recursos petrolíferos, primários e processados	41347510	36855374	41390687	45557111	47752827	44778071	42409142	43663102	47809205	54164004	52640907	55084410	65672674
B.4.1 Carvão mineral	8158671	8354873	8960082	11763124	11711679	11671630	10815717	12903619	13361253	13932081	14110812	14372758	14700066
B.4.2 Petróleo (incl. líqu. de gás natural)	32633894	27745175	31217043	32700915	34341427	31399478	29865063	28766382	32010037	37711304	35868887	35145833	44790923
B.4.3 Gás Natural	253361	416000	648161	696877	1124008	1204730	1219602	1306065	1680152	1576728	1592270	2129834	2179602
B.4.5 Produtos comp. Princ...de c. f.	301585	339327	565402	396195	575713	502234	508760	687037	757762	943891	1068938	3435985	4002083
B.5 Outros Produtos	38741	45020	83176	125921	168498	129073	133271	152979	155701	246464	385547	1252552	1341663
TOTAL DE IMPORTAÇÕES	53857515	48666190	64105793	63343437	58274383	57060096	55935698	62261635	67449371	76691858	79535854	90196921	107267879

Categorias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	16915121	20072326	16382788	18315518	15510287	14508637	15683232	12975291	13226155
B.1.1 Culturas primárias e processadas	11040695	13670418	11905984	13507667	11546333	10536732	11929305	8534083	8661542
B.1.1.1 Cereais	7618133	11289691	9893579	11471933	9638002	8529061	9673620	7128517	7137593
B.1.1.2 Raízes tuberosas	21931	112009	14066	11786	22026	4203	4199	22768	18045
B.1.1.3 Cana de açúcar	61781	44580	37034	36393	33189	20097	19364	23216	40646
B.1.1.5 Nozes	23409	12341	28556	23034	16441	11927	10982	13732	15258
B.1.1.6 Oleaginosas	1469176	421006	600465	825427	861731	1058042	1227651	375194	400468
B.1.1.7 legumes	781349	908159	630155	459964	534667	484276	572268	582267	643503
B.1.1.8 Frutas	456545	464321	297509	245409	264454	241526	182614	191851	268532
B.1.1.9 Fibras	512441	332851	293380	320055	97659	74411	137668	115015	43256
B.1.1.10 Outras culturas	95932	85463	111240	113666	78163	113188	100939	81523	94241
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	421296	234970	156189	209325	330455	516830	462703	352676	345249
B.1.3 Pastagens e forrageiras	3033	3213	857	912	680	579	275	195	528
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	2811984	2561336	2054392	2280502	1914198	1749579	1800086	2251750	2551425
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	211201	196991	169136	194681	168858	139585	146505	151232	141615
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	1013961	1979672	905961	911302	551459	621064	486621	731049	570292
B.1.7 Produtos compostos princ., por Bionassa	1412952	1425725	1190268	1211129	998304	944268	857738	954307	955503
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	2676515	2867869	2531635	2829678	3089567	2433775	2466660	2827126	2990272
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	851571	975699	707855	1073450	1151372	738426	729463	789502	987839
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.									
B.2.2.1 Cobre	571320	582202	720052	675762	807904	590364	596931	737261	616841
B.2.2.2 Níquel	8360	7243	9880	12270	10350	13589	16147	13734	9878
B.2.2.3 Chumbo	60647	60069	56129	70797	73617	71027	56526	69295	75064
B.2.2.4 Zinco	216829	191214	237173	211374	218915	254929	284912	294714	260050
B.2.2.5 Estanho	193	315	951	1131	249	569	952	1974	2471
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	0	0	0	401	425	444	549	418	501
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	168237	156789	133548	106540	125101	101554	92734	111153	126972
B.2.2.8 Urânio e tório	827	534	1	61	161	353	213	50	508
B.2.2.9 Outros metais	65628	153309	58232	109345	77719	74937	120570	141868	114847
B.2.3 Produtos compostos princ., por metais	732904	740494	607815	568549	623754	587583	567665	667157	795301
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	13215753	13021282	12008044	16432222	16027161	17231431	20480359	25024170	19858440
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	62337	73559	55730	53133	53359	48020	39978	43094	49921
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	4373	4652	1640	89374	3500	3199	36465	38482	16530
B.3.3 Ardósia	0	13	0	0	168	147	105	63	66
B.3.4 Areia e cascalho	4937	2801	2785	3708	3214	2697	7618	26782	4473
B.3.5 Argilas e caulim	111516	135280	109496	156786	132029	137138	130998	167338	262911
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	9600946	9425238	9093604	12950714	12485566	13120689	15672941	19797573	14496292
B.3.7 Sal	363730	207418	215593	191349	108064	218037	312446	384447	370916
B.3.8 outros minerais não metálicos	2312802	2307703	2167147	2652910	2820252	3110280	3427600	3786873	4007078
B.3.9 Prod. compost. princ., por min. Metál.	755112	864619	362050	334247	421011	591223	852207	779517	650253
B.4 Recursos petrolíferos, primários e processados	55407449	55522185	53531777	53635029	56075760	53927062	51997084	59705265	54600018
B.4.1 Carvão mineral	14006989	12175796	14320082	16452203	16412710	15097290	17472441	18465244	17312366
B.4.2 Petróleo (incl. líq. de gás natural)	37768919	38593028	34139464	30437554	32576934	30019103	26544643	31441139	27147393
B.4.3 Gás Natural	1626721	2604126	3040440	4296706	4563045	6139938	5552652	7034883	7270684
B.4.5 Produtos comp. Princ., de c. f.	2004820	2149234	2031791	2448566	2523070	2670731	2427349	2763998	2869576
B.5 Outros Produtos	1068453	995886	858682	840956	786941	573660	751649	983995	997257

TOTAL DE IMPORTAÇÕES	89283292	92479548	85312927	92053402	91489716	88674565	91378985	101515847	91672142
----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

