

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

BARBARA KELLY DA SILVA

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E TENDÊNCIAS SOCIOMETABÓLICAS:  
um olhar para a China no período 1970-2019**

UBERLÂNDIA

2022

BARBARA KELLY DA SILVA

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E TENDÊNCIAS SOCIOMETABÓLICAS:  
um olhar para a China no período 1970-2019**

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia como pré-requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade

UBERLÂNDIA

2022

BARBARA KELLY DA SILVA

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E TENDÊNCIAS SOCIOMETABÓLICAS:  
um olhar para a China no período 1970-2019**

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia como pré-requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Área de concentração: Ciências Econômicas

Uberlândia, 17 de agosto de 2022

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade (IERI – UFU)

---

Prof. Dr. Carlos Alves do Nascimento (IERI – UFU)

---

Prof. Dr. Carlos César Santejo Saiani (IERI – UFU)

## AGRADECIMENTOS

O Emicida tem uma música que diz o seguinte:

“[...] Tudo, tudo, tudo que nois tem é nois

Tudo, tudo, tudo que nois tem é

[...]

Vejo a vida passar num instante

Será tempo o bastante que tenho pra viver?

Não sei, não posso saber

Quem segura o dia de amanhã na mão?

Não há quem possa acrescentar um milímetro a cada estação

Então, será tudo em vão? Banal? Sem razão?

Seria... Sim seria, se não fosse o amor [...]”

Acredito que essas palavras traduzem muito o que esses anos da graduação foram para mim: passou num instante, não sei se foi o bastante, mas sei que não foi em vão, por causa do amor. O amor daqueles que me deram a vida, dos que passaram todos os momentos (de luta e de glória) ao meu lado, dos que torceram por mim e daqueles que se dedicaram em trazer para as salas de aula debates e reflexões tão importantes.

É nesse sentido que agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, Maria Aparecida e Anderson, que me ensinaram tudo que sei hoje e permitiram que eu alcançasse o sonho da faculdade; e aos meus irmãos, Laura e Anderson Filho, que sempre estiveram por perto, incentivando-me.

Agradeço também aos meus amigos, os que vieram em meu coração para Uberlândia e os que fiz aqui: Breno, Flávia, Gabi, Júlia G., Julia M., Nara, Rayane, Victor, Vitor. Não poderia deixar de reconhecer o Luís, por todo o carinho e ajuda nesta monografia, os meus familiares e todos que conheci na ACPE, Vanguarda, EJC Santa Mônica e Equipe *Fu-Fighter*. Vocês são LUZ!

Por fim, sou grata a todos os professores do IERI, foi uma honra ter aprendido e compartilhado experiências com vocês. Nominalmente destaco minha gratidão ao Daniel, por ter tido paciência e zelo em me orientar nesta vida acadêmica; ao Germano, por ser um grande mestre e à Soraia, uma mulher incrível e inspiradora!

Do fundo do meu coração: muito obrigada por serem vocês, por serem... nós!

“O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus fios. Tudo o que fizer ao tecido, fará a si mesmo.”

(Chefe Seattle, 1854)

## RESUMO

A presente monografia buscou investigar a dinâmica econômica e biofísica chinesa no período 1970-2019, bem como analisar o potencial de desmaterialização (*decoupling*) e sustentabilidade do processo de crescimento econômico nesse país. Para tanto, a pesquisa se valeu da abordagem teórica da Economia Ecológica, cujo pressuposto está associado a uma interpretação biofísica do sistema econômico e à consideração desse como subsistema do meio ambiente. Do ponto de vista metodológico, utilizou-se a ferramenta da contabilidade de fluxo de materiais (*material flow accounting*), cujo princípio básico é a contabilização dos fluxos tangíveis de matéria e energia entre sistemas naturais, sociais e econômicos. Estudos como este são importantes porque podem revelar a natureza (in)sustentável das evoluções socioeconômicas dos países, subsidiando a elaboração de políticas econômicas e ambientais para melhorar a performance ambiental das economias. Os resultados gerais evidenciaram um vínculo entre as dinâmicas econômica e ecológica na China, com uma tendência de maior eficiência no uso de matéria e energia no período estudado. Para a última década, no entanto, os resultados mostraram uma menor intensidade no desacoplamento.

**Palavras-chave:** Economia Ecológica; Sociometabolismo; Contabilidade de Fluxo de Materiais; *Decoupling*; China.

## ABSTRACT

This monograph investigates the Chinese economic and biophysical dynamics in the period 1970-2019, and analyzes the potential for dematerialization (decoupling) and sustainability of the economic growth process in this country. This research used the theoretical approach of Ecological Economics, whose main assumption is the biophysical interpretation of the economic system, considering it as a subsystem of the environment. From the methodological point of view, the material flow accounting tool was used, whose basic principle is the accounting of tangible of matter and energy flows between natural, social, and economic systems. Studies such as these are important as they can reveal the (un)sustainable nature of socio-economic developments in countries, supporting economic and environmental policies aimed at improving the environmental performance of economies. The general results showed a link between the economic-ecological dynamics in China, with a trend towards greater efficiency of matter and energy in the analyzed period. For the last decade, however, the results show a lower intensity in the decoupling.

**Keywords:** Ecological Economics; Sociometabolism; Material Flow Accounting; *Decoupling*; China.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Extração Doméstica (DE) na China (1970-2019) .....	76
Gráfico 2 – Entrada Direta de Material (DMI) na China (1970-2019) .....	76
Gráfico 3 – Balança Comercial Física da China (1970-2019) .....	78
Gráfico 4 – Emissões de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) na China (1970 a 2019).....	79
Gráfico 5 – Consumo Doméstico de Materiais na China (1970-2019).....	80
Gráfico 6 – Composição dos fluxos de consumo doméstico na China (1970-2019) .....	81
Gráfico 7 – Consumo Doméstico de Materiais na Ásia-Pacífico e na China (1970-2019).....	82
Gráfico 8 – Evolução do consumo doméstico de materiais (DMC) e da pegada material (MF) chinesa (1970-2019) .....	83
Gráfico 9 – Evolução da taxa de crescimento do PIB, população, consumo doméstico material e pegada material na China (1970-2019).....	84
Gráfico 10 – Intensidade material (à esquerda) do consumo doméstico e taxa metabólica (à direita) na China (1970-2019) .....	86
Gráfico 11 – Índices de Desacoplamento na China (1971-2019).....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese da incorporação da temática ambiental na Economia .....	25
Figura 2 – Diagrama do Fluxo Circular da Renda.....	26
Figura 3 – Curva Ambiental de Kuznets .....	31
Figura 4 – Inter-relações da economia com o meio ambiente.....	36
Figura 5 – Dois aspectos do decoupling.....	42
Figura 6 – O metabolismo social.....	48
Figura 7 – Estrutura contábil para os fluxos de materiais em toda a economia .....	52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Taxas de crescimento médio anual do PIB, DMC e MF e Índices de Desacoplamento na China em diferentes períodos.....	88
---	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Metodologias utilizadas direta ou indiretamente em estudos de metabolismo social .....	50
Quadro 2 – Principais fluxos materiais e indicadores derivados de análises de fluxo de materiais .....	53
Quadro 3 – Resumo da revisão bibliográfica empírica sobre o método MFA .....	61

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1: DINÂMICA ECONÔMICA-ECOLÓGICA .....</b>	<b>16</b>
1.1.    A incorporação da temática ambiental na Economia .....	16
1.2.    As principais teorias econômicas acerca do desenvolvimento sustentável .....	25
1.3.    O <i>decoupling</i> e a sua interface com as ideologias “ecoambientais” .....	41
<b>CAPÍTULO 2: METABOLISMO SOCIOECONÔMICO: ASPECTOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS.....</b>	<b>46</b>
2.1.    O marco conceitual do metabolismo social e econômico.....	46
2.2.    A metodologia MFA.....	51
2.3.    Dinâmica sociometabólica e (des)materialização: evidências empíricas .....	55
<b>CAPÍTULO 3: TENDÊNCIAS DO SOCIOMETABOLISMO E EFICIÊNCIA MATERIAL: UMA ANÁLISE DA CHINA ENTRE 1970-2019.....</b>	<b>63</b>
3.1.    Breve histórico do crescimento econômico chinês: das “Políticas de Portas Abertas” até o “Novo Normal’ .....	63
3.2.    Crescimento econômico e fluxo material: um estudo descritivo das tendências sociometabólicas na China .....	74
3.3. <i>(De)coupling</i> chinês: uma análise a partir do consumo material.....	87
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>

## INTRODUÇÃO

A China é um caso singular na economia contemporânea. Desde que iniciou suas reformas internas, em 1978, conhecidas como Políticas de Portas Abertas, o país conquistou benefícios econômicos e sociais sem precedentes. Entre 1980 e 2008, o Produto Interno Bruto (PIB) registrou uma taxa média de crescimento de 10% ao ano, frente aos 3,7% a.a. do período 1960-1977 e a expectativa de vida saltou de 68 anos em 1990 para 76 anos em 2011 (NONNEMBERG, 2010; XU *et al.*, 2014; MANZI; VIOLA, 2020).

À vista disso, as rápidas e intensas transformações chinesas despertam grande interesse da comunidade internacional, uma vez que o gerenciamento do processo de crescimento em um mundo de contínua mudança exigiu grande habilidade e uso de recursos político-econômicos não convencionais. Para Leão, Pinto e Acioly (2011, p. 07), essa questão ganhou ainda mais proeminência após a crise financeira de 2008, visto que “são nesses momentos de crise que se abrem possibilidades para que alguns Estados consigam subir na hierarquia do sistema mundial”, especialmente aqueles de grande dimensão geográfica e populacional, como a China. Portanto, monitorar a sua trajetória torna-se um exercício crucial para compreender a própria dinâmica do sistema capitalista.

Não obstante, o modelo de acumulação apresentado por essa nação, tal como as atuais hegemonias, negligenciou a finitude dos bens e serviços fornecidos pelo sistema ambiental, pautando-se no uso intensivo dos recursos naturais e em um acentuado processo de êxodo rural, sem internalizar os custos de reprodução do trabalho e da natureza (XU; ZHANG, 2007; KOCMANSKI *et al.*, 2016).

Como consequência, cada vez mais sérios problemas ambientais e de recursos estão surgindo. No caso chinês, o seu fenômeno de crescimento exibiu uma elevada demanda de energia e vultosas taxas de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uma vez que várias indústrias pesadas se instalaram no país. Em 2019, as emissões *per capita* da China atingiram 10,1 toneladas, quase triplicando nas últimas duas décadas (LARSEN *et al.*, 2021).

Diante disso, alguns autores defendem que, para além das informações monetárias e sociais, as análises econômicas devem incorporar os fluxos biofísicos da economia, como maneira de designar uma alocação eficiente, ambientalmente correta e com justa distribuição (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; AYRES, 1978; ANDRADE, MENONÇA; ROMEIRO, 2018). Nas palavras de Xu e Zhang (2007, p. 122, tradução nossa), “estudar as dimensões físicas da economia é uma forma de possivelmente encontrar uma solução para a questão do desenvolvimento sustentável”.

É nesta direção, então, que caminha esta monografia. O objetivo geral é investigar as tendências do metabolismo socioeconômico na China no período 1970-2019 (período de disponibilidade dos dados), de forma a compreender a sua interface com o crescimento econômico nacional. Além disso, outros elementos fundamentais permeiam a elaboração desta pesquisa. O primeiro deles é, embasando-se em revisão da literatura, recuperar como se deu a incorporação da temática ambiental na ciência econômica. Adicionalmente, procura-se apresentar uma discussão acerca das premissas e técnicas fundamentais da abordagem de sociometabolismo, relacionando-a com o marco teórico da Economia Ecológica. O presente trabalho também objetiva analisar, baseado na bibliografia existente, os principais determinantes do crescimento econômico chinês no período de análise. E, por fim, pretende-se explicitar o peso relativo da economia chinesa em termos de sociometabolismo e indicar suas tendências, utilizando ferramentas qualitativas e estatísticas.

A hipótese principal é que, a partir de 1970, as diversas fases da evolução econômica chinesa determinaram sua evolução biofísica, além do que as dinâmicas macroeconômicas nacional e global têm impactos relevantes na eficiência econômica-ecológica do país.

Tal investigação apresenta relevância científica pelo que segue: i) os fluxos de matéria e energia disponíveis não são infinitos, o que pressupõe parcimônia na sua utilização; ii) é importante conhecer a dimensão metabólica de uma economia, a fim de compreender os impactos globais desse processo; iii) em um mundo globalizado, torna-se essencial debater a transferência de encargos materiais e energéticos relacionados às transações comerciais; iv) faz-necessário relacionar a evolução biofísica da uma economia com a sua evolução socioeconômica a fim de indicar tendências de materialização ou desmaterialização da atividade econômica e, v) a partir da compreensão da dinâmica sociometabólica e sua interface com a dinâmica econômica, é possível avaliar a possibilidade de replicação de modelos de desenvolvimento, bem como estabelecer critérios claros de políticas públicas rumo à sustentabilidade .

Além dessa introdução, esta monografia conta com três capítulos. O primeiro capítulo faz um breve resumo de como a temática ambiental foi incorporada nos estudos econômicos, bem como as principais correntes de pensamento que surgiram a partir dessa incorporação. Seguindo-se pelo capítulo 2, são apresentados os princípios do sociometabolismo e uma revisão da literatura teórica e empírica acerca da abordagem conhecida como *Material Flow Accounting* (MFA). Finalmente, o terceiro capítulo busca compreender as tendências econômicas, sociais e metabólicas da China entre 1970- 2019. Na última seção, manifesta-se as

considerações finais, retomando os aspectos mais importantes da investigação a partir dos quais é feita uma última análise sobre a realidade do uso de recursos na China.

## CAPÍTULO 1: DINÂMICA ECONÔMICA-ECOLÓGICA

Este capítulo tem como foco apresentar como se deu a incorporação da temática ambiental na economia, tanto a nível de governança quanto em seu corpo teórico, a fim de contribuir para o campo das Ciências Sociais e Humanas na pretensão de uma visão ampla e criteriosa das relações entre a humanidade e a natureza. Para isso, na primeira seção apresenta-se um breve resumo das discussões globais sobre a problemática ecológica-econômica. Segue-se por uma revisão das premissas básicas apresentadas pelas teorias econômicas acerca do desenvolvimento sustentável. A última seção contribuiu na interpretação do conceito de *decoupling* difundido pelos órgãos internacionais.

### 1.1. A incorporação da temática ambiental na Economia

A preocupação dos limites ambientais aos processos econômicos pode ser encontrada já nos trabalhos dos economistas clássicos (RICARDO, 1982; MILL, 1983; SMITH, 1983), uma vez que postulavam em seus modelos de crescimento a necessidade de um “estado estacionário”. A principal razão para isso estava na ideia da finitude dos recursos naturais e na impossibilidade de uma expansão contínua da produtividade (ANDRADE, 2008).

Contudo, desde a revolução marginalista na segunda metade do século XIX, essa percepção de obstáculos absolutos ao crescimento econômico fora substituída pelas crenças no avanço tecnológico e em uma expansão infinita da eficiência no uso dos serviços ecossistêmicos. Isso porque a Escola Neoclássica - fruto dessa revolução - adotou modelos que representaram o apogeu da visão cartesiana na economia, com o objetivo principal de legitimar cientificamente a ideia de que tanto o padrão de consumo capitalista quanto todo o sistema não seriam prejudicados pelo meio ambiente (ANDRADE, 2008; ROMEIRO, 2012; ANDRADE; LIMA, 2015).

Na esteira desse processo, o sistema econômico passou a ser visto como uma entidade isolada de todo o ecossistema global e orientada para “transformar o comportamento humano em algo tão previsível quanto a força da gravidade” (CECHIN, 2008, p. 29). Ademais, o valor econômico tornou-se produto apenas da utilidade marginal, de forma que o objeto de estudo da economia transformou-se numa questão de eficiência alocativa, sendo o crescimento econômico uma condição necessária e suficiente para o alcance do bem-estar e da justiça social (JEVONS, 1871; GROSSMAN; KRUEGER, 1995; ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

Todavia, com a emergência das grandes crises que marcaram o século XX, os efeitos adversos do crescimento acelerado e a qualquer custo começaram a ser contestados, de forma

que a preocupação com a questão ambiental e sua finitude reapareceram e deram origem ao movimento ambientalista. De acordo com Moscovici (2007, apud GAVARD, 2009, p. 05), “foi precisamente com a bomba de Hiroshima que a ciência moderna se deparou com seus limites éticos e com a perspectiva da finitude da vida sobre o planeta que ela própria poderia ocasionar”. Soma-se a isso o crescimento da poluição nas grandes metrópoles industriais, a iminência de contaminações com agroquímicos, a escalada do crescimento populacional mundial e os choques do petróleo, ocorridos, respectivamente, nos anos de 1973 e 1979 (AMAZONAS, 2012).

O ambientalismo (ou movimento ambientalista) teve como impulso inicial a publicação do livro “Primavera Silenciosa” em 1962, de Rachel Carson, com o objetivo de fazer um alerta dos perigos no uso indiscriminado e abundante de pesticidas, herbicidas e produtos químicos para o futuro da vida na Terra. Bióloga e escritora, Carson evidenciou a necessidade de uma nova concepção civilizatória em que o Homem se integre no meio ambiente como um componente de um grande sistema natural. Nas suas palavras, “o homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo...” por isso, “[...] temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos” (CARSON, 1962 apud BRAGA, 2019, p. 07).