continuação

Categorias	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	15757710	16879196	16572208	15955820	17954446	17515386	18439469	19080601
B.1.1 Culturas primárias e processadas	10745331	11595027	10674524	10757213	11464007	11062628	12113492	12991430
B.1.1.1 Cereais	9427938	10169911	9116484	9261560	9464399	8972232	9823975	10505767
B.1.1.2 Raízes tuberosas	8397	2934	3723	11935	20549	5295	2861	29180
B.1.1.3 Cana de açúcar	27759	26846	33323	26052	39246	44699	54126	52730
B.1.1.5 Nozes	13755	13457	23986	20674	18518	63796	82492	67929
B.1.1.6 Oleaginosas	87593	126812	127537	130324	172279	85221	326177	332997
B.1.1.7 legumes	652222	670272	885114	776023	1104174	1072531	1162880	1356642
B.1.1.8 Frutas	329104	334229	307382	372088	471074	566319	518173	530388
B.1.1.9 Fibras	88217	101570	52006	18015	52979	157036	12651	26078
B.1.1.10 Outras culturas	110345	148995	124968	140541	120789	95498	130157	89717
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	297190	248522	265930	184859	182082	165372	144243	166125
B.1.3 Pastagens e forrageiras	491	493	872	599	737	1050	1708	1243
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	2774269	3137943	3320955	2860105	3702941	3517299	3457926	3229992
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	180374	209808	218486	239504	280016	344555	362964	418511
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	621814	578424	723509	648683	726112	727210	745566	655071
B.1.7 Produtos compostos princ.. por Bionassa	1138240	1108980	1367933	1264857	1598552	1697272	1613570	1618230
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	4394093	4993683	6124654	5031554	9935153	8246703	7974212	8144883
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	2076580	1862417	2932408	2602818	6264150	3981008	3901992	3520156
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.								
B.2.2.1 Cobre	766323	750684	782995	672939	786144	747843	563503	794519
B.2.2.2 Níquel	6008	5695	9684	7915	3926	5294	4124	3719
B.2.2.3 Chumbo	79518	62802	87187	81722	89585	84206	75526	84101
B.2.2.4 Zinco	245456	221023	261366	154175	250324	284999	289706	278600
B.2.2.5 Estanho	2134	1715	855	343	763	1674	347	155
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	788	495	375	342	373	266	240	245
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	155137	513844	124219	91438	195452	463534	364670	264550
B.2.2.8 Urânio e tório	196	247	37	3	140	95	380	59
B.2.2.9 Outros metais	151205	344227	355054	161296	241961	297661	326668	279193
B.2.3 Produtos compostos princ.. por metais	910748	1230535	1570475	1258564	2102336	2380123	2447056	2919586
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	22905201	28261502	27968618	21040555	30519398	35787990	36655977	41110192
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	60347	75441	90919	66524	90651	105842	98780	108244
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	9613	23285	135882	6493	218084	372883	551096	1236942
B.3.3 Ardósia	0	0	14	0	0	0	1	23
B.3.4 Areia e cascalho	70556	59865	121853	64037	100127	145032	110535	133430
B.3.5 Argilas e caulim	268740	406152	482934	426524	801313	1150803	1049169	1225482
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	16925906	21280624	19725121	13450531	18984478	24480875	22508947	26607668
B.3.7 Sal	437141	418278	570376	633937	1132799	1017539	1197504	971419
B.3.8 outros minerais não metálicos	4522932	5138414	5804738	5177427	6421948	4747833	7175818	7255689
B.3.9 Prod. compost. princ.. por min. Metál.	609965	859443	1036782	1215083	2769997	3767184	3964128	3571294
B.4 Recursos petrolíferos, primários e processados	55473297	64689902	68787877	57517618	73041287	76583415	70939050	82661636
B.4.1 Carvão mineral	16065475	18377478	20372220	14520813	19498928	22191024	18433224	20328185
B.4.2 Petróleo (incl. liqu. de gás natural)	27969328	33816208	33852497	30933963	37179260	39079384	35926118	42030992

B.4.3	Gás Natural	8350614	8729566	10071880	7998575	11296527	9968660	11269420	14473565
B.4.5	Produtos comp. Princ..de c. f.	3087880	3766649	4491281	4064268	5066571	5344347	5310287	5828894
B.5	Outros Produtos	1205128	1457129	1714833	1608944	2278268	2188009	2259957	2356036
TOTAL DE IMPORTAÇÕES		99735428	116281412	121168190	101154492	133728551	140321503	136268665	153353349

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Exportações (toneladas)

Categorias	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	7884620	8385565	10388846	12154287	13144151	14354030	15828986	17514923	14442253	15314282	20259049
B.1.1 Culturas primárias e processadas	5616477	5557185	6564374	7802096	9136033	9160291	8966963	9526786	5506734	5117501	7206040
B.1.1.1 Cereais	1575018	1436921	182507	143975	1271634	1211819	1534584	1912389	255919	45539	46817
B.1.1.2 Raízes tuberosas	25	0	13573	0	0	0	0	0	0	0	0
B.1.1.3 Cana de açúcar	1494199	1716666	3123945	3625442	3370387	2628286	2026703	3509878	2756695	2570697	3437295
B.1.1.5 Nozes	32602	29695	44957	40819	28746	45865	32765	28604	32791	41568	37483
B.1.1.6 Oleaginosas	351462	252860	1094960	1841624	2784781	3394121	3665427	2619432	675898	663343	1581708
B.1.1.7 legumes	76243	25854	11242	11443	56695	76979	13144	25409	18585	35985	46271
B.1.1.8 Frutas	313214	338217	283060	319105	331920	422220	358437	378238	544685	563813	626123
B.1.1.9 Fibras	554927	420819	465529	465200	241028	169623	126489	168120	142543	102617	131188
B.1.1.10 Outras culturas	1218787	1336154	1344601	1354488	1050843	1211378	1209415	884716	1079618	1093940	1299156
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	1082884	1424274	1937328	2005474	2493646	3607188	4939646	5991933	6206986	6179039	7721869
B.1.3 Pastagens e forrageiras	0	1	0	0	0	314	1123	109	34	0	513
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	842246	938950	1127264	1552092	994816	763728	762424	823079	1287026	2163696	2854722
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	10332	11945	18533	13844	14288	15972	14489	25192	30210	29693	36770
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	229815	236507	318963	273576	159259	162867	205147	235904	231991	228670	344844
B.1.7 Produtos compostos princ.. por Bionassa	102866	216702	422384	507205	346110	643669	939193	911920	1179274	1595683	2094291
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	30460775	33273295	32500465	46763778	61427023	74812056	69419196	60691087	69668155	80250805	85541293
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	28831714	31425916	31233656	45872894	59985134	73248542	68224611	59890796	68481457	78241163	81519007
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.											
B.2.2.1 Cobre	962	824	2151	1925	1242	806	448	1631	4941	6391	4289
B.2.2.2 Níquel	1	11	5	3	1	11	4	10	7	7	8
B.2.2.3 Chumbo	4555	9	22	0	0	2	4	2	0	247	2395
B.2.2.4 Zinco	2	107	28	32	8525	8511	7092	6172	5737	9212	8
B.2.2.5 Estanho	1068	1064	1417	1265	2689	3494	1848	2226	3756	4727	3812
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	3431	4195	4737	4767	24559	18379	3260	4664	5317	520377	2687462
B.2.2.8 Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2.2.9 Outros metais	1605815	1816978	1222202	837407	1329027	1427758	1088543	633333	979598	1237418	1039750
B.2.3 Produtos compostos princ.. por metais	13227	24192	36247	45484	75846	104553	93387	152254	187343	231264	284560
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	113234	170555	159978	342040	350634	300334	243638	338854	629241	933369	1269074
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	14461	18214	13303	20649	51906	33989	34997	65060	73010	89442	133583
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	1026	1413	863	1258	1495	573	1088	13802	925	2751	4615
B.3.3 Ardósia	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7	0
B.3.4 Areia e cascalho	1	73	98	10	101	13142	27999	50498	11232	2172	4213
B.3.5 Argilas e caulim	10488	12977	12068	16440	32594	44664	37417	51191	79232	150552	334149
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	18559	27190	31877	67112	5587	15340	9625	3409	44258	62268	31305
B.3.7 Sal	7	18	1406	26	18	32421	1	0	111683	138240	178777
B.3.8 outros minerais não metálicos	56058	85845	78446	101845	113347	84259	55006	94780	120444	222575	295696

B.3.9	Prod. compost. princ.. por min. Metál.	12635	24821	21916	134700	145586	75945	77506	60114	188457	265363	286737
B.4	Recursos petrolíferos, primários e processados	909210	1378910	2125932	3636005	2104436	2044421	2826250	2077106	1562261	1152707	1336699
B.4.1	Carvão mineral	10	6	8	18352	5	27	58	234	25	125	573
B.4.2	Petróleo (incl. líq. de gás natural)	901621	1371673	2101686	3575953	2050627	1952683	2801248	2034597	1447209	915850	1045666
B.4.3	Gás Natural	0	0	13006	20589	14537	69353	6487	17471	26619	63705	36738
B.4.5	Produtos comp. Princ..de c. f.	7579	7232	11231	21111	39266	22357	18457	24804	88407	173026	253722
B.5	Outros Produtos	64863	74663	118798	164866	167881	167106	204799	256221	273072	334346	344120
TOTAL DE EXPORTAÇÕES		39432703	43282987	45294018	63060976	77194124	91677947	88522868	80878192	86574983	97985509	108750236

continuação

Categorias	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	23917823	20334891	24385193	24780192	26482625	21097586	24517948	25644822	28512988	27081674	26291933
B.1.1 Culturas primárias e processadas	7345770	6093765	7716740	8486115	9415079	6777419	8855052	7680716	8955873	8639339	6919709
B.1.1.1 Cereais	127933	651203	829273	401625	95597	24102	21451	35771	18671	10535	11472
B.1.1.2 Raízes tuberosas	0	0	0	0	2	0	0	0	44	13	80
B.1.1.3 Cana de açúcar	3349132	2626774	2915428	3519705	3040851	3180504	2807217	2352706	1408254	1638778	1714427
B.1.1.5 Nozes	34498	35424	41683	35199	50122	41505	20688	18469	41082	51232	38855
B.1.1.6 Oleaginosas	1480248	531719	1307521	1577386	3521990	1215998	3033103	2604173	4620213	4080166	2026116
B.1.1.7 legumes	32820	18938	37351	35828	30563	21981	88040	36114	29650	18414	26142
B.1.1.8 Frutas	829024	686719	756146	1145602	771571	1097987	1036360	946071	1017870	1190333	1249689
B.1.1.9 Fibras	110916	101791	307487	147872	206329	131904	270799	136998	285966	191685	177221
B.1.1.10 Outras culturas	1381199	1441196	1521852	1622897	1698054	1063437	1577395	1550413	1534123	1458183	1675707
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	10009659	8847988	9951079	9050648	10244303	8098220	9248225	9558389	11533172	10360566	9213282
B.1.3 Pastagens e forrageiras	4190	1160	44	0	0	1098	2989	364	3167	0	0
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	3148622	2580715	3273313	3724634	3370897	3458273	3258102	4641592	4102976	4152980	5127091
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	47950	46573	48378	38484	54434	43751	42168	45131	45725	34994	46160
B.1.6 Outros animais vivos que em l.5, carne ..	562138	615117	686083	662537	674807	526282	479185	716515	614843	633873	681476
B.1.7 Produtos compostos princ.. por Bionassa	2799495	2149573	2709555	2817774	2723105	2192543	2632226	3002115	3257233	3259922	4304215
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	94178930	88439542	86673965	105379627	109053053	94380436	108737427	133710437	139600158	134162777	135248982
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	88642396	84190963	81501709	99530927	104144477	88426224	104185561	126578730	132562000	126393609	127101624
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.											
B.2.2.1 Cobre	58007	10724	16309	56000	20270	21577	14348	29669	53757	72117	100580
B.2.2.2 Níquel	6	94	81	432	56	64	50	979	526	1779	2523
B.2.2.3 Chumbo	438	6	30	6	1199	606	7	3369	2353	7147	500
B.2.2.4 Zinco	2507	2518	45	34	16	38	124	6674	21758	34682	49092
B.2.2.5 Estanho	4934	4409	8821	14605	20052	16	21035	33642	34027	28050	18984
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	4138161	3003429	4143283	4442214	3526534	3602088	3241178	5255385	5145140	6095323	6488262
B.2.2.8 Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2.2.9 Outros metais	1022030	993847	750098	908986	933862	1930241	849649	1153408	1149289	979692	940224
B.2.3 Produtos compostos princ.. por metais	310450	233553	253589	426424	406585	399582	425477	648582	631307	550375	547193
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	1172670	1016202	1417744	1492521	1355833	1267988	1240748	1882398	2015082	2118582	2179134
B.3.1 Rochas ornamentais e de construção	101387	84945	109189	155840	192528	233336	267715	473606	403796	460555	464149
B.3.2 Calcário, gipsita, dolomita	3723	1310	1915	3851	2297	2284	621	418	5026	771	3513
B.3.3 Ardósia	10	31	38	4	84	118	73	867	2259	1624	1896
B.3.4 Areia e cascalho	4773	17800	8309	11078	1943	5553	2893	3775	5887	2084	882
B.3.5 Argilas e caulim	279207	292817	302170	346137	334305	364296	365548	563143	575707	488891	546887
B.3.6 Minerais químicos e fertilizantes	42795	57008	273810	68527	43207	41352	67497	111803	210256	324262	327869

B.3.7	Sal	141861	186180	243224	348114	144581	37845	27452	24032	13070	12197	56883
B.3.8	outros minerais não metálicos	355538	299501	401256	360642	381696	402988	322033	488981	598541	660579	602328
B.3.9	Prod. compost. princ.. por min. Metál.	243377	76611	77832	198329	255192	180215	186916	215775	200539	167619	174727
B.4	Recursos petrolíferos, primários e processados	4286719	5616968	6097123	9324292	8563388	6545587	7258871	8128135	7053494	5334408	4397730
B.4.1	Carvão mineral	248	560	745	654	42438	111277	743	1160	16	801	440
B.4.2	Petróleo (incl. líq. de gás natural)	3506238	4872666	4761958	7533983	6731687	5203661	5916533	6440005	5565742	3840315	3012058
B.4.3	Gás Natural	42797	30703	42493	41541	40112	14189	39554	37139	28376	5342	104
B.4.5	Produtos comp. Princ.. de c. f.	737436	713039	1291927	1748113	1749152	1216461	1302040	1649831	1459361	1487950	1385128
B.5	Outros Produtos	395963	306805	403804	543598	490654	454831	442467	490121	519954	429758	481273
TOTAL DE EXPORTAÇÕES		123952105	115714409	118977830	141520230	145945552	123746427	142197461	169855913	177701677	169127199	168599051

continuação

Categorias	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
B.1 Biomassa e produtos de biomassa	30992089	36318219	40155479	41441945	40452641	46027998	50265775	56334422	51646897	72264236	75895530
B.1.1 Culturas primárias e processadas	9405812	10748864	12146179	12571345	12510338	18294355	21094945	24965783	21758181	37103805	37083419
B.1.1.1 Cereais	27108	33043	28254	55941	405562	395341	48915	98658	83963	5795927	2855785
B.1.1.2 Raízes tuberosas	119	406	47	54	0	72	0	2078	133	174	2161
B.1.1.3 Cana de açúcar	2453772	3129303	3465583	6297808	5432672	6449988	8466735	12258233	6609952	11318419	13587905
B.1.1.5 Nozes	59578	45698	41362	47877	46798	51744	47403	30728	53277	40704	41744
B.1.1.6 Oleaginosas	3732899	4190165	5404257	3498070	3648680	8340270	9276192	8918539	11519786	15690506	15979529
B.1.1.7 legumes	65081	71858	38559	66190	66774	50275	65901	125374	107311	107900	84020
B.1.1.8 Frutas	1332031	1597645	1568298	1231040	1486595	1504376	1578932	1671843	1783184	1997017	2087028
B.1.1.9 Fibras	77775	61797	53608	104107	39592	31729	40031	39130	71588	202600	171749
B.1.1.10 Outras culturas	1657448	1618948	1546209	1270258	1383666	1470562	1570835	1821200	1528987	1950557	2273497
B.1.2 Resíduos de culturas (usados)	10102392	11471147	12236288	13132857	12903779	11738397	10812427	11379089	9991832	12424598	13600564
B.1.3 Pastagens e forrageiras	21844	43912	48770	36429	5	34306	20423	17146	8442	24367	21525
B.1.4 Madeira e produtos de madeira	6326500	7735925	8934116	9151451	8422564	9129562	11091245	11820953	12095955	13083404	14293831
B.1.5 Captura de peixes e outros., primário e proc	48822	54757	43832	27675	24876	29422	29637	36435	57236	72494	96302
B.1.6 Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	925715	1066563	948991	910076	1162974	1262517	1288620	1535779	1765925	2531199	3203949
B.1.7 Produtos compostos princ.. por Bionassa	4161005	5197052	5797303	5612113	5428105	5539438	5928478	6579237	5969326	7024369	7595940
B.2 Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	129652058	138937047	144283742	150890370	149597660	153392770	169641994	160244737	177976054	176131489	189358450
B.2.1 Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	122924162	129748813	136908507	142832776	142208365	146200844	162420200	153189797	170712363	169703755	183024110
B.2.2 Min. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.											
B.2.2.1 Cobre	106608	96864	67570	73780	61337	67616	39798	69337	64614	61785	100707
B.2.2.2 Níquel	3424	4692	4968	4515	5655	6226	16830	32442	28484	29894	25326
B.2.2.3 Chumbo	449	497	20	6911	15195	10655	11315	9791	20737	11279	11297
B.2.2.4 Zinco	77645	78584	64985	51782	49787	24524	14845	26357	24391	24420	59643
B.2.2.5 Estanho	20159	23119	18266	10161	12280	12951	6992	6478	7042	6434	6054
B.2.2.6 Ouro, prata, platina e outros met. Pre.	224	365	289	289	250	535	129	972	890	1429	1605
B.2.2.7 Bauxita e outros alumínio	5423285	7389965	5280696	5834392	5369769	5169904	5060417	5385812	5046699	4128171	4222371
B.2.2.8 Urânio e tório	0	0	0	0	0	0	0	0	16	23	1
B.2.2.9 Outros metais	483167	783555	1106635	1283166	1107144	1081290	1262211	727202	1182773	1312303	937610
B.2.3 Produtos compostos princ.. por metais	612935	810594	831805	792599	767879	818225	809257	796550	888046	851997	969726
B.3 Minerais não metálicos, prim. e processados	2500559	3439909	3494114	3622987	4054381	4501276	5313839	6112093	7535177	7227128	7633589