Foi também nesse período em que Paul Ehrlich (autor de *The Population Bomb*, 1968) atribuiu os problemas ambientais ao crescimento demográfico acelerado e Garret Hardin (criador do questionado artigo *The Tragedy of Commons*, 1968) defendeu que a miséria humana continuaria a crescer a não ser que fosse reconhecido que a quantidade de espaços aptos à sobrevivência humana na Terra era limitada (NOBRE; AMAZONAS, 2002).

Não obstante, o marco da década de 1960 foi, certamente, a fundação do primeiro arranjo científico internacional sobre meio ambiente: o Clube de Roma. Originado em 1968, a sua importância reside no fato de que, pela primeira vez, a questão ecológica começou a ganhar destaque nos tópicos de política internacional, reunindo no debate um conjunto de empresários, cientistas, diplomatas, economistas e funcionários de governos.

Ademais, esse grupo se tornou conhecido por solicitar a elaboração do Relatório *Meadows*, intitulado *Limits to Growth* (1972) e que norteou a discussão na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (Suécia), naquele mesmo ano. Esse relatório, que partiu da utilização de modelos computacionais examinando cinco variáveis distintas: industrialização (crescente), população (em rápido crescimento), má-nutrição (em expansão), recursos naturais não-renováveis (em extinção) e meio ambiente (em

deterioração), sinalizou os problemas do crescimento econômico de longo prazo. A conclusão obtida, descrita como “pessimista”, estabeleceu que o crescimento econômico ilimitado frente à escassez dos recursos naturais levaria a uma situação “catastrófica”, de modo que o “crescimento zero” (“ou equilíbrio global”) seria a única solução para os problemas apresentados (MEADOWS *et al.*, 1972; NOBRE; AMAZONAS, 2002).

No entanto, o lançamento de *Limits to Growth* gerou um conjunto de severas reações, tanto por parte dos economistas do “*mainstream*”<sup>1</sup> quanto pelos países de “Terceiro Mundo”, polarizando o debate ambiental em duas grandes correntes: a que sustentava o “crescimento zero” - conhecida por corrente “neomalthusiana”, e os grupos desenvolvimentistas de “direito ao crescimento” - os “panglossianos”. Essa última linha de pensamento foi defendida, em especial, pelos países “subdesenvolvidos”, haja vista que consideravam a alternativa do “equilíbrio global com crescimento zero” e o “desenvolvimento econômico<sup>2</sup> como ocasionador da destruição natural”<sup>3</sup> uma representação imperialista e/ou equivocada por parte dos países centrais (NOBRE; AMAZONAS, 2002; VEIGA, 2005).

É nesse contexto então que, em 1975, o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)<sup>4</sup>, na tentativa de superar os impasses entre “crescimento econômico” e “preservação ambiental”, encontrou uma terceira via opcional ao propor o modelo de *ecodesenvolvimento*. Em sua formulação mais geral, reforçava um tipo de desenvolvimento em níveis regional e local, consistentes com o uso adequado e racional dos recursos naturais. Ignacy Sachs (1986) foi o grande patrono dessa abordagem, cuja premissa básica encorajava a criação de um novo estilo de desenvolvimento, pautado em ações ativas de planejamento e gestão dos recursos nacionais e no uso de tecnologias endógenas, com o objetivo de promover a harmonização entre os tópicos ecológicos, sociais, culturais, políticos e econômicos. Para isso acontecer, portanto, “as estruturas internacionais, bem como o comprometimento moral, teriam de ser radicalmente transformadas” (REDCLIFT, 1987, p. 35, tradução nossa).

Entretanto, apesar de esse conceito ter se apresentado como uma “ideia de desenvolvimento de um ecossistema social satisfatório” (MAGALHÃES, 2012, p. 20), o

---

<sup>1</sup> Sublinha-se a crítica formulada pelo Prêmio Nobel Robert Solow, o qual defendia que os modelos do relatório *Meadows* subestimavam o papel da tecnologia para a superação dos problemas ambientais. Isso será melhor explorado na próxima seção.

<sup>2</sup> O desenvolvimento, tal como expresso pelos manuais de Macroeconomia Neoclássica e fortemente estabelecido naquele período, era sinônimo de crescimento econômico (VEIGA, 2005).

<sup>3</sup> Na interpretação de Nobre e Amazonas (2002), entretanto, essa controvérsia de ideias na realidade escondia em sua raiz o conflito Norte-Sul, seus pressupostos e implicações, configurando-se como peça-chave para compreender a futura consolidação mundial do conceito de “desenvolvimento sustentável”.

<sup>4</sup> Em inglês, United Nations Environment Programme (UNEP). O PNUMA foi criado em 15 de dezembro de 1972, como resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Conferência de Estocolmo) e voltado à proteção do meio ambiente e à promoção do desenvolvimento sustentável.

discurso teórico do ecodesenvolvimento não conseguiu converter-se em diálogos genuínos na pauta internacional, uma vez que trazia consigo um conteúdo político de emancipação dos países pobres e fomento à manutenção do *status quo* capitalista. Na verdade, tal definição foi rapidamente substituída por outro pensamento mais “adequado” aos interesses da “sociedade”: o conceito de *desenvolvimento sustentável* (DS) (ANDRADE, 2008).

Não se sabe ao certo qual foi a primeira vez em que esta expressão foi usada, mas é possível indicar que foi na ocasião da publicação do *World Conservation Strategy* (WCS) pela *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN), em 1980, que o termo adquiriu relevância. E isso só foi possível pois apontava para um tipo de desenvolvimento marcado pela patível relação entre crescimento do consumo material e energético e estoque dos recursos naturais, sendo assim “sustentável” (NOBRE; AMAZONAS, 2002).

Ao propor a máxima do desenvolvimento sustentável, foi possível não só criar uma “solução” aos impasses da natureza, mas também (e principalmente) promover uma conciliação política entre os países sobre a questão ambiental. Fato é que dois anos depois, as nações em via de desenvolvimento - até então avessas às recomendações do “crescimento zero” - mudaram de posição, manifestando o interesse de incorporar as considerações ambientais na agenda de desenvolvimento global (NOBRE; AMAZONAS, 2002; GAVARD, 2009).

Foi nessa trajetória que, em 1983, a ONU fundou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), responsável por discutir as trilhas necessárias para cobrir um desenvolvimento em equilíbrio com a natureza e, em 1987, foi concebido o conceito formal de *desenvolvimento sustentável*, expresso na declaração denominada “Nosso Futuro Comum”<sup>5</sup> como: “aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras também atenderem às suas” (CMMAD, 1987, n.p). Isto posto, o desenvolvimento sustentável passou a ser compreendido, dentro da esfera política, como um princípio de natureza multidimensional - de prudência ecológica, eficiência econômica e justiça social - e que se dá mediante uma cooperação multilateral ente as nações (GAVARD, 2009).

Todavia, a despeito do avanço no debate mundial, alguns autores defendem que a ideia apresentada pela ONU negou as evidências propostas por *Meadows* - de que existem bloqueios ao crescimento contínuo. Por sua vez, o documento buscou certificar a continuidade do crescimento econômico (NOBRE; AMAZONAS, 2002; AMAZONAS, 2012). Como o próprio relatório atesta: “Nosso Futuro Comum não é uma previsão da decadência, pobreza e

---

<sup>5</sup> Conhecido também por Relatório de Brundtland. O trabalho foi alcunhado com o nome da ministra norueguesa (e também líder na confecção do relatório), Gro Harlem Brundtland.

dificuldades ambientais [...]. Vemos, ao contrário, a possibilidade de uma nova era de crescimento econômico...” (CMMAD, 1987, p. 02). Para além disso, o trabalho reconheceu que as barreiras existentes ao desenvolvimento antes impostas pela tecnologia e organização social poderiam agora “ser geridas e aprimoradas a fim de proporcionar uma nova era de crescimento econômico” (CMMAD, 1987, p. 06).

É nesse sentido que Nobre e Amazonas (2002) e Veiga (2005) interpretam como ponto fulcral do debate sobre desenvolvimento sustentável, assegurando seu sucesso por excelência, a *institucionalização* da problemática ambiental ao mesmo tempo em que não se garantiu uma definição clara e exata sobre o enunciado.

Acontece que estão justamente nas fraquezas, imprecisões e ambivalências da noção de sustentabilidade as razões de sua força e aceitação quase total. Como dizem Nobre e Amazonas (2002: 8), essa noção só conseguiu se tornar quase universalmente aceita porque reuniu sob si posições teóricas e políticas contraditórias e até mesmo opostas. E isto só foi possível exatamente porque ela não nasceu definida: seu sentido é decidido no debate e na luta política. Sendo assim, sua força está em delimitar um campo bastante amplo em que se dá a luta política sobre o sentido que deveria ter o meio ambiente no mundo contemporâneo. Além disso, este conflito está ancorado, em última instância, nas diferentes visões sobre a institucionalização da problemática ambiental (VEIGA, 2005, p. 164).

Portanto,

O que era à primeira vista um recuo incompreensível tornou-se uma grande jogada estratégica, se pensarmos que abriu caminho para acordos de futura importância. Ao estabelecer um vínculo mais fraco entre ecologia e desenvolvimento econômico, ao deixar em suspenso as questões políticas e institucionais, o WCS afastou exatamente o que emperrava qualquer avanço negociado. Com isso, veio para o primeiro plano a necessidade de preservar, conservar, de maneira que, ao retornarem as velhas questões (crescimento econômico, desigualdades sociais, instituições políticas internacionais, etc.), elas viriam reorganizadas segundo este ponto de vista [...] (NOBRE; AMAZONAS, 2002, p. 38).

Outrossim, para esses autores, essa formulação atestou, em última essência, o resultado da disputa teórica, política e diplomática que iniciara em Estocolmo (1972):

[...] é o *mainstream* da teoria econômica, a economia neoclássica em sua vertente ambiental, a teoria hegemônica na determinação do que seja o DS e, por consequência, do que seja a própria posição do meio ambiente na prática política, social e econômica. E isto não decorre simplesmente da posição hegemônica de que já dispõe a economia neoclássica no âmbito da teoria econômica, mas igualmente de sua posição hegemônica estratégica nos órgãos de regulação e fomento de caráter mundial, como o FMI ou o Banco Mundial (NOBRE; AMAZONAS, 2002, p. 09).

Consoante a isso, a emergência do tópico do aquecimento global nos anos 1990 teve por efeito um novo debate sobre os problemas ecológicos globais, mas agora com uma singularidade: a de que, quase vinte anos depois da primeira manifestação sobre *trade-off* entre crescimento econômico e meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável já estava colocado como um objetivo comum na agenda pública internacional. Assim sendo, na ocasião

da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, mais conhecida como Rio-92 (ou Eco-92 ou Cúpula da Terra) e realizada no Rio de Janeiro, o esforço foi de combinar as diretrizes gerais sobre um planejamento econômico de longo prazo para todos os âmbitos dos Estados e regiões.

O fruto dessa reunião foi a Agenda 21, um plano de ação assinado por 179 países, centralizado “nas áreas de população, segurança alimentar, extinção de espécies e esgotamento de recursos genéticos, energia, indústria e assentamentos humanos” (CMMAD, 1987, p. 08). Apesar de não se posicionar em temas polêmicos, como a dívida externa dos países em desenvolvimento e a proteção intelectual nas áreas da moderna biologia, a Agenda 21 foi um grande avanço no debate, uma vez que reconheceu a interdependência das crises globais e trouxe para as políticas nacionais temas que com frequência eram colocados em segundo plano (LAGE, 2001).

A Eco-92 deu origem também ao tratado internacional nomeado por Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change* ou UNFCCC) que buscou alinhar crescimento com a lógica de um equilíbrio climático, definindo metas de redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para os países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento à época. Além disso, a partir de então, ficou deliberado que a cada um ou dois anos seriam realizados encontros mundiais sobre o clima, operados por meio das Conferências das Partes (COPs). Concisamente, as COPs buscam reunir todos os países membros (ou “Partes”), signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, com o intuito principal de avaliar a situação das mudanças climáticas no planeta e seus efeitos, como também propor mecanismos políticos e institucionais a fim de garantir a efetividade da Convenção (AMAZONAS, 2012).

Entretanto, na prática, o que se presenciou nos anos 2000 foi um conjunto de transformações, muito diferente do que fora previsto nas reuniões globais. No início da década, existiu uma dificuldade de cumprimento dos acordos antes estabelecidos, atrelado a uma percepção de insuficiência dos próprios compromissos frente à realidade vigente. Isso porque, desde o fim do século XX e início do século XXI, crises econômicas, cambiais e financeiras resultantes de ataques especulativos de capitais livres tornaram-se cada vez mais recorrentes - especialmente em países periféricos e emergentes<sup>6</sup> -, de modo que as questões ambientais, no âmbito das políticas públicas, foram negligenciadas em detrimento dos assuntos macroeconômicos. Acrescenta-se a isso episódios como a emergência de manifestações sociais

---

<sup>6</sup> Nota-se as crises: do México (1994), na Ásia (1997), na Rússia (1998), no Brasil (1999) e na Argentina (2001) (DIAS; MONÇÃO; SILVA, 2012).

antiglobalização - por exemplo, a conhecida “Batalha de *Seattle*” - e a crise global do *subprime* imobiliário em 2007-2008, que colocaram em xeque a capacidade da ordem neoliberal em cumprir responsabilidades futuras, levando à necessidade de sua revisão e regulação (RINGEL, 2010; AMAZONAS, 2012; DIAS; MONÇÃO; SILVA, 2012).

Por sua vez, no período avante, essa mesma demanda de retificação do modelo econômico convencional, que imediatamente provocou certas objeções à execução de pautas ambientais, abriu janelas de oportunidade para a execução de políticas nacionais de desenvolvimento e para o florescimento e consolidação de diversas indústrias cada vez mais preocupados com um pensamento ecológico (AMAZONAS, 2012).

À vista disso, verificou-se também nos anos 2000 (mais precisamente no fim da década) uma expansão na busca por fontes energéticas menos poluentes e não fósseis<sup>7</sup>, com destaque aos programas de energias renováveis<sup>8</sup>, os quais mantiveram, sobretudo ao longo da crise do *subprime*, níveis de investimento mais elevados em relação a esferas ligadas ao petróleo. Observou-se, em adicional, o avanço de certificações ligadas à sustentabilidade dos produtos e serviços; a criação de setores voltados para produtos de baixo carbono e a alavancagem de “mercados verdes” no sistema financeiro internacional, permitindo assim a proliferação da ideia de um “capitalismo verde” (AMAZONAS, 2012).

É nesse sentido, portanto, que à luz do ideário ambiental, os anos 2000, e em particular a crise de 2008, trouxeram, fundamentalmente, efeitos múltiplos e ambíguos: embora no curto prazo possa se observar impactos ambientalmente indesejáveis, como maiores pressões para a flexibilização da legislação ambiental e a redução de investimentos para atingir metas de emissões, no médio e longo prazo, a instabilidade econômica conseguiu afetar as estruturas produtivas mais tradicionais, permitindo a criação estratégica de novos setores, tanto na lógica do capital privado quanto na esfera pública, enquanto propulsores de investimentos, inovações e mudanças institucionais (AMAZONAS, 2012).

Como consequência, essa nova dinâmica global criou a necessidade de aperfeiçoamento das agendas de regulação econômica e de regulação ambiental. E “foi neste ambiente que se construiu o palco da Rio+20” (AMAZONAS, 2012, p. 31). Esta conferência, oficialmente nomeada “Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), conhecida também como Rio+20, foi um encontro realizado em 2012, na cidade do Rio de

---

<sup>7</sup> Dependentes, tanto no ponto de vista do meio ambiente como do comércio internacional.

<sup>8</sup> Tomando de exemplo o caso brasileiro, ganha destaque o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

Janeiro, com objetivo basilar de reafirmar políticas que convergissem ao desenvolvimento sustentável.

A Rio +20 representou algo além da simples ratificação do desenvolvimento sustentável como elemento central da agenda de política dos países. Respalhada pelas mudanças institucionais e produtivas recentes, essa conferência trouxe consigo uma inovação: buscou gerar decisões e encaminhamentos urgentes e concretos, mediante novos marcos e metas, a caminho de um modelo “verde”, preconizando como elemento central de debate a ideia de uma “Economia Verde”, alicerçada pelas questões de inclusão social e governança (PEREIRA *et al.*, 2011; AMAZONAS, 2012; SIMÕES, 2021).

A noção de Economia Verde foi difundida em 2008 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ganhando rápida aceitação e publicidade. Como tentativa de criar compromissos consistentes com as realidades atuais, foi concebida como “aquela que resulta na melhoria do bem-estar humano e da igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica” (UNEP, 2011a, p. 76, tradução nossa)<sup>9</sup>. Outrossim, fundamentou-se em três pilares principais: i) economia de baixo carbono; ii) ecoeficiência no uso de recursos naturais por meio de desenvolvimento tecnológico; iii) inclusão social (UNEP, 2011a).

Mediante tal convicção, o relatório final da Rio+20, intitulado “O futuro que queremos” (em inglês, *The World We Want*) (UN, 2012) sustentou como indispensável para alcançar o desenvolvimento sustentável a busca por um caminho de “crescimento verde”, ou seja, um “crescimento que é eficiente no uso de recursos naturais, limpo para minimizar poluição e impactos ambientais e resiliente para que seja responsável por riscos naturais e no papel de gestão ambiental e capital natural”<sup>10</sup> (WORLD BANK, 2012, p. 02, tradução nossa). Para tanto, a estratégia-chave nesse processo seria a “transição para uma estrutura global de produção, distribuição e consumo no sentido de menor intensidade material e poluente” (SIMÕES, 2021, p. 18), partindo da premissa de que é possível um desacoplamento (ou dissociação, do inglês *decoupling*<sup>11</sup>) entre crescimento econômico e degradação ambiental.