B.3.1	Rochas ornamentais e de construção	527598	585283	625993	696014	762584	920881	929637	974971	1085345	1087257	1244303
B.3.2	Calcário, gipsita, dolomita	2901	8066	7882	12910	39042	55027	60066	37149	25908	26520	28425
B.3.3	Ardósia	4568	3476	1326	628	283	150	278	3086	5963	5781	9314
B.3.4	Areia e cascalho	2353	23193	27265	381	183	238	387	918	13909	12872	7261
B.3.5	Argilas e caulim	633549	1071301	1020067	1042779	1066602	1271285	1511326	1821885	2189183	2276734	2470589
B.3.6	Minerais químicos e fertilizantes	297503	337362	230232	322181	267421	288599	297478	222984	301937	329594	510430
B.3.7	Sal	43994	187401	223615	130267	163791	273469	444608	516331	760977	770623	694187
B.3.8	outros minerais não metálicos	766342	814822	1014182	1113552	1413304	1259015	1615181	2035118	2610845	2287009	2053975
B.3.9	Prod. compost. princ.. por min. Metál.	221749	409005	343552	304276	341170	432612	454877	499650	541109	430737	615106
B.4	Recursos petrolíferos, primários e processados	5552184	5383626	7957428	4941772	4714183	4181315	5606829	6218524	7303409	16580481	22540388
B.4.1	Carvão mineral	304	150	559	473	486	513	2208	384	662	2498	884
B.4.2	Petróleo (incl. líq. de gás natural)	3791491	3395198	5917777	3038584	2768750	2035068	3444222	3745689	4583942	14405458	19868457
B.4.3	Gás Natural	2903	4253	2090	7	14744	2718	2	2509	5426	4436	96306
B.4.5	Produtos comp. Princ..de c. f.	1757486	1984026	2037002	1902708	1930202	2143017	2160396	2469942	2713379	2168090	2574742
B.5	Outros Produtos	651663	768801	770315	722863	704563	761550	747310	849478	896409	918977	949285
	TOTAL DE EXPORTAÇÕES	169348553	184847602	196661078	201619937	199523427	208864910	231575747	229759255	245357946	273122311	296377224

continuação

Categorias		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
B.1 Biomassa e produtos de biomassa		88776124	98533924	106015063	110829584	118658242	116017148	127113964	137208383	139485906	147446406	168590314
B.1.1	Culturas primárias e processadas	42163724	47472259	48196303	54678608	61286694	58392161	68372984	76047067	78233580	86407220	105305098
	B.1.1.1 Cereais	4038894	6650764	1669136	5043761	11671128	7878827	8993286	12736631	13383813	23469760	28987403
	B.1.1.2 Raízes tuberosas	197	27	303	23	13279	1094	4312	621	2992	262	2023
	B.1.1.3 Cana de açúcar	13197153	16011374	18387996	19054509	19501201	19654044	24475841	28154390	25478577	24120514	27238995
	B.1.1.5 Nozes	50009	62605	61041	57840	69562	50229	59183	52136	38599	38454	36678
	B.1.1.6 Oleaginosas	19908558	19393251	22513866	25007509	23779232	24558909	28691029	29128734	33079142	32533438	42872753
	B.1.1.7 legumes	72954	61444	53939	45774	134618	51201	74430	43562	69966	66821	65015
	B.1.1.8 Frutas	2501012	2562306	2728249	2702222	3132776	3099811	2969477	2849656	2807898	2715168	2947982
	B.1.1.9 Fibras	257291	409695	465854	394565	488723	559540	541696	529948	773764	1076355	583646
	B.1.1.10 Outras culturas	2137657	2320793	2315918	2372406	2496174	2538507	2563731	2551388	2598830	2636449	2570604
B.1.2	Resíduos de culturas (usados)	14612480	15566725	15376471	13333832	13484497	13138682	13336257	14685603	14911125	14889079	13913466
B.1.3	Pastagens e forrageiras	22845	11495	11	8289	77	1019	864	458	77	109	16
B.1.4	Madeira e produtos de madeira	18331515	20226846	25486411	25510182	25718525	25621679	26135258	26701788	26609143	26241806	28521687
B.1.5	Captura de peixes e outros., primário e proc	111296	104862	92682	77186	58198	45181	37244	33073	37872	40782	35241
B.1.6	Outros animais vivos que em 1.5, carne ..	3875508	4946267	5691391	5684358	6467637	6437498	6251591	6393983	6310001	6541026	6797691
B.1.7	Produtos compostos princ... por Bionassa	9658756	10205469	11171794	11537129	11642614	12380928	12979766	13346411	13384107	13326384	14017115
B.2	Minérios metálicos e conce., prim. e proc.	200912338	242201337	256880560	271553577	297023313	309290247	285610135	334577783	357538872	351430392	354187945
B.2.1	Minérios ferrosos e concentrados, ferro e aço	192739619	230023143	244226233	261752370	286343571	297558977	278062391	322353251	345323944	339828956	340912885
B.2.2	Mín. met. não ferrosos e conc., pri. e proc.											
	B.2.2.1 Cobre	79418	328399	503596	503024	721723	770391	715793	709818	727947	765543	988485
	B.2.2.2 Níquel	22925	25548	26230	23632	28131	26403	30896	41436	100165	111443	69363
	B.2.2.3 Chumbo	11282	22264	33208	14005	30516	25962	17851	20123	17300	17975	20893
	B.2.2.4 Zinco	67891	60248	71657	77999	54474	40356	75936	80587	95418	59974	36444

	B.2.2.9 Outros metais	1095822	1908101	2014682	1251976	1427937	2120890	1715447	2475883	2262796	1711178	1916339
B.2.3	Produtos compostos princ.. por metais	1227211	1534072	1566532	1584291	1601121	1590745	1049562	1376155	1494487	1460663	1316599
B.3	Minerais não metálicos, prim. e processados	9850130	11412050	12813518	14886893	15341548	14288143	13488276	15141196	15719554	15176350	15954696
B.3.1	Rochas ornamentais e de construção	1507043	1801444	2108887	2535458	2475598	1961712	1650913	2214075	2170237	2217122	2695338
B.3.2	Calcário, gipsita, dolomita	93474	36481	86916	68497	101846	160497	149545	151731	124559	150431	240020
B.3.3	Ardósia	8191	9151	10850	11194	11336	6027	3045	2864	6549	3256	3125
B.3.4	Areia e cascalho	1973	11503	10814	27642	25834	21245	26586	33573	34756	30571	48105
B.3.5	Argilas e caulim	3128448	3855316	3786918	4231948	3953061	4046453	3002837	3223162	3180119	3048011	3065264
B.3.6	Minerais químicos e fertilizantes	636465	746179	805511	741024	869649	772748	621659	812550	792566	648137	818562
B.3.7	Sal	666535	486710	804187	750849	704197	302443	854480	744737	402044	89901	287419
B.3.8	outros minerais não metálicos	2802873	3161202	3462137	4656851	4980492	5734460	6574254	7670474	8764267	8706404	8556561
B.3.9	Prod. compost. princ.. por min. Metál.	1005127	1304066	1737298	1863431	2219535	1282557	604956	288029	244456	282517	240302
B.4	Recursos petrolíferos, primários e processados	24442717	24564268	26547462	32635724	35382374	34082232	39203036	43234217	42005648	40888940	31096304
B.4.1	Carvão mineral	974	764	1595	1714	7227	8909	650	518	71775	519	1238
B.4.2	Petróleo (incl. líq. de gás natural)	21199040	21555020	23084841	29024638	31534042	30841756	35128312	39425488	38123690	37007339	27419263
B.4.3	Gás Natural	75846	35151	30172	25194	34382	4117	11113	4140	60335	247142	78427
B.4.5	Produtos comp. Princ..de c. f.	3166857	2973334	3430854	3584179	3806723	3227451	4062962	3804070	3749847	3633941	3597376
B.5	Outros Produtos	1226272	1435801	1427224	1449603	1461253	1360182	1098465	1189184	1118000	1103786	1089766
	TOTAL DE EXPORTAÇÕES	325207581	378147379	403683827	431355381	467866731	475037953	466513876	531350762	555867979	556045874	570919024

Fonte: Elaboração própria

Quadro 1 – Códigos SITC Rev. 1 dos produtos importados e exportados

Categorias	Códigos SITC Rev. 1
B.1 Biomassa	2112,2114,2116,2117,2118,2119,2120,4111,4113,4311,4312,4313,4314,6112,6113,6114,6119,6121,6122,6123,6129,6130,6411,0019,0111,0112,0113,0114,0115,0116,0118,0121,0129,0133,0134,0138,0221,0222,0223,0230,0240,0250,0616,2611,2612,2613,2621,2622,2623,2625,2626,2627,2628,2629,2711,0990,1110,1121,1122,1123,1124,0913,0914,2511,2512,2515,2516,2517,2518,2519,2911,2919,2921,2922,2923,2924,2925,2926,2927,2929,4212,4213,4214,4215,4216,4217,6412,6413,6414,6415,6416,6417,6419,6421,6422,6423,6429,0611,0612,0615,0619,0620,0410,0421,0422,0430,0440,0451,0452,0459,0460,0470,0481,0482,0483,0484,0488,2211,2212,2213,2214,2215,2216,2217,2218,2219,0542,0544,0545,0546,0548,0551,0554,0555,0511,0512,0513,0514,0515,0519,0520,0532,0535,0536,0539,2631,2632,2633,2634,2640,2651,2652,2653,2654,2655,2658,0711,0713,0721,0722,0723,0730,0741,0742,0751,0752,1210,1221,1222,1223,0812,0813,0814,0819,08119,08111,08112,0311,0312,0313,0320,0541,0517.
B.2 Minérios metálicos	2742,2813,2814,2820,6712,6713,6714,6715,6721,6723,6725,6727,6729,6731,6732,6734,6735,6741,6742,6743,6747,6748,6750,6761,6762,6770,6781,6782,6783,6784,6785,6791,6792,6793,6821,6822,2831,6831,6832,2832,6851,6852,2834,6861,6862,2835,6871,6872,2836,6811,6812,2850,2833,6841,6842,2860,688,2837,2839,2840,6893,6894,6895,691,692,693,694,695,696,697,698,7121,7122,7123,7129,7111,7112,7113,7114,7115,7116,7117,7118,7171,7172,7173,7191,7192,7193,7194,7195,7196,7197,7198,7199.
B.3 Minerais não metálicos	27312,27313,6613,2732,27623,27691,27311,2733,2734,27621,6623,6624,2713,2714,2741,27693,27697,27699,561,2763,2712,2761,2752,27622,27624,2764,2765,2766,27695,663,6673,6671,6674,513,514,515,664,665,666,6611,6612,6618.
B.4 Combustíveis fósseis	321,3310,332,341,2312,2662,2663,2664,5121,5123,5124,5125,5126,5127,5128,5129,5811,5812,58131,2313,2314.
B.5 Outros produtos	531,532,533,541,551,553,554,651,652,653,654,655,656,657,812,821,831,841,842,861,862,891,892,893,894,895,897,899,26702.

Fonte: COMTRADE (2015)

Tabela 4 – Taxas de variação da produção beneficiada de minérios metálicos e de minerais não metálicos

Minérios metálicos	2010	2011	2012	2013
Ferro	0,246518	0,069899	0,00676	-0,03631
cobre	-0,02814	0,000216	-0,14123	0,243237
níquel	0,212518	0,217028	0,316828	-0,01727
chumbo	0,439049	-0,33409	0,044119	0,022641
zinco	0,189856	-0,01158	-0,1343	-0,01836
estanho	0,094694	0,031216	0,274249	0,231368
Ouro e Prata, platina	0,037339	0,043969	0,013625	0,096558
alumínio	0,0335	0,095448	0,046965	-0,01182
cobalto	0,352767	0,178963	0,084263	0,069143
cromo	0,424192	0,043034	-0,12905	0,028466
Lítio	-0,0123	-0,50296	-0,09412	0,126765
manganês	0,346983	-0,12384	0,021183	0,013233
monazita	0,327075	-0,09355	0,000581	0,015404
nióbio	-0,2878	0,02097	0,271541	-0,10395
tântalo	0,239437	-0,22727	-0,13235	0,567797
titânio	0,344173	0,264758	-0,00284	0,13154
tungstênio	-0,13542	0,46988	0,561475	0,296588
zircônio	-0,32157	0,002066	-0,12275	0,035692
Minerais não metálicos	2010	2011	2012	2013
Britadas e cascalho	0,112474	0,052907	0,071097	0,022599
calcário	0,299691	0,517063	0,151786	0,001633
gipsita	0,123364	0,223963	0,161332	-0,11117
dolomita	0,275208	0,481212	0,152751	-0,00985
areia e cascalho	0,224468	0,067139	0,063976	0,022471
argilas e caulim	0,006543	-0,0365	0,239232	-0,10427
minerais químicos e fertilizantes	0,011212	0,079124	-0,00652	-0,00855
sal (sal e sal-gema)	0,190467	-0,12312	0,213658	-0,02759
outros minerais não metálicos				
Amianto	0,175298	0,08039	0,073946	0,018925
Bário (barita)	-0,16976	-0,82991	-0,57025	-1
Diatomita	-0,06161	0,034787	-0,52959	0,245596
Feldspato, leucita e Nefelina-Selnito	1,39839	0,20584	-0,25859	0,190996
Fluorita	-0,44393	0,024257	-0,03562	0,14759
Grafita	0,554295	0,138842	-0,16236	0,043105
Mica	0,07536	0,315141	-0,91571	17,63602
Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos	0,123921	0,355728	-0,07946	-0,34195
Vermiculita e perlita	-0,00916	0,099928	-0,05428	0,308314