---

<sup>9</sup> “[...] one that results in improved human wellbeing and social equity, while significantly reducing environmental risks and ecological scarcities.”

<sup>10</sup> “[...] growth that is efficient in its use of natural resources, clean in that it minimizes pollution and environmental impacts, and resilient in that it accounts for natural hazards and the role of environmental management and natural capital in preventing physical disasters.”

<sup>11</sup> A perspectiva do *decoupling* e suas atribuições serão retomadas no item 1.3 deste capítulo.

Isso só seria possível, no entanto, por meio da formulação de políticas ambientais capazes de promover mudanças nas estruturas produtivas e do padrão tecnológico das economias (UNEP, 2011b).

Ao delimitar esses conceitos e estratégias, a Economia Verde apresenta-se, portanto, como um recorte do conceito de Desenvolvimento Sustentável. E, por se manifestar assim, suscitou uma nova divergência, agora entre “otimistas tecnológicos e de mercado” e “céticos ecológicos e social” (AMAZONAS, 2012).

Se, de um lado, a maior aproximação em relação ao realismo do mercado e das possibilidades deste vir a conduzir concretamente novos segmentos produtivos e de negócios ambientalmente mais adequados faz com que a Economia Verde encontre aí seu fator de força, de outro, esta mesma aproximação faz com que o ceticismo aflore, na medida em que a crença na suficiência das forças de mercado em conduzir aos resultados mais desejáveis para a sociedade é, pela experiência histórica ou pelo bom senso, algo ingênuo, pretensioso ou puramente dogmático. É justamente nesse sentido que o aflorar da Economia Verde já nasce revestido de expectativas e descrenças (AMAZONAS, 2012, p. 32).

Para o primeiro grupo (otimistas tecnológicos e de mercado), a Economia Verde representou um grande avanço no *rol* do debate ambiental, uma vez que permite o “recorte ‘do possível’”, possibilitando a focalização e a concretização de preceitos do Desenvolvimento Sustentável. Mas, para o outro (os céticos), esse mesmo movimento limitou os efeitos de um desenvolvimento sustentável “frente à realidade mais ampla e relevante”. Como destaca Amazonas (2012, p. 33), “o conceito de Economia Verde reduziu o Desenvolvimento a Economia, e o Sustentável à dimensão ambiental ao ‘Verde’”.

Isso porque o conceito de desenvolvimento sustentável é multidimensional. Para além de uma expansão física da economia (representado pela ideia de crescimento econômico e mensurado em termos monetários pelo PIB), o desenvolvimento envolve também um conjunto de dimensões, sejam elas política, social, histórico-cultural, geográfica e institucional, almejando a potencialização do bem-estar humano (SEN, 2010; AMAZONAS, 2012).

E mais, ao colocar como protagonistas as virtudes do progresso técnico e a alocação “eficiente” dos recursos escassos como solução da questão ambiental, a Economia Verde não rompeu com as bases e valores do modelo econômico vigente, ou seja, da ideia de crescimento econômico sucessivo. A bem da verdade, coloca-o em uma nova roupagem – a de sustentável –, associada agora a uma certa intervenção política (PEREIRA *et al.*, 2011; AMAZONAS, 2012; BOWEN; HEPBURN, 2014).

Isso fica evidente nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) publicado em 2015 na Agenda 2030, uma continuidade e evolução da Agenda 21. Foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas para serem alcançadas ao longo de 15

anos, em âmbito multilateral, na busca de sustentar um crescimento econômico (meta nº 8) ao mesmo tempo que se tenta combater as alterações climáticas e impactos sobre a terra (objetivos nº 13 e nº 15, respectivamente) (ONU BRASIL, 2016; HICKEL, 2020; WIEDMANN *et al.*, 2020; SIMÕES, 2021).

As incongruências entre as metas específicas ainda se evidenciam nos objetivos relacionados ao aumento do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) - nº 1 (Erradicação da Pobreza) e nº 10 (Redução das Desigualdades), os quais não dão muita atenção à ecologia e mantêm a ênfase em altos níveis de renda que - dadas as fortes correlações entre renda e impacto ecológico - violam os princípios de sustentabilidade (HICKEL, 2020; WIEDMANN *et al.*, 2020; SIMÕES, 2021).

É nesta direção, portanto, que a Figura 1 representa uma síntese do debate apresentado até aqui.

**Figura 1** – Síntese da incorporação da temática ambiental na economia



Fonte: Elaboração própria.

## 1.2. As principais teorias econômicas acerca do desenvolvimento sustentável

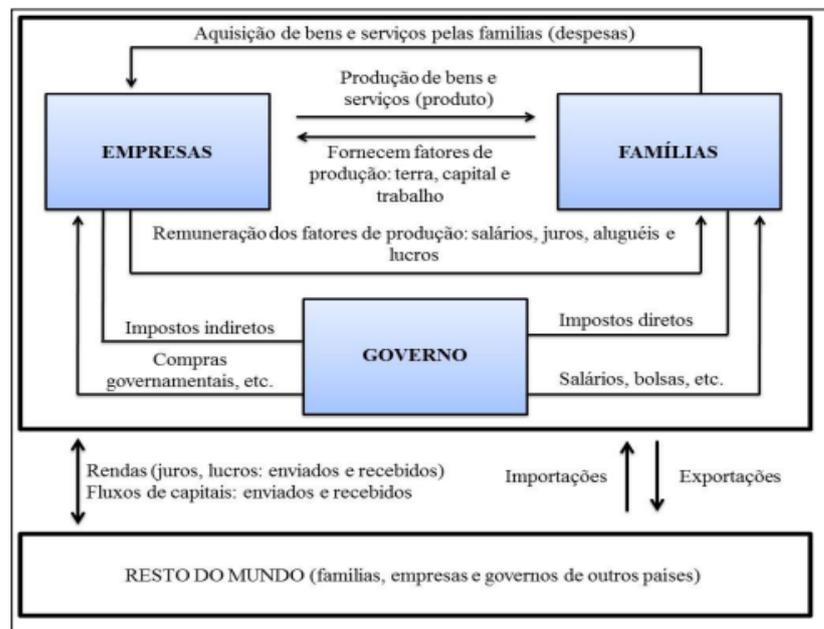
Como visto, a forma e a conduta da interação humana com o ambiente natural tornaram-se uma grande questão política e econômica nos últimos tempos. No âmbito acadêmico, esse fenômeno foi incorporado na pauta de discussões teórica e aplicada - por parte de diversos pensadores - como tentativa de compreensão desse liame. Como resultado, dois grandes campos

disciplinares desenvolveram-se no âmbito da teoria econômica: a Economia Ambiental, dentro da teoria neoclássica convencional, e a Economia Ecológica, como uma área alternativa transdisciplinar e integradora do eixo ecológico-econômico-social, ambos brevemente examinados a seguir.

### 1.2.1. “Otimistas tecnológicos e de mercado”: a abordagem da Economia Ambiental Neoclássica

Até o final da década de 1960, a teoria neoclássica não reconhecia que os problemas ambientais pudessem afetar o crescimento econômico de longo prazo, acreditando que a economia era um sistema isolado e, portanto, deveria se preocupar apenas com as relações que aconteciam internamente. Além disso, consideravam que o sistema econômico detinha insumos de matéria e energia inesgotáveis, com ausência de resíduos e com instituições sociais garantidoras de uma livre e eficiente transação dos atributos ambientais, tal como é representado pelo diagrama do Fluxo Circular da Renda (Figura 2).

**Figura 2** – Diagrama do Fluxo Circular da Renda



Fonte: BARCELOS *et al.* (2020, p. 85).

Nesse modelo, as relações econômicas ocorrem entre quatro agentes principais: famílias, empresas, governo e resto do mundo. De maneira geral, as famílias consomem, pagam impostos e fornecem os serviços dos fatores produtivos para as empresas, que, por sua vez, produzem bens e serviços, além de pagar impostos e gerar as remunerações dos fatores

produtivos para a sociedade. Já o governo recebe os impostos das empresas e famílias, devolvendo-os sob a forma de bens e serviços públicos. Além disso, existem relações com o resto do mundo, por meio de importações, exportações e fluxos financeiros.

Entretanto, com a maior evidência das externalidades ambientais durante a década de 1960, tal como exposto anteriormente, a teoria *mainstream* se sentiu compelida a incorporar essa temática. Como consequência, surgiu, no ramo da Economia Neoclássica um esforço de considerar a questão ambiental, sem, contudo, alterar suas bases analíticas fundamentais. Reconheceu-se a existência de um processo unidirecional da utilização de materiais na produção, que geravam escassez de materiais e resíduos ao meio ambiente<sup>12</sup> (ANDRADE, 2008).

Essa constatação criou as bases para o que ficou conhecido como Princípio do Balanço de Materiais. Por meio dessa visão do balanço de materiais, a Economia Neoclássica passou a enxergar o processo econômico como linear e não mais circular e dividiu-se em duas abordagens diferentes: a Teoria dos Recursos Naturais e a Teoria da Poluição (MUELLER, 2004).

A Teoria dos Recursos Naturais tem como objeto de estudo a alocação intertemporal dos recursos naturais e os aspectos dos processos de extração desses recursos pelo sistema econômico. Busca-se conhecer o padrão ótimo de uso e do emprego de recursos da natureza específicos, a taxa ótima de depleção e do manejo dos recursos não renováveis, bem como os limites físicos ao crescimento econômico dada a escassez de alguns bens e serviços ecossistêmicos. Nessa linha de pensamento, o meio ambiente é analisado sob a ótica de provedor de recursos ao sistema econômico - *inputs* ao processo produtivo (MUELLER, 2004).

Posto isso, para que se tenha uma alocação eficiente, deve-se determinar o ponto máximo dos ganhos obtidos com a extração do recurso ao longo do tempo, valendo-se dos conceitos de custos de oportunidade e dos descontos contábeis. Este procedimento é chamado na teoria econômica de *Regra de Hotelling* (em homenagem ao precursor do estudo), cuja ideia é que, em uma condição de equilíbrio intertemporal, o valor de estoque de um determinado recurso da natureza cresce a uma taxa igual à taxa de desconto (AMAZONAS; NOBRE, 2002; ANDRADE, 2008). Assim, “mais cedo ou mais tarde, o preço de mercado se tornará elevado o

---

<sup>12</sup> Esse fenômeno pode ser analisado à luz do que Mario Possas (1995) denominou como processo de “cheia do *mainstream*”, isto é, movimento em que o *mainstream* desenvolve teorias para temas “marginais” que gravitam em seu entorno, integrando-as de forma a manter-se como modelo predominante. No caso das questões ambientais, que, a partir dos anos 1960, ganhou ressonância no debate internacional, verifica-se um transbordamento da teoria econômica dominante, cooptando o tema e, posteriormente, voltando ao seu curso normal, qual seja, legitimando a possibilidade de um crescimento econômico de longo prazo (POSSAS, 1995).

suficiente para reprimir a demanda inteiramente. Nesse momento a produção cai para zero” (SOLOW, 1974, p. 260, tradução nossa)<sup>13</sup>.

De forma mais explícita, portanto, e presumindo ausência de imperfeições do mercado e alocação ótima ao longo do tempo, através de uma função de bem-estar social intertemporal, é possível identificar quantidades de um recurso que devem ser consumidas em cada período. Em termos da discussão ambiental, isso significa que à medida em que um recurso não renovável se torna escasso, o seu preço sobe, tornando-se viável a utilização de recursos alternativos (*backstop technology*<sup>14</sup>) e fazendo com que a extração dos “bens”<sup>15</sup> não renováveis pare de crescer. Nessa perspectiva, embora existam problemas de escassez dos recursos naturais, os mecanismos de preço são suficientes para se alcançar a proteção ambiental (SOLOW, 1974).

O outro campo da análise ambiental neoclássica é conhecido com Teoria da Poluição, na qual são utilizados principalmente modelos estáticos de equilíbrio geral competitivo. O objetivo aqui é analisar os impactos e problemas decorrentes dos rejeitos e da poluição no meio ambiente e, especialmente, no bem-estar dos agentes econômicos, haja vista que consideram (sendo uma hipótese implícita) a inexistência de fortes limitações do lado da disponibilidade de materiais e energia. Além disso, procura-se analisar os custos e benefícios envolvidos na adoção de mecanismos de controle da poluição.

Pautada na teoria elaborada por Pigou (1920), que legitima a noção de que a atividade econômica privada pode gerar custos ou benefícios que são transferidos socialmente, essa teoria ambiental considera a poluição (tanto de fluxo como de estoque) uma externalidade negativa, visto que, tendo o meio ambiente como um *output* dos processos econômicos, a emissão de poluentes e dejetos afeta o bem-estar social: uma vez que o agente privado busca maximizar sua utilidade/lucro e não tendo limites no uso da matéria e da energia, tem como consequência a imposição, geralmente de forma involuntária, de custos a outros agentes econômicos. Dessa

---

<sup>13</sup> “*Sooner or later, the market price will get high enough to choke off the demand entirely. At that moment production falls to zero*”.

<sup>14</sup> *Backstop technologies* (ou tecnologia de fundo) é um termo atribuído a William Nordhaus, definido como uma nova tecnologia capaz de produzir ou substituir um recurso esgotável a um custo relativamente alto, mas em uma base de recursos efetivamente inesgotável (SOLOW, 1974; DASGUPTA; HEAL, 1979).

<sup>15</sup> Os recursos naturais são tratados por Solow como capital. Segundo ele, “*A pool of oil or vein of iron or deposit of copper in the ground is a capital asset to society and to its owner (in the kind of society in which such things have private owners) much like a printing press or a building or any other reproducible capital asset. The only difference is that the natural resource is not reproducible, so the size of the existing stock can never increase through time. It can only decrease (or, if none is mined for a while, stay the same). This is true even of recyclable materials; the laws of thermodynamics and life guarantee that we will never recover a whole pound of secondary copper from a pound of primary copper in use, or a whole pound of tertiary copper from a pound of secondary copper in use. There is leakage at every round...*” (SOLOW, 1974, p. 259).

forma – e dado o caráter não excludente e não rival da poluição –, a versão simplificada do modelo de equilíbrio geral competitivo neoclássico passa a ser vista como inábil para mensurar e repartir os custos entre os agentes e, portanto, em conduzir a economia para um estado de eficiência econômica (MUELLER, 2004).

A solução para isso, desse modo, passa pela criação de medidas de intervenção, de forma que esses danos ambientais sejam incorporados à estrutura de custos do agente poluidor, mediante à criação de condições para o livre funcionamento dos mecanismos de mercado – seja diretamente, eliminando o caráter público desses bens e serviços, por meio de acordos entre as partes sem a intervenção estatal (negociação *coaseana*), ou indiretamente, via a cobrança, pelo Estado, da diferença entre o custo marginal privado e o custo marginal social por meio de taxações, por exemplo (solução *pigouviana*). Vale destacar que, em casos de externalidades positivas (despoluição) - que resultam em benefícios ambientais -, o agente deve receber uma recompensa (NOBRE; AMAZONAS, 2002; DA ROCHA, 2004; MUELLER, 2004; ANDRADE, 2008; ROMEIRO, 2012).

À vista disso, algumas políticas passaram a ser sugeridas visando resolver essa falha de mercado, o que inclusive originou instrumentos de comando e controle da poluição e de estímulo a mercados. A fim de minimizar os impactos das externalidades negativas causados pelo sistema econômico no bem-estar dos indivíduos, a economia convencional admite a criação de políticas ambientais que podem ou não acionar o sistema legal, como por exemplo o Código Florestal. Alternativamente – ou idealmente como um complemento às regulações e normas – pode-se implementar os chamados instrumentos econômicos, de modo a incentivar comportamentos nos agentes econômicos considerados desejáveis para se alcançar um determinado padrão de mercado. No caso dos incentivos ao mercado, a Economia Neoclássica concebe como resolução, por exemplo, o desenvolvimento de mercado de certificados transacionáveis de direitos a poluir, em que as autoridades ambientais, com base em estudos técnicos, fixam uma quantidade máxima que as empresas de uma dada região, em conjunto, podem emitir do poluente por período de tempo (MUELLER, 2004).

Finalmente, como a poluição é algo inevitável nas economias capitalistas<sup>16</sup>, tal como foram experienciadas até aqui, esse eixo da Economia Neoclássica busca determinar o nível socialmente “ótimo” de poluição, onde se equilibram seus custos e os benefícios marginais. Isto é, a alocação ótima de poluição pode ser encontrada quando se maximiza o benefício social líquido da poluição, na medida em que a satisfação marginal proporcionada pelo consumo dos

---

<sup>16</sup> Isso é assegurado pela segunda lei da termodinâmica (Lei da Entropia), segundo a qual não existem processos integralmente eficientes. Uma apresentação mais aprofundada será feita na seção seguinte.

bens e serviços produzidos iguala-se ao desconforto marginal da poluição causado pela produção destes mesmos bens e serviços. Assim, essa poluição ótima tona-se uma forma de eficiência econômica ambientalmente sustentável, até no longo prazo, ou seja, compatibiliza “otimalidade” com “sustentabilidade” (NOBRE; AMAZONAS, 2002; MUELLER, 2004).

Em ambas as perspectivas, é possível notar que tais recursos ambientais foram incorporados à função de produção, mantendo-se, contudo, a sua forma multiplicativa. Isto é, considera-se implicitamente uma perfeita substitutibilidade entre os fatores de produção, com a função matemática ganhando a seguinte forma:  $Y = f(K, L, R)^{17}$ . Isso é possível pois, de maneira geral, a Economia Ambiental Neoclássica considera o meio ambiente como passivo e neutro (hipótese ambiental tênue<sup>18</sup>) e volta a sua atenção aos efeitos negativos da degradação ambiental no bem-estar da população (DA ROCHA, 2004; MUELLER, 2004; ROMEIRO, 2010).

Diante do exposto, a perpetuação do crescimento econômico torna-se viável (e desejável) para a Economia Neoclássica, visto que a capacidade ilimitada de substituição do capital natural por capital reproduzível e trabalho no processo de produção somada ao progresso tecnológico poupador de recursos eliminam os obstáculos trazidos pelo esgotamento dos ecossistemas e recursos naturais, permitindo a “sustentabilidade do bem-estar econômico”, quer dizer, a preservação da capacidade produtiva inclusive às futuras gerações (SOLLOW, 1974; ANDRADE, 2008; GOELLNER, 2017).

Nas palavras de Romeiro (2012, p. 74),

Assim, a disponibilidade de Recursos Naturais (RN) pode ser uma restrição à expansão da economia, mas uma restrição apenas *relativa*, superável *indefinidamente* pelo progresso científico e tecnológico. Tudo se passa como se o sistema econômico fosse capaz de se mover suavemente de uma base de recursos para outra à medida que cada uma é esgotada, sendo o progresso científico e tecnológico a variável chave para garantir que esse processo de substituição não limite o crescimento econômico a longo prazo.

Visando tratar a demanda por sustentabilidade, especialmente no plano da política internacional, o caminho que a Escola Neoclássica passou a tomar foi justamente na fusão entre as duas teorias anteriormente abordadas. De forma empírica, Grossman e Krueger (1991, 1995)

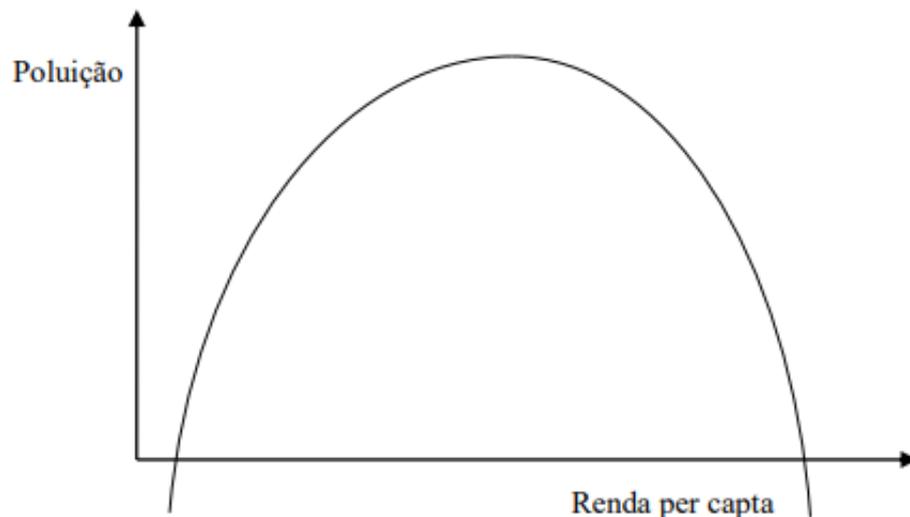
<sup>17</sup> Onde K é a quantidade de capital, L de trabalho e R de recursos naturais (ROCHA, 2004).

<sup>18</sup> Hipótese ambiental tênue ou hipótese da sustentabilidade fraca tem como premissa um crescimento quase ilimitado do capital total, uma vez que considera que o capital produzido (Kp) e o capital natural (Kn) podem substituir um ao outro, desenhando o meio ambiente como uma entidade capaz de absorver as tensões ambientais sem, perceptivelmente, modificar seu estágio ecológico. Contrariamente, a visão da sustentabilidade forte considera limitada a substitutibilidade entre Kp e Kn (MUELLER, 2004, 2005).

tentaram explicar a relação entre crescimento econômico e degradação da natureza formulando uma hipótese que ficou conhecida como Curva Ambiental de Kuznets (CAK).<sup>19</sup>

Ao analisarem os dados de concentrações de dióxido de enxofre, fumaça negra e partículas suspensas nos Estados Unidos, esses autores concluíram que a expansão do produto econômico, medido pelo aumento da renda *per capita*, somente causaria um aumento da degradação ambiental em estágios iniciais, como um processo natural do desenvolvimento. Contudo, em determinado momento, a renda *per capita* atingiria um certo nível e, a partir daí, o processo se inverteria, de modo que o crescimento econômico contínuo passaria a causar uma redução na magnitude dos indicadores de degradação ambiental, representado graficamente por uma curva no formato de “U” invertido (Figura 3) (GROSSMAN; KRUEGER, 1991; ANDRADE, 2008; CARVALHO; ALMEIDA, 2010).

**Figura 3** – Curva Ambiental de Kuznets



**Fonte:** ROMEIRO; MAIA (2011, p. 16).

Segundo Grossman e Krueger (1991), esse modelo resulta de três efeitos distintos, decompostos em:

- i) *efeito escala*: traduz a noção de que quanto maior a expansão econômica, maior o nível de *inputs* e *outputs* no ecossistema. Assim, à medida que as economias

<sup>19</sup> Apesar de ter sido formulada por Grossman e Krueger (1991), a Curva Ambiental de Kuznets é uma adaptação da Curva de Kuznets original. Inicialmente, Simon Kuznets (1955) testou sua hipótese da existência de uma relação em formato de “U” invertido entre crescimento e distribuição da renda *per capita*. A sua conclusão foi que à medida em que a renda individual se eleva, nos primeiros estágios do crescimento econômico de um país, a distribuição por pessoa tende a piorar. Porém, isso acontece até certo ponto, de maneira que essa trajetória se inverte e a relação entre renda *per capita* e desigualdade econômica torna-se negativa (MUELLER, 2004).

evoluem de uma economia agrária “limpa” para uma economia industrial “poluída”, nota-se uma correlação positiva com o aumento da emissão de poluentes, refletido pela parte ascendente da curva (ARROW *et al.*, 1995; ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006);

- ii) *efeito composição ou estrutural*: simbolizado pelo ponto de inflexão na tendência de degradação e resulta de mudanças na estrutura produtiva nacional, consequência da transição de uma economia de produção industrial para uma economia baseada em serviços - desmaterialização da economia (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006);
- iii) *efeito técnico ou tecnológico*: que se dá pela introdução e aperfeiçoamento de tecnologias mais “limpas”, capazes de promover aumentos na produtividade (produz-se mais com menos insumos) ou melhoras na tecnologia de captura dos poluentes (STERN, 2004; ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006; ROMEIRO, 2012; CARVALHO, 2017).

Para esses estudiosos, ainda, o nível de renda em que as emissões atingem o máximo é chamado de *turning point* (traduzido de forma livre como *pico* ou *ponto de inflexão*). Assim, após o ponto de inflexão ocorrer, os efeitos composição e tecnológico se sobreporiam ao efeito escala e a qualidade ambiental passaria a aumentar com o produto (ÁVILA; DINIZ, 2015).

A pesquisa de Grossman e Krueger (1991) teve grande alcance e acabou por inspirar uma série de outros estudos, principalmente no plano econométrico, incluindo novos parâmetros, métodos e regiões. Os resultados foram mistos (DE CARVALHO, 2013; DE ALMEIDA *et al.*, 2017; WOLF *et al.*, 2019).

De um lado, alguns trabalhos empíricos corroboraram a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, tendo como produto comum a relação de “U” invertido entre degradação ambiental e renda, como Shafik e Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993), Cropper e Griffiths (1994), Selden e Song (1994), Shafik (1994), Hilton e Levinson (1998) e Khan (1998). Esses pesquisadores, por sua vez, elencaram diversas interpretações sobre o que poderia melhorar a condição ambiental das nações ricas. Ressaltam-se os efeitos institucionais, decorrentes de imposição de leis ambientais e exigências do mercado externo na adoção de produtos e serviços mais “verdes” (SELDEN; SONG, 1994).

A explicação para os efeitos institucionais está no fato de que a elasticidade-renda da demanda por qualidade ambiental passa a ser maior que um em países de alta renda, ou seja, as populações de sociedades já afluentes atribuem maior valor à natureza, considerando, dessa forma, o acesso a um meio ambiente limpo e a preservação ambiental como bens superiores

(BECKERMAN, 1992; CARSON; JEON; MCCUBBIN, 1997; MCCONNELL, 1997). Em outras palavras, à medida que as pessoas atingirem um certo patamar de padrão de vida, elas darão um crescente valor à qualidade ambiental, seja por meio de um maior interesse social por atividades intelectuais e questões ambientais (PEZZEY, 1989; SELDEN; SONG, 1994); bem como uma maior disposição a pagar por ambientes “verdes”, deslocando a demanda para produtos menos poluentes e estimulando as empresas a adotarem práticas mais limpas (um efeito tanto composição quanto tecnológico) (ROCA, 2003).

Por outro lado, outros autores, ao avaliarem a hipótese supracitada, encontraram resultados dispersos, revogando parcialmente a relação da CAK (JONES; MANUELLI, 1995; DE BRUYN *et al.*, 1998; BIAGE, 2013; SAIANI; TONETO JUNIOR; DOURADO, 2013; SERRANO; LOUREIRO; NOGUEIRA, 2014; BIAGE, 2015; SOUSA; SOUSA; SANTOS, 2016). De acordo com essas pesquisas, na verdade, o “U” invertido apresentava apenas um estágio inicial da relação entre crescimento econômico e pressão ambiental, mas após atingir um determinado nível de renda haveria uma nova inflexão, criando uma trajetória ascendente expressando um formato em “N”. Diante disso, o formato de CAK não se sustentaria no longo prazo, indicando que o crescimento da economia não seria sinônimo de uma melhoria ambiental (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006; CARVALHO; ALMEIDA, 2010; SOARES, 2015; DE ALMEIDA *et al.*, 2017; WOLF *et al.*, 2019).

Apesar de não haver consenso entre os especialistas, a hipótese CAK teve fortes implicações políticas, pois significava que uma nação poderia sair de uma crise ecológica por meio do crescimento econômico. E mais: a diminuição das emissões poderia ocorrer de forma natural, sem a necessidade de intervenções e a existência de ineficiências (GROSSMAN; KRUEGER, 1995; PARRIQUE *et al.*, 2019). Tal visão foi claramente refletida na posição liberal de Grossman e Krueger (1991, n. p., tradução nossa), em que afirmam que “uma redução nas barreiras comerciais geralmente afetará o meio ambiente, expandindo a escala da atividade econômica, alterando a composição da atividade econômica e provocando uma mudança nas técnicas de produção”<sup>20</sup> e na famosa citação de Beckerman (1992, p. 491, tradução nossa): “[...] a forte correlação entre renda e a extensão em que medidas de proteção ambiental são adotadas demonstra que, no longo prazo, a maneira mais segura de melhorar o meio ambiente é tornando-se rico”<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> “A reduction in trade barriers generally will affect the environment by expanding the scale of economic activity, by altering the composition of economic activity, and by bringing about a change in the techniques of production.”

<sup>21</sup> “[...] the strong correlation between incomes, and the extent to which environmental protection measures are adopted, demonstrates that in the longer run, the surest way to improve your environment is to become rich”.

Por sua vez, essa ideia também suscitou uma série de críticas dentro das ciências econômicas. De acordo com Stern (2004), por exemplo, existem algumas lacunas no modelo da CAK, posto que assume hipóteses simplificadoras da realidade e dispõe de métodos pouco sólidos econometricamente<sup>22</sup>.

Além disso, nota-se uma certa dificuldade em comprovar a existência da CAK para poluentes globais, existindo maiores evidências apenas à nível local. Nesse tópico, a dinâmica geográfica e o comércio internacional ganham destaque para explicar o comportamento dos padrões de degradação ambiental, uma vez que há uma grande suspeita de que a melhora nas emissões dos países desenvolvidos seja, em parte, um efeito do deslocamento da produção de países industriais para economias emergentes, que se tornariam alguns dos principais emissores do mundo, isto é, de uma terceirização da poluição (PETERS *et al.*, 2011; CECHIN; PACINI, 2012; DE CARVALHO, 2013).

Consoante a Cechin e Pacini (2012, p. 129), “se uma economia rica substitui sua própria produção de aço por importações, os impactos ambientais da produção de aço também serão ‘terceirizados’ ao país de onde as importações se originaram”. Seguindo essa análise, portanto, é possível inferir, no contexto da divisão internacional do trabalho e das cadeias globais de valor, que o atual triunfo dos países de alta renda em promover um “crescimento verde” na verdade resulta de uma estratégia de limpeza ambiental, no mínimo, dúbia. É nesse sentido que as análises da CAK devem considerar também indicadores que explicitem os *fluxos ocultos*<sup>23</sup> do uso material (DE CARVALHO, 2013; ANDRADE; DE MENDONÇA; ROMEIRO, 2018).

Outra contradição importante está na análise acerca da reversibilidade e urgência na solução dos problemas ambientais, envolvendo, portanto, as noções de fluxo e estoque da poluição. Conforme Cechin e Pacini (2012) sustentam, a mitigação da mudança climática global decorre especialmente da redução na quantidade total de emissões na atmosfera (estoque) e não apenas das emissões associadas a cada unidade de produção (fluxo). Desse modo – e tendo em vista que a hipótese CAK desconsidera tanto as questões histórico-geográficas –, existe a possibilidade de que o nível de renda necessário para a inversão da curva seja alto o suficiente para ser não factível para algumas economias. Ou seja, o ponto crítico e seus impactos

<sup>22</sup> Nas palavras de Stern (2004, p. 1429): “*Econometric criticisms of the EKC (environmental Kuznets curve) fall into four main categories: heteroskedasticity, simultaneity, omitted variables bias, and cointegration issues*”.

<sup>23</sup> O termo “fluxos ocultos” é usado para designar os movimentos de materiais não utilizados associados à extração de matérias-primas, no mercado interno e no exterior. Esta é uma extensão em comparação com as contas nacionais padrão de duas maneiras, na medida em que exclui os materiais que são extraídos do ambiente nacional, mas não são realmente utilizados pela economia e, ao mesmo tempo, inclui as requisições de recursos associados a produtos importados (EUROSTAT, 2001).

permanentes dos estoques de degradação podem ser tão elevados que superam os limites do próprio ecossistema<sup>24</sup> em absorvê-los.

Por fim, uma outra razão para que o estudo da CAK seja considerado limitante está na dificuldade de substituir o crescimento de um setor pelo crescimento de outro setor “mais verde” (ou seja, em promover o efeito composição). Na verdade, certas investigações têm mostrado que, em geral, um país não pode simplesmente optar por crescer “em serviços” ao invés de crescer em atividades mais intensivas em recursos naturais. Em termos puramente monetários é até possível que haja uma quase-substituição entre os setores que compõem o PIB, mas isso esconde a real importância do setor primário, independentemente da sua contribuição nominal para o PIB (CECHIN; PACINI, 2012)

Diante disso, verifica-se que as técnicas neoclássicas, em alguns casos, podem ser ineficientes para uma análise acurada dos impactos do sistema econômico no meio ambiente. Em contraposição a isso, abordagens alternativas reaparecem no debate científico, em especial a Economia Ecológica, alicerçada na ideia de que não é possível aumentar indefinidamente a eficiência no uso dos recursos naturais, de modo que o sistema econômico deve considerar a existência de limites (ROMEIRO, 2012).

### 1.2.2. “Céticos ecológicos e social”: a alternativa da Economia Ecológica

No campo ambiental, as vias alternativas de pensamento ao postulado neoclássico buscam enfatizar uma visão holística entre as relações sociedade-ambiente, analisando a economia pela via “bioeconômica”, isto é, a partir de seus elementos físicos e biológicos. Nessa perspectiva – e considerando as influências mútuas na interface entre visões, bem como conceitos econômicos e não econômicos –, a abordagem da Economia Ecológica ganha destaque ao se colocar como alternativa para a discussão da sustentabilidade, não mais sob o prisma das utilidades individuais dos agentes econômicos, mas com base em um equilíbrio ecossistêmico (NOBRE; AMAZONAS, 2002).

Este novo ramo foi estruturado de modo formal em 1989, com a fundação da *International Society for Ecological Economics* (ISEE) e com o periódico *Ecological Economics*. As origens de suas ideias são encontradas, particularmente, nos trabalhos de Boulding (1966), Georgescu-Roegen (1971), Daly (1973, 1991, 1996, 2007) e Robert Ayres

---

<sup>24</sup> O conceito de limites ecossistêmicos ou limites planetários ou ainda fronteiras planetárias (do inglês, “*planetary boundaries*”) foi introduzida por Rockström *et al.* (2009) que, ao recuperarem conceitos da Economia Ecológica - que serão futuramente abordados - introduzem a ideia de que existe um espaço seguro dentro do qual a humanidade pode operar. A transgressão desses limites pode desencadear mudanças ambientais abruptas e não lineares em sistemas de escala continental a planetária.