FONTE: Elaboração própria com base nos dados do DNPM

Tabela 5 – Indicadores derivados das contas de MFA para o Brasil (em toneladas)

Indicadores	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
DE	736070573,1	754365821,8	796255387	828674590,7	904652369,1	950335617,9	1025695184	1106926896	1190464416
PTB	-12860017,57	-10894363,93	-7192766,857	-13739131,72	-22563675,44	-39153088,29	-27619062,89	-19299812,78	-17334492,84
DMC	723210555,5	743471457,9	789062620,2	814935459	882088693,7	911182529,6	998076120,7	1087627083	1173129923
DMC/PIB	0,000774536	0,000715119	0,000678015	0,00061442	0,00061491	0,000603986	0,000600038	0,000623128	0,000640293
Indicadores	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
DE	1294446924	1441816363	1495242057	1563626197	1530455565	1654013061	1761130834	1799035081	1911684313
PTB	-23135380,07	-37571101,3	-60180700,23	-55297424,14	-63948693,36	-87662714,81	-97279362,54	-59640634,28	-78854024,56
DMC	1271311544	1404245261	1435061356	1508328773	1466506872	1566350346	1663851472	1739394447	1832830288
DMC/PIB	0,000649947	0,000657425	0,000701673	0,000731426	0,000732611	0,0007424	0,000731212	0,000711146	0,000723797
Indicadores	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
DE	1985797333	2029479154	1949458969	1964003275	2148848902	2106784326	2254386892	2349509976	2385857532
PTB	-111581530,3	-120641581,2	-113191501,5	-106337416,5	-101899181,6	-108155744,6	-117125224,1	-111423015,9	-92255548,15
DMC	1874215802	1908837573	1836267467	1857665859	2046949721	1998628581	2137261668	2238086960	2293601984
DMC/PIB	0,000740585	0,00073116	0,000735351	0,000736325	0,000815158	0,000760439	0,000772005	0,000774228	0,000776729
Indicadores	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DE	2551408937	2555262969	2599282362	2724246131	2751946784	2760016190	3023091378	3117317232	3324489663
PTB	-119581617,9	-139096199,6	-144446327,9	-153304543,5	-181632594,7	-207702676,6	-233828596	-276631532,2	-312011684,9
DMC	2431827319	2416166770	2454836034	2570941588	2570314190	2552313513	2789262782	2840685700	3012477978
DMC/PIB	0,00079665	0,00079124	0,000801866	0,000805121	0,000794492	0,000768501	0,000830325	0,000799938	0,000822332
Indicadores	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
DE	3608674008	3899508386	4268218169	4251568244	4606972478	4864411068	4977671144	5161188895	
PTB	-331619953,4	-351585318,6	-353869762,6	-365359384,1	-397622211,6	-415546476,3	-419777209,5	-417565675,9	
DMC	3277054054	3547923067	3914348406	3886208860	4209350266	4448864591	4557893934	4743623220	
DMC/PIB	0,000860504	0,000878139	0,000921192	0,000917595	0,000924263	0,000950869	0,00096423	0,000979113	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Valor das importações e exportações (US\$/t)

Comércio	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Exportações	120,52142	116,72268	138,85647	88,855686	65,255157	78,126902	99,859646	121,36929	110,44098
Importações	148,37673	167,27296	157,3325	107,05363	157,76121	193,89874	178,68637	162,03417	155,90201

Comércio	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Exportações	103,78469	100,03526	115,05094	136,73513	138,71098	152,07577	154,55187	157,86118	146,29559
Importações	173,39114	188,53433	240,79799	288,69057	235,47591	226,27865	264,38348	206,52226	209,2277

Comércio	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Exportações	130,47217	124,00766	129,0779	138,97885	157,06166	161,05869	148,63859	146,71819	149,72364
Importações	170,93214	215,80491	259,64959	253,71518	230,29678	249,88629	252,79863	308,00859	286,1873

Comércio	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Exportações	155,67668	157,2334	173,68654	173,75605	169,97957	165,31341	177,66139	161,2207	164,14104
Importações	389,32048	397,68283	428,75281	425,37842	429,6327	395,39018	369,75901	363,69137	414,42615

Comércio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Exportações	138,56952	133,0966	132,34591	131,23544	128,96454	133,80559	135,81211	138,99536
Importações	363,79906	363,66803	409,61972	413,93204	368,69117	372,79081	418,54054	434,25253

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE 2 – Indicadores de impactos ambientais

Tabela 1 – Indicadores de Impactos ambientais 1

	Atmosfera		Água			Biodiversidade					Saneamento					
	Consumo de SDOs (Ton. de PDCO)	Emissões de GEE (Mil ton.)	IQA	DBO	Qualidade das águas das praias	Estoques de peixes	Áreas terrestres protegidas	Nº de unidades de Conservação terrestre	Áreas de proteção marinha	Nº. de unid de cons marinha	Acesso à água potável Urbana	Acesso à água potável Rural	Acesso a esgotamento sanitário Urbano	Acesso a esgotamento sanitário Rural	Acesso à coleta de lixo doméstico urbano	Acesso à coleta de lixo doméstico Rural
1990		762008718,9				0,147										
1991		621861294,1				0,150										
1992	26560	764947911,1	51,9	8,5	1785,9	0,138	5,4	404	0,6	64	88,3	12,3	65,9	10,3	79,7	6,7
1993	32578	822583646,6	57,8	8,0	2031,4	0,152	5,5	437	0,7	73	89	14,2	67,7	11,2	83,2	7,8
1994	11572	822602498,1	56,8	10,3	2025,1	0,171	5,5	480	0,7	76	89	14,2	67,7	11,2	83,2	7,8
1995	13214	1836204971	56,0	9,4	2595,4	0,156	5,8	526	0,7	77	89,8	16,7	68,4	13,1	85,1	10
1996	11519	1246600779	54,6	7,0	5629,6	0,154	6,1	565	0,7	78	90,6	19,9	72,3	17,3	86,1	11,8
1997	4569	964403104,8	56,1	7,1	3659,9	0,155	7	636	0,8	81	90,6	19,6	71,6	14,4	89,4	14,1
1998	10420	1208425763	57,8	8,5	3952,1	0,151	8	740	0,8	83	91,4	22,2	73,2	14,8	91,4	16,7
1999	13126	1185142289	57,8	9,6	3670,2	0,137	8,1	831	0,8	89	91,9	25	73,8	15,7	92,9	19
2000	11376	1264475353	58,1	6,2	10872,1	0,143	8,2	907	0,9	94	91,9	25	73,8	15,7	92,9	19
2001	7412	1228182573	56,6	10,5	1186,3	0,139	8,8	1030	1	99	91	20,9	73,9	13,7	94,3	14,8
2002	3589	1444158282	55,5	7,7	1314,8	0,118	9,9	1146	1	107	91,3	22,7	74,9	16	95,3	17,4
2003	4485	1432981040	55,6	9,1	810,6	0,134	10,4	1184	1,1	109	91,5	25,7	75,7	17,2	96	19,3
2004	3150	1564042235	56,5	6,7	370,1	0,136	10,9	1229	1,1	110	92	25,2	76,1	18,3	95,7	20,1
2005	2076	1107044232	56,5	5,9	794,9	0,125	12,1	1296	1,1	115	92	26,7	77,4	18,4	96,6	22,7
2006	1336	874081010,4	59,1	6,2	822,0	0,146	16,1	1359	1,1	118	92,6	27,4	77,9	20,3	97,1	24,6
2007	1509	753354393,8	58,5	5,8	740,4	0,154	16,2	1423	1,1	124	92,6	27,9	81	23,7	97,6	26,9
2008	1305	853817248,5	58,3	5,6	621,6	0,151	16,9	1525	1,4	130	92,8	31,5	80,5	24,1	97,8	28,8
2009	1462	377934561	57,6	5,3	484,5	0,142	17,2	1591	1,5	133	93,1	32,8	79	24,9	98,1	31,6
2010	1207	318024614	56,6	5,2	535,0	0,156	17,3	1692	1,5	136	92,7	31,9	83,7	28,3	98,1	28,2
2011	1046	274578727,4	60,4	5,1	533,8	0,160	17,3	1744	1,5	137						
2012	1388	144277742,8	59,7	6,2	426,8		17,3	1763	1,5	139						
2013	1189						17,3	1769	1,5	144						