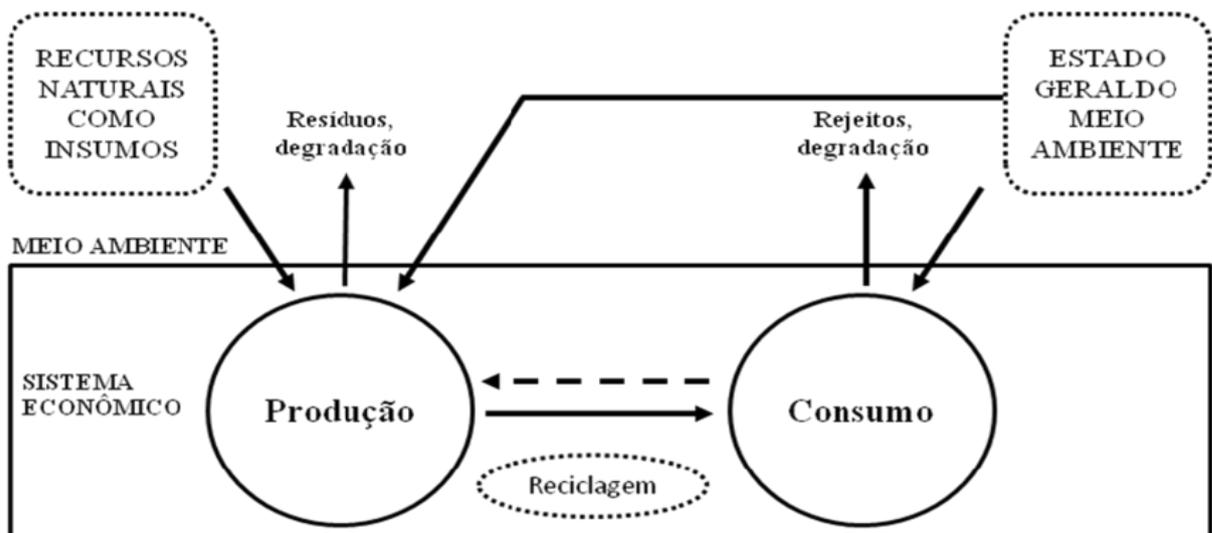
(1997), que lançaram as bases para um estudo transdisciplinar da economia, tendo como o objeto de estudo as relações existentes entre sistema econômico e meio ambiente e os impactos dessa interação na abreviação do tempo de existência da espécie humana e não humana no planeta Terra.

A análise parte de uma crítica à epistemologia mecanicista da escola neoclássica sobre os problemas ambientais, principalmente no que diz respeito às descon siderações dos fluxos materiais e energéticos no processo econômico e suas implicações para o principal problema da ciência econômica: a escassez (ANDRADE, 2008).

Ao se acionar a economia, de fato, não se pode ignorar que a depreciação dos ativos naturais (capital natural) é real. Quer dizer, existem custos de oportunidade ecológicos. Aumentar a produção econômica implica sacrifício de recursos, tais como florestas, solo, água, ar, biodiversidade, estabilidade climática etc. Ter noção desse problema leva à necessidade da visão ecológica da economia. (CAVALCANTI, 2010, p. 10).

Para essa corrente, o sistema econômico é um organismo vivo e complexo, compreendido como parte integrante da biosfera. Isso significa que a economia é dependente do sistema natural, uma vez que ela (a economia enquanto sistema) interage com o meio ambiente, utilizando-se de recursos naturais e serviços ecossistêmicos e devolvendo resíduos físicos e biológicos (Figura 4) (MUELLER, 2004).

**Figura 4** – Inter-relações da economia com o meio ambiente



Fonte: MUELLER (2004, p. 256).

Isso se baseia na proposição defendida por Georgescu-Roegen, considerado referência central na Economia Ecológica, de que o sistema econômico é um sistema aberto e heterótrofo, de natureza termodinâmica, ou seja, transformador de recursos: a economia, em seu processo

de expansão, enquanto subsistema dependente de um ecossistema global, retira sua matéria e energia de baixa entropia do meio ambiente, transformando-os em bens e serviços úteis à espécie humana. Esta “engrenagem” foi rotulada na literatura como “transumo” (ou processamento, do original *throughput*) para designar o metabolismo do sistema econômico que transforma recursos de baixa entropia em alta entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; DALY, 1996, 2007; CAVALCANTI, 2010; FLORES, 2017).

A partir disso, a dinâmica econômica integra-se à realidade biofísica, traduzindo-se numa entidade inexoravelmente entrópica, com fluxos de matéria e energia lineares e unidirecionais. E, por fazer parte de um todo maior (ecossistema), a peça econômica obedece às duas Leis da Termodinâmica (DALY, 1991, 1993, 1996, 2007), quais sejam:

- i) 1ª Lei *Da Conservação de Matéria e Energia*: explicita que em um sistema isolado, a energia total (soma de todas as formas, por exemplo, mecânica, química, térmica, elétrica) é constante;
- ii) 2ª Lei *Da Entropia*: define que a transformação de energia e materiais não permite sua volta ao estágio inicial, uma vez que a energia flui em uma só direção e tende a se dissipar em calor de baixa temperatura que não pode ser utilizado.

A essa soma de energia degradada num sistema chama-se de entropia.

Ademais, vista por esse ângulo, a economia se revela como uma entidade detentora de “um metabolismo social”. Tal como um organismo vivo, “[...] o sistema econômico tem aparelho digestivo, além do circulatório imaginado pela economia convencional” (CAVALCANTI, 2010, p. 59), haja vista que constrói e mantém suas estruturas por meio da troca de energia e materiais com seu ambiente ao longo de sua vida. A questão-chave dessa relação é que não há propriamente *criação* de riqueza, mas *transformação* de elementos físicos (CAVALCANTI, 2010; FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2015).

Vale destacar que, ao considerar o sistema econômico como uma força dissipativa (de entropia), tem-se como consequência imediata uma “dupla limitação, nas quantidades físicas e na capacidade ecossistêmica de absorção de resíduos” (DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019, p. 128).

A primeira refere-se à hipótese predita da sustentabilidade forte, ou seja, no suposto de que é impossível uma substituição completa entre capital reproduzível e recursos naturais, visto que se manifestam na atividade produtiva como recursos essencialmente complementares. Para a Economia Ecológica, embora o progresso científico e tecnológico sejam fundamentais para uma maior eficiência entre produto final (bem-estar) e insumos primários (recursos naturais em

geral), essa substituição acontece apenas de forma *aparente*<sup>25</sup>, de modo que no longo prazo esses efeitos são insuficientes para o alcance da sustentabilidade e podem trazer até efeitos rebote, como exemplificado pelo Paradoxo de Jevons<sup>26</sup> (SAES; ROMEIRO, 2018).

Já a segunda restrição vincula-se ao fato de que, mesmo havendo avanços na tecnologia, que podem significar em menos desperdício e, portanto, mais eficiência, isso se dá a taxas decrescentes. Como Nobre e Amazonas (2002) defendem, embora exista a possibilidade de reciclar os rejeitos, havendo assim uma reposição de ordem entrópica, isso não ocorre de forma integral, já que todo o movimento de reconversão ocorre ao custo de um aumento de entropia em outra parte do sistema, promovendo um aumento líquido da entropia total.

E, para tanto, uma elevação da entropia do subsistema econômico acaba sendo canalizada para o sistema ambiental e, com o aumento líquido da entropia total, tem-se uma exaustão dos estoques de recursos ao mesmo tempo em que os estoques de rejeitos aumentam (NOBRE; AMAZONAS, 2002).

É nesse sentido que os economistas ecológicos incluem como categoria analítica, distintiva de sua corrente, a noção de escala econômica-ecológica (ou simplesmente escala), definida como o tamanho relativo do sistema econômico em relação à biosfera. Quanto maior a escala do sistema econômico, maior o nível de degradação ambiental. A escala da atividade econômica se torna relevante ao se considerar que os ecossistemas (base física), que ofertam bens e serviços, são finitos, atuando assim como limitantes do próprio processo econômico (DALY, 1991; MUELLER, 2004; FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2015).

O conceito de escala permite ainda fazer três qualificações: a primeira é a escala *real*, que revela a magnitude atual da escala do subsistema econômico em relação ao ecossistema terrestre. Ao reproduzir o comportamento efetivo do sistema econômico, essa classificação fornece dados para a análise e avaliação do nível de pressão socioeconômica sobre os recursos

---

<sup>25</sup> A noção de uma substituição *aparente* fundamenta-se no argumento de que os fatores de produção têm funções distintas no processo produtivo. Segundo Georgescu-Roegen, existem, por um lado, os fatores de fundo, que compõem a base material e são agentes de transformação do processo e, por outro, os fatores de fluxo, que são fisicamente incorporados nos produtos finais ou tornam-se resíduos. A diferença entre eles está no fato que os fatores de fundo não são incorporados no produto final, mas fornecem serviços para a transformação de outros recursos, saindo do processo produtivo quase intactos (apenas depreciados). Nessa conformidade, os fatores de fluxo não podem ser substituídos indefinidamente pelos fatores de fundo. Um exemplo que o autor introduz é a produção de um bolo, em que os ingredientes da receita (farinha, açúcar, fermento, etc.) seriam os fatores de fluxo, enquanto o cozinheiro, a cozinha e seus instrumentos seriam os fatores de fundo (SAES; ROMEIRO, 2018).

<sup>26</sup> O Paradoxo de Jevons (ou efeito “rebote” ou “ricochete”) foi descrito por William Stanley Jevons na sua obra “O Problema do Carvão”, de 1865, e postula a relação paradoxal em que o aumento na eficiência/produzividade de um determinado recurso leva não a uma redução, mas um aumento no consumo total desse item. Isso acontece pois o aperfeiçoamento tecnológico aumenta a eficiência com a qual se usa um recurso ou se produz um bem econômico, reduzindo seu custo de produção, o que leva ao aumento da demanda e, portanto, do consumo agregado.

naturais e meio ambiente em geral. Já a segunda é a escala máxima ecologicamente *sustentável*, que se refere à máxima capacidade de degradação causada pelo subsistema econômico que o meio ambiente suportaria sem ultrapassar os limites de resiliência ecossistêmica. Por fim, tem-se a escala macroeconômica *ótima*, que se diferencia da anterior por se relacionar ao tamanho máximo *desejável* que a economia poderia assumir sem incorrer em custos mais altos que não justificassem os benefícios do crescimento (MUELLER, 2004; ANDRADE; DE MENDONÇA; ROMEIRO, 2018).

A análise destas distintas classificações exige abordagens específicas e apropriadas a cada problema de pesquisa. No entanto, para a EE, o crescimento da escala real dos sistemas econômicos tem origem no crescimento populacional e/ou na elevação do consumo *per capita*. Conforme Mueller (2004), o primeiro tipo de expansão é mais comum em países menos desenvolvidos, uma vez que contemplam condições sociopolíticas e institucionais ainda incipientes, que associados a um grande dinamismo demográfico, tendem a promover maiores aglomerações e degradações, essas, mais agressivas a ecossistemas frágeis. A isso nomeia-se como crescimento horizontal da escala. O segundo caso, por sua vez, é conhecido como crescimento vertical da escala e geralmente ocorre num contexto de população estável e consumo *per capita* crescente, o qual está associado a uma produção material e de rejeitos cada vez maior. Neste último tópico, as mudanças tecnológicas e institucionais têm papel fundamental, uma vez que o estilo de desenvolvimento adotado em cada território (composição e distribuição da produção e tecnologia adotada no processo produtivo) permitem a existência de diversos regimes metabólicos (ANDRADE; DE MENDONÇA; ROMEIRO, 2018).

Outra ideia importante para essa corrente de pensamento é a concepção de resiliência ecossistêmica, que é a capacidade de um sistema recuperar seu equilíbrio após ter sofrido uma perturbação (no âmbito desta pesquisa, a capacidade de o meio ambiente se regenerar frente às ações antrópicas). Compreende-se também que existem limites temporais a essa autorregulação (HOLLING, 1973; WALKER *et al.*, 2004; FOLKE, 2006). Para os economistas ecológicos, o respeito à resiliência ecossistêmica é condição mínima e necessária para o alcance de um estado de sustentabilidade, uma vez que as atividades econômicas somente serão reproduzíveis no longo prazo se estiverem alicerçadas em sistemas naturais resilientes. Em outras palavras, a resiliência ecossistêmica é o pressuposto básico para a continuidade das atividades econômicas.

Diante disso, na interação desses dois conceitos, a Economia Ecológica entende que para se determinar a escala “ideal”, ela precisa ser ótima do ponto de vista econômico, dado que se deve maximizar os benefícios líquidos de bem-estar, mas também ecologicamente sustentável, no sentido de que deve respeitar os limites de resiliência dos ecossistemas (DOS

SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019). Nas palavras de Daly (2007, p. 87, tradução nossa<sup>27</sup>), “se crescermos além desse ponto, o crescimento se tornará antieconômico e o PIB se tornará, nos termos de Ruskin, ‘um índice dourado de ruína de longo prazo’”.

Não é por outro motivo que a EE rejeita a possibilidade do crescimento econômico contínuo em qualquer situação, considerando o próprio crescimento econômico ininterrupto incompatível com o desenvolvimento sustentável no longo prazo. Com efeito, sustentar o desenvolvimento é, na essência do conceito, uma “manutenção de estoques físicos de capital natural e não a de seus correspondentes valores monetários” (CAVALCANTI, 2010, p. 63). Para tanto, um passo relevante nessa jornada é a hierarquização dos objetivos econômicos, de maneira que a definição da escala do sistema econômico e a justa distribuição dos recursos antecedem a eficiência alocativa (DALY, 2007; ROMEIRO, 2012).

Dado o exposto e nesse contexto de redefinição de objetivos, os autores da EE oferecem uma série de caminhos alternativos para a sustentabilidade. Herman Daly, o economista ecológico mais importante da atualidade e aluno de Georgescu-Roegen, por exemplo, advoga uma condição *estacionária* da economia. Ao resgatar o conceito dos economistas clássicos, essa ideia transmite a possibilidade de um desenvolvimento sem crescimento material, de forma que o tamanho da economia é mantido constante enquanto ocorrem melhorias qualitativas. Essas mudanças qualitativas estão relacionadas a um aumento da eficiência com que o capital gera serviços e da eficiência no uso de recursos naturais para manter o nível de capital (DALY, 1973).

No entanto, essa alternativa foi amplamente crítica pelo seu professor. Conforme Georgescu-Roegen (1976), a proposta da condição estacionária era mais um “mito da salvação ecológica”, visto que ela transmite a ideia de que seria possível manter indefinitivamente os padrões de vida e de conforto nos países abastados, significando ao fim e ao cabo uma vitória para o crescimento sobre a entropia. Por isso, o autor defende o *decrecimento* como inevitável para o desenvolvimento sustentável, decrecimento esse não dos termos monetários, mas do tamanho físico do sistema econômico em relação ao sistema ecológico.

Mais recentemente, a ideia de uma *prosperidade sem crescimento* tem avançado na discussão sobre o desenvolvimento. Inspirado no desenvolvimento como liberdade (SEN, 2010), nas leis da termodinâmica (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; DALY, 2007) e nos elementos apresentado pela macroeconomia keynesiana (KEYNES, 1936), essa corrente postula que:

---

<sup>27</sup> “If we grow beyond this point then growth becomes uneconomic, and GNP becomes, in Ruskin’s terms, “a gilded index of far-reaching ruin.”.

o foco do desenvolvimento é a habilidade para se prosperar: fisicamente, psicologicamente e socialmente, e isso depende em parte de bens materiais, mas somente na medida em que livram o homem do medo do amanhã. Depois disso, a expansão das liberdades humanas exige uma combinação de instituições que ultrapassa em muito o papel dos mercados, da troca e do consumo. O desafio da sustentabilidade exige que se minimize o papel que as mercadorias exercem sobre o bem-estar (popularidade, imagem e sucesso financeiro), e que se maximize o papel de formas diretas de sociabilidade: autoestima, família, identidade, amizade, participação, propósito na vida e pertencimento a uma comunidade. Em suma, uma maior coesão social. (ANDRADE; VALE, 2014, p. 75).

Em vista disso, o desenvolvimento sustentável significa uma reestruturação dos propósitos econômicos, com a ampliação das capacidades individuais e o florescimento de potencialidades ecológico-econômicas (JACKSON, 2009). Adicionalmente, não resta dúvida de que um verdadeiro estado de sustentabilidade requer redução nas desigualdades entre os agentes, uma vez que os valores intrínsecos ao desenvolvimento sustentável só serão amplamente compartilhados em realidades socialmente homogêneas.

### 1.3. O *decoupling* e a sua interface com as ideologias “ecoambientais”

O termo *decoupling* foi utilizado pela primeira vez em 2001, quando a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) o definiu como objetivo principal na “Estratégia Ambiental para a Primeira Década do Século 21” - *Environmental Strategy for the First Decade of the 21 Century*. Mais tarde, como já exposto neste trabalho, essa narrativa passou a dominar a maior parte dos círculos políticos, tendo papel fundamental na estratégia rumo ao “crescimento verde” do PNUMA, em 2012. Três anos depois, tornou-se uma meta específica nos ODS<sup>28</sup> (OECD, 2002; UNEP, 2011b; FAY, 2012; PARRIQUE *et al.*, 2019).

De forma simplificada, diz respeito à uma redução do montante de recursos naturais utilizados ou da pressão ambiental gerada por unidade de produto econômico. É um conceito multifacetado, uma vez que apresenta alguns aspectos básicos (*decoupling* de recursos ou *decoupling* de impacto) e classificações quanto ao nível de dissociação atingido (absoluto ou relativo) (UNEP, 2011b; SOARES, 2015; PARRIQUE *et al.*, 2019).

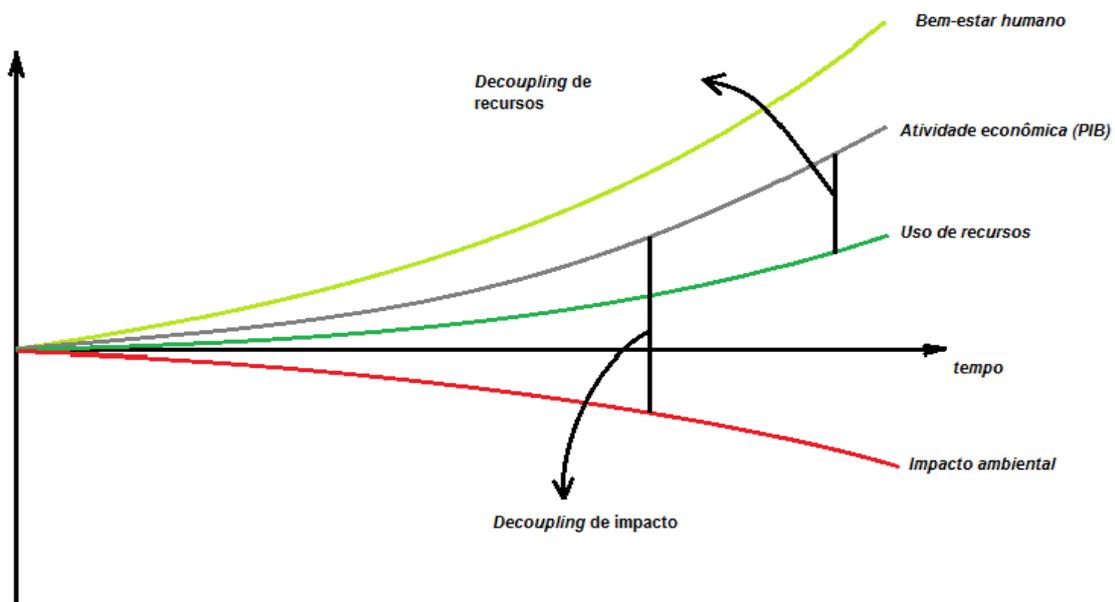
No que tange aos aspectos (Figura 5), uma dissociação de recursos (*resource decoupling* ou *decoupling* de entrada) constitui diminuir a intensidade no uso de recursos (primários) por unidade de produto da atividade econômica (PIB). Esta desmaterialização baseia-se no uso de menos material, recursos energéticos, hídricos e terrestres para a mesma produção econômica,

---

<sup>28</sup> Meta 8.4: “Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com os países desenvolvidos assumindo a liderança.” (ONU BRASIL, 2016, p. 29).

como consequência de um aumento da produtividade no uso desses recursos. Já o *decoupling* de impacto (ou de saída, do inglês *impact decoupling*) acontece quando se reduz os impactos ambientais negativos (geração de poluição e resíduos) ao mesmo tempo em que o PIB econômico cresce, aumentando assim a ecoeficiência. Vale destacar que esses impactos permeiam todas as etapas da atividade produtiva, desde a extração de recursos (como a poluição das águas subterrâneas, devido à mineração ou agricultura), passando pela produção (como a degradação da terra, resíduos e emissões) e na fase pós-consumo (gerando resíduos e emissões) (UNEP, 2011b; SIMÕES, 2021).

**Figura 5** – Dois aspectos do *decoupling*



**Fonte:** UNEP (2011b, p. 05, tradução de SIMÕES, 2021, p. 121).

Em relação ao nível de manifestação desses aspectos, tem-se as noções de desacoplamento absoluto e relativo (OECD, 2002; SIMÕES, 2021). Essas interpretações têm como base o Índice de Desacoplamento (*Decoupling Index – DI*), criado pela UNEP (2011b) e expresso pela razão entre a variação na taxa de consumo de um determinado recurso (ou na taxa de produção de uma dada emissão de poluentes) e a mudança na taxa de crescimento econômico dentro de um determinado período de tempo (Equação 1):

$$DI = \frac{\Delta\% \text{parâmetro ambiental}}{\Delta\% \text{PIB}} \quad (1)$$

A análise da economia do ponto de vista da realização do *decoupling*, neste caso, deve considerar os cenários a seguir (UNEP, 2011b):

a) Economia cresce, isto é, a variação do PIB é positiva. Neste primeiro cenário (cenário de expansão econômica) quando:

a.1)  $DI < 0$  (negativo), tem-se um *decoupling* expansivo absoluto;

a.2)  $DI > 1$ , tem-se um acoplamento expansivo (aumenta-se a materialização da economia num cenário expansão econômica). É uma situação ruim do ponto de vista ambiental, mas boa do ponto de vista da economia;

a.3)  $0 < DI < 1$ , tem-se *decoupling* expansivo relativo.

b) Economia decresce (crescimento econômico negativo), isto é, a variação do PIB é negativa. Neste segundo cenário (cenário de recessão econômica), tem-se:

b.1)  $DI < 0$  (negativo), tem-se um acoplamento recessivo absoluto;

b.2)  $DI > 1$ , tem-se um *decoupling* recessivo (acontece a desmaterialização da economia num cenário de recessão econômica). É uma situação ruim do ponto de vista econômico, mas boa do ponto de vista ambiental;

b.3)  $0 < DI < 1$ , tem-se um acoplamento recessivo relativo.

c) Economia fica estagnada. Neste caso, não se pode calcular o DI. Mas, intuitivamente, pode-se dizer que se a variação do parâmetro ambiental é negativa, isto significa que está tendo um *decoupling*. Se a variação do parâmetro é positiva, isto significa que estão tendo um acoplamento. Neste cenário, é apenas absoluto.

A definição desse conceito teve como objetivo principal “quebrar o link entre os maus ambientais e os bens econômicos” (OECD, 2002, p. 01), apoiado por ações políticas que promovem inovações tecnológicas e governança ambiental. Ao fazer isso, os defensores do que foi chamado de “crescimento verde” consagraram, mais uma vez, a posição suprema da teoria neoclássica ambiental nos campos econômico, político e internacional.

Embora descartando a hipótese de um *decoupling* por maturação, do inglês “*decoupling through maturation*” (UNEP, 2014, p. 05) e incentivando um descasamento absoluto através do aumento intencional da produtividade dos recursos (“*decoupling through intentional resource productivity increase*” (UNEP, 2014, p. 05), a ideia e o desejo de um crescimento contínuo permaneceram intactos: “a maneira de estudar a dissociação *evoluiu*, assim, de um fenômeno seminatural para algo que pode ser trazido à existência por meio de intervenção política” (PARRIQUE *et al.*, 2019, p. 19, grifo nosso).

Todavia, conforme os adeptos do “decrecimento” ou “pós-crescimento”, a defesa da dissociação absoluta se parece mais com uma quimera do que uma realidade possível, visto que

uma expansão infinita da economia está fundamentalmente em desacordo com uma biosfera finita (DALY, 2007). Dito de outra forma e considerando um sistema econômico em seu agregado, não parece razoável aceitar a ideia de *decoupling* absoluto pelo simples fato de que não existe atividade econômica desmaterializada.

À vista disso, somente um *decoupling* relativo parece factível. Em termos empíricos, isso é ratificado por Raworth (2019) que, ao estudar alguns dados referentes às emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) - elemento-chave para enfrentar as mudanças climáticas - mostrou como muitos países com renda *per capita* elevada, como Austrália e Canadá, ainda não conseguiram alcançar um *decoupling* genuíno entre emissões de CO<sub>2</sub> e taxa de crescimento do PIB (levando em conta também as emissões embutidas nas importações) de 2000 até 2013. Outros países como Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos da América (EUA), mesmo tendo uma dissociação ente os indicadores produtivos e ambientais, segundo previsões, ela não está ocorrendo rápido o bastante. Além disso, alguns cientistas climáticos calculam que as emissões dos países de alta renda precisam cair numa taxa entre 8% e 10% ao ano para ajudar a trazer a economia global de volta para dentro dos limites planetários. Mas, na prática, elas vêm caindo no máximo 1% ou 2% ao ano, o que não configura uma dissociação absoluta eficiente (RAWORTH, 2019, p. 279).

É nesse contexto que esses autores apelam à suficiência e ao desacoplamento, não do uso de recursos ambientais e impactos em relação ao PIB, mas desse indicador monetário como uma medida de bem-estar. Ao mesmo tempo, busca-se um reacoplamento entre os objetivos do progresso humano e um ambiente saudável para um futuro sustentável. Nas palavras de Vaclav Smil<sup>29</sup>,

Sem uma biosfera em boa forma, não há vida no planeta. É muito simples. É tudo o que você precisa saber. Os economistas lhe dirão que podemos dissociar o crescimento do consumo material, mas isso é um absurdo total. As opções são bastante claras a partir da evidência histórica. Se você não administrar o declínio, então você sucumbe a ele e se foi. A melhor esperança é que você encontre alguma maneira de gerenciá-lo.<sup>30</sup> (WATTS, 2019, n. p., tradução nossa).

Para apoiar essas agendas de gestão, portanto, abordagens sistêmicas que unem as ciências naturais e sociais vêm sendo criadas, com destaque para pesquisa sociometabólica. O

<sup>29</sup> Vaclav Smil é professor emérito da Faculdade de Meio Ambiente da Universidade de Manitoba em Winnipeg, Canadá. Ao longo de mais de 40 anos, procurou estudar sobre a dinâmica histórica e relações entre meio ambiente, população, alimentos e energia. Atualmente, é considerado um dos maiores pensadores do mundo sobre a história do desenvolvimento e um mestre da análise estatística (WATTS, 2019).

<sup>30</sup> "Without a biosphere in a good shape, there is no life on the planet. It's very simple. That's all you need to know. The economists will tell you we can decouple growth from material consumption, but that is total nonsense. The options are quite clear from the historical evidence. If you don't manage decline, then you succumb to it and you are gone. The best hope is that you find some way to manage it."

marco conceitual do sociometabolismo e suas colaborações metodológicas trazem consigo uma visão integrada e em várias escalas dos fatores ecológicos, econômicos e de complexidade sistêmica, incluindo uma ampla gama de indicadores que buscam medir, analisar e modelar estoques e fluxos biofísicos, bem como os serviços que eles fornecem à sociedade (XU; ZHANG, 2007; FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2015; HABERL *et al.*, 2019).

Por sua importância para esta monografia, este tema é apresentado em maior profundidade no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 2: METABOLISMO SOCIOECONÔMICO: ASPECTOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS

O segundo capítulo desta monografia tem como propósito definir conceitualmente a abordagem do sociometabolismo e suas metodologias mais usuais. A premissa básica é que a análise do metabolismo social e econômico se encontra dentro da perspectiva mais ampla da Economia Ecológica. Diante disso, o capítulo divide-se em três tópicos: na primeira seção apresenta-se a definição consolidada do marco conceitual do sociometabolismo. Na sequência (tópico 2.2), discutem-se as premissas elementais da principal ferramenta metodológica e mais comumente usada na discussão do sociometabolismo. Finaliza-se com o tópico 2.3 apresentando-se e discutindo-se alguns trabalhos empíricos acerca da visão sociometabólica e da metodologia de Contabilidade de Fluxo de Materiais.

### 2.1. O marco conceitual do metabolismo social e econômico

A linha de pesquisa sociometabólica - ou sociometabolismo ou ainda metabolismo socioeconômico (MSE) – pode ser definida como “uma abordagem sistêmica para estudar as interações sociedade-natureza em diferentes escalas espaço-temporais.” (HABERL *et al.*, 2019, p. 02, tradução nossa).

Tal avaliação tem como pressupostos as noções de que o funcionamento dos sistemas socioeconômicos consiste em organizar com sucesso os fluxos de matéria e energia para a sua manutenção e expansão; de que existem limitações termodinâmicas a esses processos e, que os impactos sobre o meio ambiente são função da magnitude do sistema econômico (seu tamanho físico), bem como da natureza de seu crescimento (HABERL *et al.*, 2019).

Nesse sentido, ao evocar uma analogia organísmica, abordar o metabolismo de um sistema social significa olhar para sua economia em termos de estoques e fluxos biofísicos, mediante a diferentes escalas espaço-temporais. *Ipsa facto*, permite, de forma consistente, aproximar e integrar abordagens das ciências naturais e sociais ao desenvolvimento sustentável (FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2015; KRAUSMANN *et al.*, 2017).

A origem desse termo dentro das ciências sociais remonta às obras de Marx e Engels no século XIX, ao descreverem o processo trabalhista a partir da perspectiva de um metabolismo entre homem e natureza: “O processo de trabalho. . . é a ação humana com vistas à produção de valores de uso, apropriação de substâncias naturais para exigências humanas; é a condição necessária para efetuar a troca de matéria entre o homem e natureza, ...” (MARX; ENGELS, 1867, p. 183 apud FISCHER-KOWALSKI, 1998, p. 64). Embora tenha constituído leituras

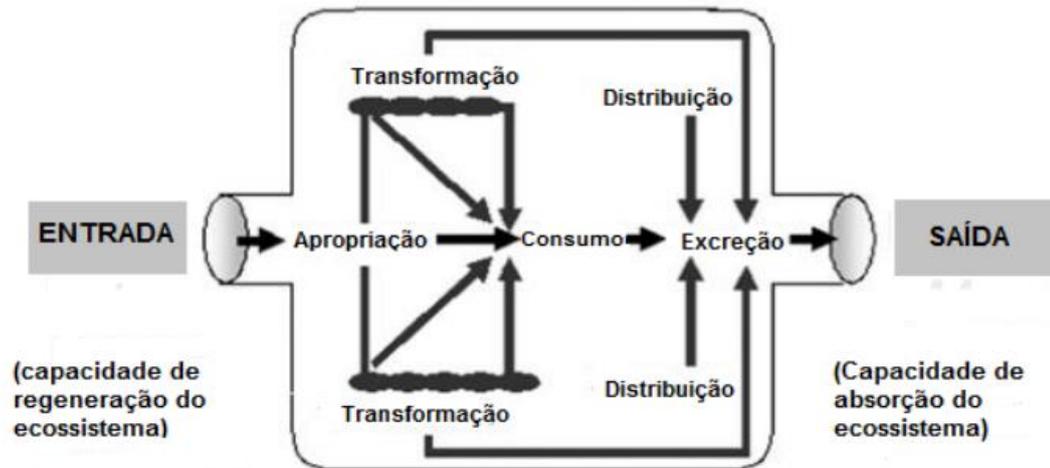
importantes à época, o uso dessa ideia manteve-se restrita a uma análise econômica e política do capitalismo, não tratando das consequências e outras características ecológicas (FISCHER-KOWALSKI, 1998; TOLEDO; DE MOLINA, 2007; OLIVEIRA; FRAGA, 2011; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019).

Dessa forma, a imagem de um metabolismo social permaneceu em estado latente até o fim da década de 1960, quando alguns autores procuraram ressignificar o conceito. Nesse movimento, ressalta-se os estudos de Ayres e Kneese (1969), que introduziram uma abordagem de equilíbrio material; Fischer-Kowalski e Weisz (1999) que avançaram na ligação com a teoria de sistemas; Krausmann *et al.* (2008) que investigaram a evolução e as transições dos regimes sociometabólicos ocorridos no curso da história humana e, mais recentemente Pauliuk e Hertwich (2016), como também Schandl *et al.* (2016), que têm usado a visão sociometabólica para criar modelos prospectivos e cenários de uso futuro de recursos (TOLEDO; DE MOLINA, 2007; KRAUSMANN *et al.*, 2017).

Outros dois trabalhos, em adicional, destacam-se na discussão do MSE. São eles: a pesquisa de Fischer-Kowalski e Hüttler (1999) que fizeram uma classificação da literatura sociometabólica, elencando-a em três subdivisões diferentes: 1<sup>a</sup>) socioeconômica (mais ligada às ciências sociais) ou ecossistêmica (mais ligada à perspectiva ecológica); 2<sup>a</sup>) nível de sistema (global, nacional, regional, funcional e temporal); e 3<sup>a</sup>) fluxos considerados (materiais, energia, substâncias) e o estudo de Toledo (2013), que analisa a ideia de metabolismo nas mudanças históricas a partir de duas dimensões: uma material, visível ou tangível, e outra imaterial, invisível ou intangível.

Sinteticamente, a esfera tangível do processo metabólico inicia-se quando os seres humanos agrupados socialmente apropriam-se de materiais e energias da natureza (*input*) e termina quando esses depositam resíduos nos espaços naturais (*output*). Entre esses dois fenômenos ocorrem ainda processos internos, de transformação, circulação e consumo (Figura 6).

**Figura 6 – O metabolismo social**



**Fonte:** TOLEDO (2013, p. 48, tradução de DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019, p. 132).

O ato de apropriação constitui a forma primária de troca entre meio ambiente e sociedade, em que os agentes sociais absorvem matéria, energia, água e serviços ecossistêmicos para se nutrirem, manterem e reproduzirem. Isso é sempre realizado por unidades de apropriação, ou seja, por um único indivíduo, família, comunidade, cooperativa ou empresa - estatal/privada (TOLEDO, 2013).

Por seu turno, o processo de transformação diz respeito às mudanças aplicadas aos recursos naturais, desde as formas mais simples (como o cozimento de alimentos) até as mais elaboradas (como a metalurgia, biotecnologia, nanotecnologia, etc.). Ao longo do tempo essa atividade tem se tornado cada vez mais complexa, com menor intensidade no uso de trabalho e maior em energia. Já a circulação surge a partir do momento em que a produção gera excedentes e, portanto, inaugura o fenômeno da troca econômica. Na medida em que a circulação aumenta sua eficiência, tanto em termos de volume quanto em relação à distância, associadas a melhorias de comunicação territoriais e financeiras, tem-se uma maior demanda de matéria e energia (TOLEDO, 2013).

O consumo está vinculado à satisfação das necessidades humanas e também às etapas anteriores. Esse é um dos fatores mais importantes da cadeia metabólica, dado que estimula e, até certo ponto, subordina os outros processos. “Todo o processo se inicia para (e a partir) da possibilidade de consumo final.” (DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019, p. 131).

Por fim, a excreção significa a ação pela qual a sociedade despeja matéria e energia na natureza (lixo, fumaça, gases, calor e substâncias). O ponto crucial dessa fase é considerar a

qualidade do resíduo (se é reciclável ou não) e a quantidade dos dejetos (se excede ou não a capacidade regenerativa/de resiliência dos ecossistemas).