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2– Indicadores de Impactos 2 (dimensão terra)

	<i>Terra</i>			
Anos	Desmatamento acumulado (Km²)	Taxa anual de desmatamento (Km²)	Uso da Terra (%)	Uso de fertilizantes (Kg/ha)
1988	21050	21050		
1989	38820	17770		
1990	52550	13730	28,56	
1991	63580	11030	28,95	
1992	77366	13786	29,16	69,4
1993	92262	14896	29,49	85,4
1994	107158	14896	29,72	90,7
1995	136217	29059	30,55	84,2
1996	154378	18161	30,62	105,3
1997	167605	13227	30,68	109,5
1998	184988	17383	30,75	122,6
1999	202247	17259	30,82	109,8
2000	220473	18226	30,9	128,8
2001	238638	18165	31,14	134,7
2002	260289	21651	31,43	143,6
2003	285685	25396	31,74	163,1
2004	313457	27772	32,04	152
2005	332471	19014	32,07	132,2
2006	346757	14286	32	141,4
2007	358408	11651	32,04	167,9
2008	371319	12911	32,33	143,7
2009	378783	7464	32,33	138
2010	385783	7000	32,32	155
2011	392201	6418	32,51	171
2012	396772	4571		182,1
2013	402663	5891		185,5

Tabela 3 – Emissões de gases de efeito estufa por tipo de gás e setores (CO₂ Eq. em mil toneladas)

Gás	Atividade econômica	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CO ₂	Mudanças no uso da terra e florestas	761390	621230	764300	821920	821920	1835450	1245870	963660	1207650	1184350	1263650	1227340
	Produção de energia	176,22	181,96	185,45	193,41	202,65	217,26	235,97	252,09	262,61	277,10	287,51	296,97
	Processos industriais	45,27	48,50	47,58	48,27	48,70	52,81	53,99	57,87	59,85	57,82	63,22	60,37
	Tratamento de resíduos	0,02	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08
	Agropecuária	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	761612	621461	764533	822162	822171	1835720	1246160	963970	1207973	1184685	1264001	1227697
CH ₄	Mudanças no uso da terra e florestas	44,91	38,86	45,75	48,45	48,43	90,40	63,65	50,78	62,04	60,80	64,25	62,71
	Produção de energia	9,02	8,55	8,00	8,06	8,08	7,68	7,13	7,30	7,23	7,69	8,25	8,56
	Processos industriais	0,11	0,11	0,11	0,12	0,14	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,18
	Tratamento de resíduos	26,24	26,97	27,65	28,42	29,18	30,20	30,88	31,71	32,64	33,49	34,56	35,34
	Agropecuária	200,31	206,41	210,08	210,91	214,99	219,39	212,76	215,32	217,24	220,16	226,20	234,35
	Total	281	281	292	296	301	348	315	305	319	322	333	341
N ₂ O	Mudanças no uso da terra e florestas	4,56	3,94	4,65	4,93	4,93	9,18	6,45	5,15	6,29	6,17	6,51	6,36
	Produção de energia	2,51	2,54	2,51	2,51	2,67	2,67	2,76	2,88	2,95	3,01	2,85	2,98
	Processos industriais	3,32	4,19	3,91	5,02	5,05	5,39	4,22	3,75	5,92	5,89	6,17	5,02
	Tratamento de resíduos	2,79	2,85	2,88	3,04	3,22	3,41	3,44	3,50	3,63	3,75	3,88	3,91
	Agropecuária	103,45	106,36	109,28	110,45	114,39	116,37	109,34	112,53	115,13	116,16	121,68	125,77
	Total	117	120	123	126	130	137	126	128	134	135	141	144
CO ₂ +CH ₄ +N ₂ O	TOTAL GERAL	762009	621861	764948	822584	822602	1836205	1246601	964403	1208426	1185142	1264475	1228183

Continuação.

Gás	Atividade econômica	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CO ₂	Mudanças no uso da terra e florestas	1443290	1432090	1563110	1106120	873150	752430	852860	377020	317050	273570	143240
	Produção de energia	293,10	289,87	305,49	313,14	331,76	334,83	354,10	338,57	376,24	393,19	431,49
	Processos industriais	64,17	64,77	65,95	65,48	63,98	69,63	71,48	62,63	73,72	78,71	77,41
	Tratamento de resíduos	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
	Agropecuária	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	1443647	1432445	1563482	1106499	873546	752835	853286	377421	317500	274042	143749
CH ₄	Mudanças no uso da terra e florestas	72,36	74,88	80,43	59,44	48,75	43,19	47,67	26,81	23,78	21,79	15,87
	Produção de energia	8,79	8,81	10,02	11,55	10,92	10,93	11,37	11,07	10,22	9,82	9,94
	Processos industriais	0,17	0,18	0,20	0,19	0,26	0,26	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24
	Tratamento de resíduos	35,98	36,76	36,92	37,47	38,46	38,85	38,72	39,44	41,33	43,40	45,00
	Agropecuária	241,57	253,38	264,70	268,11	266,94	260,44	265,80	270,15	275,87	281,37	278,67
	Total	359	374	392	377	365	354	364	348	351	357	350
N ₂ O	Mudanças no uso da terra e florestas	7,35	7,60	8,15	6,05	4,96	4,37	4,84	2,73	2,42	2,20	1,61
	Produção de energia	3,13	3,35	3,53	3,69	3,94	4,12	4,37	4,28	4,62	4,53	4,71
	Processos industriais	6,29	5,77	8,06	7,07	7,69	0,90	0,71	0,31	0,28	0,28	0,25
	Tratamento de resíduos	3,97	4,06	4,19	4,31	4,34	4,40	4,46	4,50	4,56	4,59	4,65
	Agropecuária	131,32	141,52	144,49	147,62	148,92	152,33	153,36	153,70	161,20	168,49	167,77
	Total	152	162	168	169	170	166	168	166	173	180	179
CO ₂ +CH ₄ +N ₂ O	TOTAL GERAL	1444158	1432981	1564042	1107044	874081	753354	853817	377935	318025	274579	144278

Fonte: Elaboração própria baseado nos dados de Brasil (2014b).

ANEXO 1 – Base de dados dos indicadores de qualidade das águas

Tabela 1- Média anual de coliformes fecais ou de *Escherichia coli* ou de Enterococos, nas águas de praias selecionadas

Praia	Ano																					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Pipa Tibau do Sul RN																13	162	29	294	7	442	
Ponta Negra Natal RN													311	324	198	310	58	178	327	199	201	
Redinha Natal RN																999	201	1497	363	619	424	
Porto de Galinhas Ipojuca PE	438	151	832	159	683	182	98	145	575	648	238	197	205	515	653	654	392	183	1045	541	691	
Boa Viagem Recife PE	435	167	281	212	457	348	126	310	366	109	249	385	633	582	286	223	433	228	264	427	183	
Tamandaré Tamandaré PE	392	97	319	266	289	529	284	77	783	398	121	157	716	588	334	688	1045	723	539	499	499	
Barra de São Miguel Barra de São Miguel AL																88	404	125	117	159	129	
Francês Marechal Deodoro AL																73	33	37	144	235	33	
Jatiúca Maceió AL																3748	4260	1367	2020	5105	1905	
Praia do Saco Estância SE												34	32	10	38	12			54	16	25	
Atalaia Velha Aracaju SE												261	157	136	112	100			581	78	66	
Praia da Costa Barra dos Coqueiros SE												100	59	50	43	59			1274	60	70	
Porto da Barra Salvador BA												588	39	186	142			82	182	387	292	
Farol da Barra Salvador BA												338	27	223	168			118	191	379	678	
Stella Maris Salvador BA												8	8	2	16			48	99	52	41	
Guriri São Mateus ES																140	21	37	28	26	47	
Praia da Costa Vila Velha ES																156	37	215	94	65	102	
Praia do Morro Guarapari ES																593	355	595	353	286	1082	
Grumari Rio de Janeiro RJ	115	33	2691	161	106	104	52	855	368	100	353	267	223	160	158	128	147	58	422	110	280	
Copacabana Rio de Janeiro RJ	676	1100	1516	1959	1301	1286	2307	2087	1783	551	455	583	337	411	603	1054	407	687	747	232	220	
Flamengo Rio de Janeiro RJ	2974	1769	3611	8755	31927	26197	17033	29087	27580	9112	9070	8442	3000	8859	9788	6021	2737	3332	3344	3008	2286	
Enseada Guarujá SP	2764	7568	4345	3314	3203	2694	1247	1662	1440	497	28	86	66	35	55	22	65	36	27	87	98	
Toninhas Ubatuba SP	4918	7946	918	1072	1069	190	172	473	206	50	72	103	13	19	17	18	17	23	16	8	12	
Gonzaga Santos SP	4414	746	4499	6559	2224	1169	1101	1347	3276	1278	264	421	386	212	228	109	257	163	164	225	69	
Ponta da Pita Antonina PR	606	1943	1580	2278	14417	2203	14425	9141	39627	29320	608	2091	25319	38400	435585	8430	39366		53467	4912	1058	
Guaratuba Guaratuba PR	1913	2454	3201	5195	26192	16686	9605	14496	103036	26738	5493	3938	375	3035	1316		7018		13169	12632	56	
Encantadas Ilha do Mel Paranaguá PR						949	10413	81	9957	10641	21012	7715	4335	10954	6144		8803		561	1718	67	
Balneário Camboriú Balneário Camboriú SC			3635	5430	2562	4168	2968	2886	2124	1238	1080	1176	913	1238	500	617	625	1229	768	1104	732	
Canasvieiras Florianópolis SC			448	3289	2168	1665	1984	645	1241	339	984	424	910	624	325	588	1034	438	756	1566	1078	
Itapema Itapema SC			2905	1148	1265	2381	3410	2117	2830	2779	2276	1244	1493	1652	1741	2127	2666	2450	2678	1887	1592	
Torres Torres RS		667	298	450	1096	975	533	199	277	252	147	249	48	68	191	115	223	246	148	119	223	
Capão da Canoa Capão da Canoa RS		1767	1323	1279	1115	493	1254	183	54	148	97	129	51	130	223	240	101	264	157	86	186	
Balneário do Cassino Rio Grande RS							4126	272	175	296	708	421	75	474	199	135	172	125	53	115	139	

Fonte: IBGE (2015). Com marcação própria.

Escherichia	Enterococos
-------------	-------------

Tabela 2 - Média anual da Demanda Bioquímica de Oxigênio (miligramas por litro)

Corpo d'água	Ano																				
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Bacia do Rio Capibaribe PE	9,6	8,2	3,8	4,4	4,7	3,9	7,5	8,2	3,7	4	7,8	5,1	3,1	4,3	4,2	4,8	4,2	5,1	4,3	5,5	8,4
Bacia do Rio Igarassu PE		0								29	12,5	26,6	8,3	5,7	3,7	2,4	2,8	1,6	5,6	6,9	5,3
Bacia do Rio Ipojuca PE	12,6	15,9	18,9	15	10	12	21,8	24,9	10	12,5	11	15,8	3,9	3,7	4,1	5,1	4,4	7,7	4,5	13,2	10,8
Bacia do Rio Paraguçu BA												8,2	12,9	3,7			8,6	10	3,4	5,8	6,4
Bacia do Rio São Francisco BA									3,6	25							3,5	1,9	1	2,1	1,9
Rio Jequitinhonha BA									2,2	19,5							2,8	1,5	1,2	2	2
Bacia do Rio das Velhas MG						12,8	11,8	13	8,8	12,6	12,3	7,5	5,5	8	5	6,7	5,7	3,9	2,8	4,2	4,9
Bacia do Rio Doce MG						4	2	1,8	2,2	2	2,1	1,6	1,6	1,5	1,6	1,3	1,5	1,3	1,1	2,1	2
Bacia do Rio Jequitinhonha MG						2,8	2,7	2,1	2,1	2,2	2,2	2,1	2,6	2,1	2	2,1	2	2,5	1,4	2,7	2,5
Bacia do Rio Doce ES																1,2	2,5	2,8	4,8	2	3,1
Rio Jucu ES																3,2	1,7	1,9	3,9	1,6	2
Rio Santa Maria da Vitória ES																1,2	2,4	1,8	6,7	1,9	2,9
Rio Paraíba do Sul RJ	2,2	2,3	2,1	2,4	3	2,2	3,3	2,5	4,9	2,1	2,3	2,3	2,2	2	2,1	2	2,3	2,1	2,2	2,4	
Represa Billings / Alto Tietê SP	7,6	6,8	5,5	3,8	3,4	2,3	3,8	7	5,4	4,2	4,1	7	5,5	5,1	5	5,4	5,6	5,8	7,4	6,9	7,4
Represa Guarapiranga / Alto Tietê SP	2,5	4,3	6,2	4,5	2,4	3,4	3,4	7	4	2,9	4,8	4,2	4,2	3,7	3	3,4	3,8	4,1	4,5	5,4	4,2
Zona Metropolitana / Alto Tietê SP	39,5	32,8	45,4	43,4	35,1	34,2	44,1	44,2	31	44,9	35,7	40,8	36,1	33,2	37	35,9	40,9	35,7	35,8	27,7	34,3
Bacia do Rio Tibagi PR	4,8	3	2,2	1,4	2,3	2	1,6	2,1	1,6	2,4	3,5	3,2	4,9	3,7	2,2	2,1	2,4	2,4	2	2,2	2,1
Rio Iguaçu / Zona Metropolitana (subsistema 2) PR		7,1	21,9	19,5	6,9	10,9	8,4	11,7	12,6	8,4	10,9	13,8	8,6	9,5	9	20,4	13	11,3	10,2	6,3	15,4
Rio Caí RS	1,6	1,9	1,8	2	1,8	1,6	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,1	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2	1,2	2	2,1
Rio dos Sinos RS	2	2,7	2,2	2,7	3,1	4,5	4,1	4	2,8	2,5	3,3	4,1	2,8	3,2	9	2,6	2,7	3,8	3	2,8	4
Rio Gravataí RS	3	2,9	2,9	4,5	4,5	2,9	2,8	3,8	3,9	2,8	2,2	2,2	3,2	3,8	4	2,9	2,9	3,6	3	2,4	2,6

Fonte: IBGE (2015)