No que tange à dimensão intangível, Toledo (2013) defende que essa funciona como estruturas para que os demais processos tangíveis do metabolismo ocorram e, por isso, não deve ser negligenciada nos exames sociometabólicos. Essa instância abrange todos os elementos não materiais que possibilitam, regulam, dão sentido e explicam as relações sociais (crenças, imaginações, regras, linguagem, conhecimentos, modos de governo, formas de propriedade, etc.) e, conseqüentemente, os processos metabólicos e suas articulações internas. Além do mais, essas “molduras” formam uma unidade-totalidade, que se transforma ao longo do tempo, colapsando ou desorganizando, reconstruindo ou ossificando, tornando-se estacionária ou instável (TOLEDO, 2013; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019).

Nessa perspectiva, os sistemas sociais tornam-se um produto híbrido das relações biofísicas e dos sistemas simbólicos moldados por discursos, relações de poder e fluxos monetários que estão sujeitos à organização. É por isso que, na abordagem do MSE, as análises devem considerar as dimensões cognitivas, simbólicas, institucionais, jurídicas, tecnológicas, entre outras, auxiliando, assim, na compreensão de como, sob diferentes sistemas de organização socioeconômica, as sociedades decidem como se relacionarem com a natureza (TOLEDO, 2013; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019; HABERL *et al.*, 2019).

A despeito das distintas apropriações do conceito de metabolismo, é certo que o MSE é um valioso modelo de investigação dos problemas mais aflitivos da contemporaneidade, na medida em que permite um balanço consistente das relações entre processos naturais e socioeconômicos por uma perspectiva integrativa, intertemporal e pluridimensional, algo frequentemente ausente nas abordagens dominantes. Além disso, os indicadores que emergem dessa análise podem ser utilizados como parâmetros para a mensuração da escala econômico-ecológica; indicar tendências de materialização ou desmaterialização da economia; compreender as trajetórias de (in)sustentabilidade(s) de uma sociedade em uma determinada época e, assim, estabelecer critérios claros e necessários para a operacionalização e estabelecimento de estratégias e políticas públicas que proporcionam um factível desenvolvimento sustentável (FISCHER-KOWALSKI, 1998; TOLEDO; DE MOLINA, 2007; OLIVEIRA; FRAGA, 2011; TOLEDO, 2013; FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2015; KRAUSMANN *et al.*, 2017; HABERL *et al.*, 2019).

Atualmente, os princípios do MSE têm sido incorporados nos módulos macroeconômicos dos modelos de avaliação sistêmica, criando uma série de ferramentas e

indicadores empíricos capazes de fornecer uma base robusta para o monitoramento dos fluxos biofísicos em vários cenários. No Quadro 1 estão apresentados os métodos mais utilizados (INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017).

**Quadro 1** – Metodologias utilizadas direta ou indiretamente em estudos de metabolismo social

Âmbito de análise	Metodologia
Análises Energéticas	Contabilidade de Fluxo de Energia (EFA) Balanços de energia EROI ( <i>Energy Return on Investment</i> ) MuSIASEM Análise do Ciclo de Vida (LCA)
Análises de materiais	Contabilidade de Fluxo de Materiais (CFA) Apropriação Humana da Produção Primária Líquida (HANPP) Entrada de Materiais por Unidade de Serviço (MIPS)
Substâncias	Contabilidade de Fluxo de Substâncias (SFA)
Território	Pegada ecológica Terra virtual LACAs ( <i>Land Cost of Agrarian Sustainability</i> )
Outros	Balanços de carbono Água Virtual Metabolismo Hídrico Balanços de nutrientes

Fonte: INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO (2017, p. 137, tradução nossa).

Cada uma dessas metodologias está ancorada em um conjunto de tradições de pesquisa, com diferentes questões e âmbitos de estudo. Entretanto, no que se refere à análise de fluxo de materiais, especialmente para tendências quantitativas de escala agregada, o método da Contabilidade de Fluxo de Materiais (CFA ou EW-MFA - *Economy-Wide Material Flow Accounting and Analysis* - ou ainda, MEFA - *Material and Energy Flow Analysis*) tende a ser o mais operacional. O seu resultado mais bem-sucedido e que permitiu sua padronização e consolidação enquanto corpo de pesquisa empírica tem origem na publicação de um guia metodológico pelo Eurostat (2001), o qual, posteriormente, acabou se tornando uma referência obrigatória para pesquisadores e agências estatísticas oficiais (FISCHER-KOWALSKI *et al.*, 2011; INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017; HABERL *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, o MFA também tem sido amplamente utilizado por instituições internacionais com vistas a conhecer as possibilidades de uso eficiente e sustentável dos recursos. Como afirma o Relatório do PNUMA (UNEP, 2011b, p. 07, tradução nossa) “Assim, ele [o MFA] produz dados que suportam uma análise da dissociação da atividade econômica do uso de recursos materiais” (“*Thus it yields data that support an analysis of decoupling of economic activity from material resource use.*”).

## 2.2. A metodologia MFA

A contabilidade de fluxo de materiais pode ser definida como o estudo de fluxos de matérias em escala global, nacional, regional, industrial e até por domicílios, tendo como objetivo rastrear, por meio de indicadores, o fluxo material das ações antrópicas no meio ambiente, fundamentais para o planejamento, previsão, gestão e avaliação das atividades econômicas (KRAUSMANN *et al.*, 2017; DOS SANTOS ARAÚJO, 2019; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019; HABERL *et al.*, 2019).

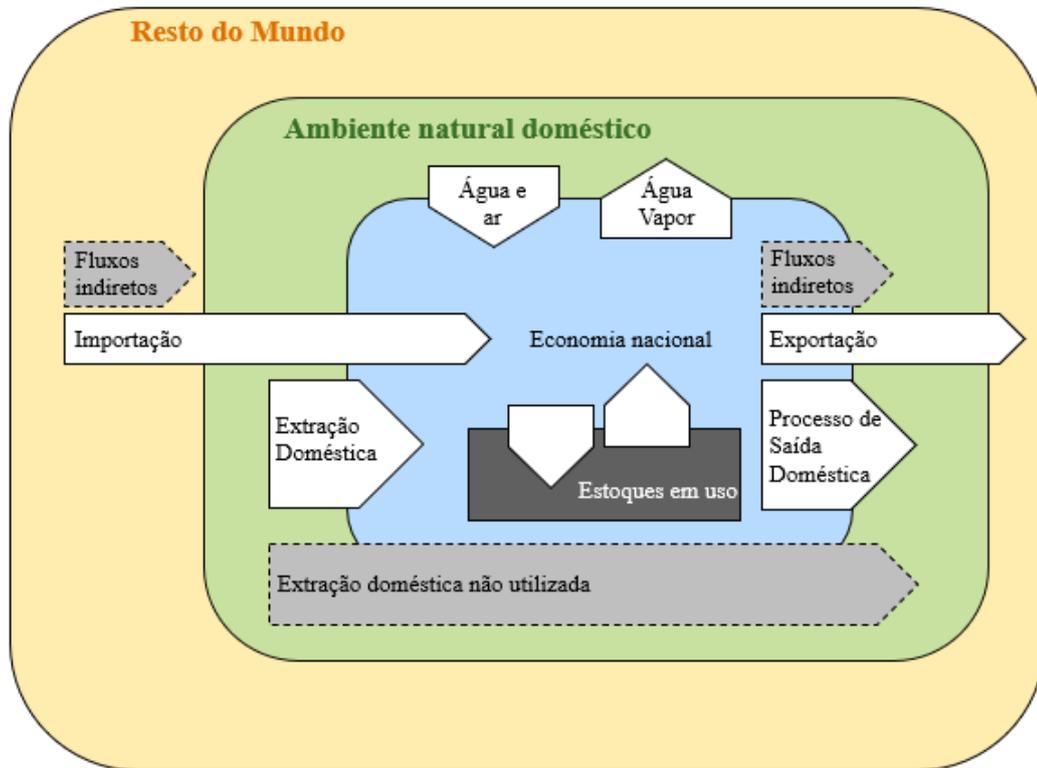
O desenvolvimento do MFA baseou-se nas propostas de Ayres e Kneese (1969), que, em contraposição às perspectivas puramente monetárias da economia, buscaram reivindicar uma não linearidade das relações socioecológicas. Segundo esses autores, a economia tal como se apresenta nos manuais neoclássicos está em desacordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, uma vez que negligencia os valores dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas (INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017; KRAUSMANN *et al.*, 2017; DOS SANTOS ARAÚJO, 2019; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019; HABERL *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva e, contando com o aperfeiçoamento de grupos de pesquisas austríacos, alemães e japoneses<sup>31</sup> no fim da década de 1990, essa metodologia do MFA surgiu, tendo como princípio a Regra do Balanceamento de Massas (conforme a 1ª Lei da Termodinâmica), em que a entrada de material em um sistema deve sempre igualar a saída, considerando também a acumulação líquida de material (isto é, as mudanças de estoque) (INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017; KRAUSMANN *et al.*, 2017; DOS SANTOS ARAÚJO, 2019; HABERL *et al.*, 2019).

---

<sup>31</sup> Nota-se a colaboração do Instituto Nacional de Estudos Ambientais (NIES) do Japão, Wuppertal Institute (WI) da Alemanha e do Instituto de Ecologia Social (SEC), na Áustria (INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017).

**Figura 7** – Estrutura contábil para os fluxos de materiais em toda a economia



**Fonte:** FISCHER-KOWALSKI *et al.* (2011, p. 06, adaptação de KRAUSMANN *et al.*, 2017, p. 651, tradução nossa).

A Figura 7 apresenta um modelo simples dessa inter-relação, no qual a economia de um país é um subsistema embutido do meio ambiente. Semelhante aos seres vivos, este subsistema é dependente de um fluxo constante de materiais e energia. Matérias-primas, água e ar são extraídos do sistema natural como insumos, transformados em produtos e finalmente retransmitidos ao sistema natural como saídas (resíduos e emissões). O total de insumos dos sistemas naturais na economia deve, por definição, ser igual ao total de produtos mais a acumulação líquida de materiais no sistema socioeconômico. Portanto, a coleta de informações sobre o consumo de material humano é importante, pois muitos dos problemas ambientais mais prementes da atualidade, como mudanças climáticas, perda de biodiversidade ou escassez de água, estão diretamente ligados à escala do rendimento material.

Além disso, em um mundo cada vez mais interconectado e complexo é possível que haja um descolamento de produção e consumo em termos geográficos, de modo que a transferência de matérias-primas de países com recursos abundantes para países com recursos escassos torna-se um padrão. Como resultado, o consumo doméstico de um país transforma-se o ponto final de um grande número de longas cadeias de suprimentos internacionais e intrincadas.

Diante disso, ao concentrar-se na dimensão material do metabolismo social, a estrutura do MFA fornece compilações consistentes das entradas (nacionais), saídas (internacionais e para o ecossistema) e das mudanças de estoque material do sistema econômico. Engendra também uma série de indicadores e parâmetros sobre toda a cadeia de fluxo: desde a extração de matéria-prima até a geração de resíduos. Tais medidas quantitativas apontam, informam sobre e descrevem a composição e as características da estrutura física dos sistemas socioeconômico, constituindo-se, desse modo, como *proxies* de pressão e de potencial impacto ambiental (TOLEDO, 2013; INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017; DOS SANTOS ARAÚJO, 2019).

Uma lista desses indicadores pode ser visualizada no Quadro 2:

**Quadro 2** – Principais fluxos materiais e indicadores derivados da análise MFA

<b>Tipo</b>	<b>Sigla*</b>	<b>Nome e Identificação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Entradas (Input)</b>	DE	Extração Doméstica	Uso socioeconômico de materiais extraídos domesticamente
	UDE	Extração doméstica não utilizada	Uso socioeconômico de materiais extraídos domesticamente e armazenados
	DMI	Entrada Direta de Material (DE+ material importado)	Materiais que entram na produção nacional e no processo produtivo
	TMR	Exigência total de Material (DMI+ UDE+ Material indireto**)	Total de materiais consumidos no processo produtivo (incluindo os armazenados)
<b>Trocas comerciais</b>	PTB	Balança comercial (Importação - Exportação)	Balança comercial física***
	RME <sub>export</sub> e RME <sub>import</sub>	Fluxo comercial de matérias-primas (fluxos de comércio direto + uso de material)	Incorporação de matéria-prima (exportada ou importada)
<b>Saídas (Outputs)</b>	DPO	Processo de saída doméstica	Materiais liberados para o ambiente doméstico sob a forma de resíduos, emissões, ou produção intencional (Fertilizantes, refulgos industriais, etc.)
<b>Consumo</b>	DMC	Consumo doméstico material (DE+PTB)	Materiais utilizado na economia nacional (perspectiva de produção). O indicador DMC <i>per capita</i> também é conhecido como taxa metabólica
	MF ou RMC	“pegada” material ou consumo de matéria-prima	Total de material utilizado no consumo doméstico (perspectiva de consumo)*****
<b>Estoque</b>	NAS	Adições líquidas de estoque	Crescimento anual de estoques
	MS	Estoque de material	Estoque acumulado, na forma material
<b>Produtividade</b>	MP	Produtividade material ou produtividade de recursos (Ex.: PIB****/DMC)	Valor adicionado produzido por unidade de consumo de material doméstico
	MI	Intensidade de Material (DMC/PIB)	Material utilizado por unidade de PIB

**Fonte:** KRAUSMANN *et al.* (2017, p. 653, tradução de DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019, p. 143).

Notas: \*As siglas refletem a nomenclatura em inglês; \*\*Refere-se aos materiais que são movidos ou extraídos da ecossfera terrestre sem a intenção de serem utilizados; \*\*\*Na balança comercial física, se as exportações são maiores que importações, significa que o país é um fornecedor líquido de recursos. Na situação contrária (importações maiores que exportações), o país é um recebedor líquido de recursos. \*\*\*\* Produto Interno Bruto. \*\*\*\*\*A principal vantagem de se analisar a pegada material (MF) em relação ao DMC está no fato de que o MF inclui os fluxos ocultos materiais de uma economia.

As contas padrão da CFA distinguem até 70 grupos de materiais, que geralmente são subdivididos em quatro grupo de materiais:

- i) *Biomassa*: corresponde ao conjunto de material orgânico não fóssil de origem biológica necessário para a produção humana, pastagens, silvicultura e pesca;
- ii) *Combustíveis fósseis*: compreende todos os materiais formados a partir da biomassa no passado geológico e seus derivados, tais como o carvão, petróleo bruto, gás natural, e produtos fabricados a partir de combustíveis fósseis, como plásticos e borracha sintética;
- iii) *Minerais metálicos*: corresponde a classe de minerais metálicos e os produtos fabricados a partir deles, como ferro, alumínio e cobre, comumente utilizados nas indústrias siderúrgicas e metalúrgicas;
- iv) *Minerais não metálicos*: abrange os minerais que não contêm metal em sua composição, classificados em: materiais de construção, matérias primas de fertilizantes e minerais industriais. Podem estar tanto na forma primária (por exemplo, areia, cascalhos, pedras, calcário) quanto processados (como vidro, cimento, concreto, entre outros).

É válido ressaltar também que fluxos a granel de água e o ar (como mudanças no teor de umidade de materiais e processos de oxidação) não são contabilizados no MFA (KRAUSMANN *et al.*, 2017; DOS SANTOS ARAÚJO, 2019; UNEP, 2021).

As vantagens de se utilizar essa ferramenta está na sua capacidade de simplificação do processo de comunicação, permitindo a construção de indicadores e índices a partir de dados básicos. Em adição, possibilita aferir o MSE, fornecendo bancos de dados abrangentes e consistentes com a tradição das contas nacionais e que podem, ainda, ser combinados com investigações monetárias, sociais, políticas e institucionais (DOS SANTOS ARAÚJO, 2019; DOS SANTOS ARAÚJO; ANDRADE; DE SOUZA, 2019; HABERL *et al.*, 2019).

Por outro lado, algumas limitações também devem ser consideradas, haja vista que o método do MFA opera por alguns fluxos que não são cobertos pelas estatísticas de produção e comércio, de modo que precisam ser estimados. Nesse contexto, estudar o uso de materiais por

uma economia pode ser muito complexo, principalmente no longo prazo. Ademais, essa técnica tem amplamente negligenciado processos diretos de resíduos e emissões no aspecto de saída (*outputs*), apresentando poucos avanços consistentes de contabilização em detrimento aos fluxos de entrada (EUROSTAT, 2013; LUTTER; GILJUM; BRUCKNER, 2016; INFANTE-AMATE; DE MOLINA; TOLEDO, 2017; KANDER *et al.*, 2017; KRAUSMANN *et al.*, 2017).

### **2.3. Dinâmica sociometabólica e (des)materialização: evidências empíricas**

Como já apresentado no primeiro capítulo, a eficiência no uso de matéria e energia é um objetivo perseguido pela estratégia do crescimento verde. Neste contexto, vários estudos empíricos vêm sendo feitos com vistas a fazer um acompanhamento da transição metabólica nos espaços geográficos, utilizando-se, principalmente, do aparato metodológico do MFA (HABERL *et al.*, 2020).

Conhecer esses padrões e tendências ganham cada vez mais relevância, dada a aceleração do uso de materiais bióticos e abióticos nas quatro últimas décadas. Conforme o Relatório do PNUMA de 2016, particularmente desde o início do século XX, a extração de materiais tem se intensificado de maneira nunca antes vista, ao mesmo tempo em que as taxas populacionais e de crescimento econômico têm reduzido. E, considerando o fato de que a humanidade não realizou plenamente a passagem agrária-industrial, torna-se urgente uma transição para um metabolismo industrial mais sustentável com níveis de uso material significativamente mais baixos.

Nesse sentido, Krausmann *et al.* (2009), ao examinarem múltiplas estatísticas materiais pelo método da contabilidade de fluxo de materiais entre 1900 e 2005, concluíram que durante o século passado o uso global de materiais aumentou oito vezes, especialmente no período pós II guerra, tendo como principais impulsionadores o crescimento populacional e econômico. No entanto, a partir da década de 1970, essa trajetória material se modificou reduzindo acentuadamente e estabilizando-se em um nível alto. Para os autores, ampliando a análise para uma perspectiva centenária, essa trajetória final resultou de um aumento no uso de materiais em um ritmo mais lento do que a economia, mas mais rápido do que a população, tendo como consequência a redução da intensidade material e uma elevação da taxa metabólica mundial (o DMC *per capita* dobrou de 4,6 t/ano para 10,3 t/ano). Dessa forma, o século passado teve como característica uma desmaterialização relativa da atividade econômica, mas que não se traduziu em redução do uso de materiais.

De acordo com Dominik *et al.* (2013), ainda, esse percurso nas economias industrializadas teve como pano de fundo o que eles chamaram de “síndrome dos anos 1970”. Isto é, foi efeito de uma combinação de fatores, alguns precisos, outros não tão exatos. Dentre aqueles que podem ser denotados, tem-se o declínio da importância da indústria em detrimento às economias de serviços; aumento da tecnologia da informação e comunicação; efeitos de eficiência e saturação no consumo, bem como o aumento da dependência das importações.

Com o objetivo de atualizar a avaliação do metabolismo social global, Krausmann *et al.* (2017) também estudaram a trajetória do consumo (DMC) e da produtividade material (MP) entre as décadas de 1980 a 2010, concluindo que um desacoplamento absoluto ainda se apresenta como um grande desafio para a humanidade. Segundo esses autores, embora uma dissociação relativa entre o PIB mundial e o uso de matérias tenha ocorrido no século XX, a partir de 2002 essa relação desapareceu - produtividade material (MP) diminuiu a uma taxa média de 1,3% a.a., levando nos dias atuais a economia mundial a uma condição de rematerialização. Entre as principais razões para esse fenômeno estão a rápida transição industrial e urbana no Sul Global e as mudanças da atividade econômica de nações muito eficientes, como o Japão e a territórios da União Europeia, para países menos eficientes em termos de recursos e com níveis crescentes de consumo *per capita* (como China e Sudeste Asiático). Segundo os especialistas, esse fenômeno requer grandes quantidades de materiais e energia para construir infraestrutura de habitação, energia e transporte nas economias emergentes.

Nessa mesma linha de pensamento, Plank *et al.* (2018) defendem que o aumento do comércio internacional e do consumo, bem como o surgimento das cadeias globais de valor atuaram como forças motrizes socioeconômicas do consumo global de matérias-primas (MF). Ao aplicarem uma análise de decomposição estrutural das mudanças no DMC e do MF de 1990-2010, utilizando o modelo Eora Multi-Regional-Input-Output (MRIO), os autores mostram que o comércio internacional contribuiu em 30% para o crescimento global da pegada material entre 1990 e 2010, com os maiores efeitos ocorrendo no grupo de minerais não metálicos (aumentaram 56% durante os 20 anos de observação). Isso se deve à crescente contribuição de economias menos eficientes em termos de materiais para a produção global. À luz dessas ideias, os autores discutem, ainda, como os países ricos desempenham um papel importante na condução do uso de materiais globais, uma vez que, por meio de mudanças em suas estruturas comerciais transferem cada vez mais os processos de produção para fornecedores de insumos menos eficientes em termos de materiais. E mesmo observando um intenso aumento no consumo de materiais das economias emergentes, esse não diminuiu o papel dos países

industrializados como impulsionadores do crescimento global do MF, já que na verdade permanecem profundamente ancorados em uma base material subjacente.

Wu *et al.* (2019) também fizeram uma análise para compreender a dinâmica material para 157 países em todo o mundo durante 1980-2011, identificando acima de tudo a relação entre recessão e desmaterialização. Por meio de uma revisão bibliográfica, os autores mostraram que os efeitos da recessão diferem dependendo fase de “desenvolvimento” e do perfil metabólico do país: i) dívida alta (e baixo investimento estrangeiro concomitante) favorece quebras cambiais e crise econômica em países pobres; ii) nos países mais ricos, as contrações de crédito e as quedas nos preços dos ativos tendem a acompanhar longos e profundos períodos de recessão; iii) a dívida pública elevada e os sistemas bancários “frágeis” tendem a preceder recessões mais profundas e; iv) a relação entre recessão e os fluxos de materiais dependem do tipo de material, tendo a biomassa um acoplamento mais fraco com o crescimento econômico e os combustíveis fósseis mais fortes. Ademais, ao utilizarem a contabilidade do fluxo de materiais e o método de momentos generalizado do sistema, a pesquisa encontrou uma trajetória material global crescente, intermitentemente interrompida por períodos (curtos) de estagnação ou crescimento mais lento após os picos do preço do petróleo (1979 e 1988) e crise econômica (2007). Para economias não extrativistas ainda, as crises tiveram impacto significativo na balança física comercial, em virtude de dois motivos: a recessão enfraquece as capacidades de importação e estimula as exportações para melhorar a economia.

A conclusão foi que a desmaterialização decorreu mais de períodos de baixo crescimento/ depressão econômica do que em função da consciência ambiental, políticas, legislações ou mudanças no consumo. Não obstante, notou-se que os indicadores socioeconômicos também desempenham papéis importantes na explicação dos fluxos de materiais, tendo a população e o PIB como fatores impulsionadores de demanda material e os avanços tecnológicos, motivadores de eficiência material a nível mundial.

Em termos regionais, Schandl e West (2010) investigaram padrões no uso de materiais e a eficiência de recursos na Ásia-Pacífico e suas sub-regiões durante o período 1970-2005, expondo que esta parte do globo se tornou o maior usuário individual de materiais em nível mundial, ao mesmo tempo que reduziram a eficiência no uso dos mesmos. E esse aumento foi tão significativo que essa menor eficiência dos recursos levou a uma diminuição na eficiência dos recursos globais pela primeira vez em um século. Essa aceleração foi impulsionada particularmente pelo rápido crescimento da demanda por matérias-primas na China em seu processo de industrialização e urbanização. Ademais, eles argumentam que os avanços tecnológicos não foram capazes de moderar o crescimento do uso de matérias na extensão

esperada, de modo que os efeitos do crescimento da renda *per capita* se sobressaíram frente à influência da população e da tecnologia. É possível que no médio e longo isto possa comprometer a competitividade, a segurança de recursos e a redução da pobreza na região.

Os mesmos autores também estudaram os perfis sociometabólicos da América Latina e Caribe entre 1970-2008. Os dados obtidos apontaram para um rápido crescimento das exportações líquidas de materiais primários e do consumo doméstico de materiais (DMC apresentou uma taxa de crescimento composta de 3, 4% a.a.). Simultaneamente, verificou-se uma menor eficiência na conversão dos recursos extraídos em renda nacional, dado seu caminho de desenvolvimento alicerçado principalmente na exportação de recursos primários. Do ponto de vista dos *drivers* do uso material, o crescimento populacional e o aumento da renda *per capita* fizeram contribuições amplamente comparáveis à expansão do DMC e a mudança tecnológica não moderou a dinâmica de crescimento.

Como o estudo foi feito com base no indicador de consumo doméstico de material (DMC), West e Schandl (2013) advertem que existe a possibilidade de que a intensidade material da região seja artificialmente alta (porque uma grande fração da substância ou serviço de valor incorporado nos materiais primários produzidos é realmente consumida fora da região, enquanto os resíduos e emissões associados permanecem), mas que, de maneira geral para se garantir um futuro próspero e sustentável para os países latino-americanos, a opção mais segura seria garantir maior eficiência material, *verbi gratia*, via ascensão das atividades produtivas da região na cadeia de agregação de valor das *commodities*, o que também proporcionaria uma menor vulnerabilidade aos choques externos. Por fim, a tendência de aumento da intensidade material observada para a região como um todo também ocorreu em países individuais, como o Brasil e o Peru (WEST; SCHANDL, 2013).

Em nível nacional, entretanto, os resultados são mais díspares. No caso da China, por exemplo, Xu e Zhang (2007) compilaram as contas de fluxo de material e indicadores associados durante a série temporal de 1990 a 2002. Os dados revelaram que o crescimento da demanda material e dos resíduos gerados coincidiram com o aumento do PIB (alguns crescendo mais rápido que o produto), não havendo, portanto, dissociação da atividade produtiva em relação à base material no período, exceto para os anos de 1998 e 1999. Este último fato pode ser explicado pelas ações de contenção inflacionária que, por vezes, freou a política expansionista do governo. Ademais, verificou-se que, nesses doze anos, o crescimento chinês exigiu uma enorme quantidade de recursos naturais que, por sua vez, conduziram ao aumento dos resíduos e emissões.

Nesse sentido, a conclusão obtida foi que os indicadores chineses de dimensão física mostraram-se sensíveis às diferentes macropolíticas implementadas pelo governo central, em específico, o Oitavo (1991-1995), Nono (1996-2000) e Décimo (2001-2005) Planos Quinquenais para o Desenvolvimento Econômico e Social Nacional; mais do que aos indicadores monetários (como o PIB, que foi crescente em todo o período). O resultado foi uma tendência trifásica da eficiência econômica-ecológica: observou-se primeiro um movimento de elevação do consumo material em virtude da construção de infraestruturas e indústrias fundamentais, seguido por uma fase transitória de redução do uso material em 1998/99 em função dos esforços de restrição inflacionária. Por fim, houve um retorno expansivo da demanda material a partir de 2000, fruto da crescente urbanização e expansão do mercado interno. Alguns estudos mais recentes exibem ainda que na década inicial do século XXI a ecoeficiência chinesa (DMI/PIB) não apresentou melhorias consideráveis, apenas flutuou em torno de uma linha plana (ZHAO, 2017).

Gierlinger e Krausmann (2012) traçaram a rota dos fluxos metabólicos para os Estados Unidos, entre 1870 e 2005. Sinteticamente, entre 1870 e 2005 verificou-se *a priori* um desenvolvimento da economia física padrão, característico de uma transição sociometabólica: crescimento maciço tanto da extração quanto do comércio de materiais, como também uma mudança do domínio da biomassa renovável para materiais fósseis e minerais e uma multiplicação das taxas metabólicas. Todavia, ao contrário da maioria dos outros países industrializados, o DMC total não se estabilizou, mas continuou a crescer (aumentou 18 vezes em todo o período). A economia norte-americana em 2005 ainda apresentava uma massiva dependência material e energética (habitado por cerca de 5% da população mundial, os EUA utilizavam cerca de um quinto do fornecimento global de energia primária e 15% de todos os materiais extraídos na Terra), além do incremento constante na taxa metabólica nacional.

Nesse sentido, mesmo observando ganhos de eficiência, os pesquisadores defendem que não houve desmaterialização em grau que tenha significado ambiental, visto que todas as economias de recursos foram compensadas pelo aumento da demanda induzida por preços em declínio e renda crescente (efeito rebote). Para além disso, essa realidade pode ser explicada ainda por diferentes fatores subjacentes, tais como o estilo de vida americano (“*american way of life*”), as infraestruturas, assentamentos e padrões de mobilidade historicamente intensivo em materiais, que evoluíram ao longo da industrialização como um resultado de fatores biogeográficos, recursos abundantes e queda nos preços de matérias-primas. Finalmente, verificou-se um declínio temporário no DE e DMC em todos os períodos de rupturas

econômicas ou recessão e, nos últimos anos da análise, uma desmaterialização relativa, fruto da mudança de produtos para serviços na economia.

Andrade, de Mendonça e Romeiro (2018) buscaram conhecer o perfil sociometabólico e a eficiência material do Brasil entre 1970 e 2008. Utilizando-se da análise de contabilidade de fluxo, os resultados apontaram para um forte incremento do consumo doméstico de materiais (crescimento médio anual do DMC foi 3,54% a.a.) e uma tendência de redução da eficiência na economia brasileira, especialmente a partir de 2005 (para cada aumento de 1% no PIB, o DMC crescia em 1,3881%). Ademais, verificou-se um aumento expressivo da taxa metabólica que superou o crescimento da taxa de intensidade material, indicando a presença de tecnologias mais ecoeficientes, mesmo que não suficientes para conter a redução geral da eficiência material e energética.

Por outro lado, Lee *et al.* (2014) e Martinico-Perez *et al.* (2018) evidenciaram a existência de experiências locais de desmaterialização. Respectivamente, dados descritivos da Coreia do Sul (2000-2010) e da Filipinas (1980-2014) indicam uma redução do consumo material ao mesmo tempo em que se eleva o Produto Interno Bruto (*decoupling* absoluto). Conforme os autores, a trajetória de dissociação absoluta no leste da Ásia aconteceu em função das políticas de gerenciamento de recursos adotadas, enquanto o aumento da eficiência relativa no sudeste asiático justificou-se pelo crescimento do setor de serviços, uma maior eficiência de materiais na indústria e melhorias tecnológicas.

No conjunto dessas avaliações (um resumo pode ser verificado no Quadro 3), portanto, é possível compreender que além dos dados de séries temporais para uso de materiais disponíveis, é possível realizar análises históricas sobre o desenvolvimento de certas pressões ambientais para determinados países ou para a economia mundial, além de ser possível analisar se determinada região está se tornando mais ou menos sustentável. Embora existam heterogeneidades entre as estratégias, a literatura revisada corrobora as expectativas do metabolismo social de que as interações sistêmicas no uso de recursos são crucialmente importantes no estudo do desenvolvimento sustentável.

**Quadro 3** – Resumo da revisão bibliográfica empírica sobre o método MFA

Referência	Referência espacial	Período	Indicadores ambientais	Método (s)	Principais conclusões
Xu e Zhang (2007)	China	1990-2002	DMI; TMR; DE; UDE; DPO; PTB; NAS; DMC; PIB/TMR; DMC/PIB	MFA (descritivo)	A eficiência do material exibiu uma tendência trifásica, como efeito das diferentes macropolíticas governamentais. Não há dissociação do uso material e crescimento econômico.
Krausmann <i>et al.</i> (2009),	Global	1900-2005	DMC	MFA (descritivo)	Durante o século XX, o uso global de materiais aumentou 8 vezes, em um ritmo mais lento do que a economia global, mas mais rápido do que a população mundial. A intensidade de materiais diminuiu, enquanto o uso de materiais <i>per capita</i> dobrou de 4,6 para 10,3 t/cap/ano.
Schandl e West (2010)	Ásia-Pacífico	1970-2005	DMC; DE; PTB; MI	MFA (descritivo) e modelo IPAT	Países da Ásia tornaram-se os maiores consumidores mundiais de materiais ao mesmo tempo que reduziram a eficiência no uso material. A participação da região no uso total de recursos levou a uma diminuição na eficiência dos recursos globais. O aumento da renda <i>per capita</i> contribuiu mais fortemente para o crescimento do DMC do que o crescimento da população. A tecnologia não moderou o crescimento do uso de materiais na extensão esperada.
Gierlinger e Krausmann (2012)	Estados Unidos	1870-2005	DE; DMC; PTB; MI	MFA (descritivo)	O DMC aumentou 18 vezes e a balança física de biomassa renovável passou a ser majoritariamente formada por recursos minerais e fósseis. Todos os períodos de rupturas econômicas ou recessão apareceram como um declínio temporário no DE e DMC. Há melhorias no IM. Apesar disso não houve <i>decoupling</i> de recursos. A recente mudança de produtos para serviços na economia contribuiu apenas para a desmaterialização relativa.
Dominik <i>et al.</i> (2013)	Países industrializados (Reino Unido, Áustria, EUA, Japão, França, Alemanha, Itália, Países baixos, Suécia e URSS)	Para a análise do DEC: 1945-2000; Para a análise do DMC: 1945-fim da década de 1990 e início de 2000 (data final disponível para cada território)	DEC ( <i>Domestic Energy Consumption</i> ); DMC	MFA (descritivo); ARMA	Estabilização em nível alto da DEC e do DMC <i>per capita</i> no início dos anos 1970 e ao fim dos anos 1990, após duas décadas e meia de rápido crescimento. A maioria das mudanças empíricas na tendência coincide com as crises do preço do petróleo de 1973 e 1979.

West e Schandl (2013)	América Latina e Caribe	1980-2008	DE; DMC; PTB; MI	MFA (descritivo) e modelo IPAT	Crescimento do DMC e exportações líquidas de materiais primários. A DE tornou menos eficiente na conversão dos recursos em renda nacional. O crescimento populacional e o aumento da renda <i>per capita</i> contribuíram para o aumento do DMC. Tendência de aumento da intensidade material (MI) para a região e em países individuais.
Lee <i>et al.</i> (2014)	Coreia do Sul	2000-2010	DMC	MFA (descritivo)	Desacoplamento absoluto (DMC aumentou 8%; PIB > 50% e a produtividade cresceu 38,9%). Para os autores, isso resultou de políticas de gerenciamento de recursos.
Krausmann <i>et al.</i> (2017)	Global	1980-2010	DMC, MF, MP	MFA (descritivo)	Dissociação relativa até 2002. Atualmente, há rematerialização devido à rápida transição industrial e urbana no Sul Global e a mudanças da atividade econômica para países com menor eficiência material.
Zhao (2017)	China	1978-2008	DMI; PIB/DMI (indicador de ecoeficiência)	MFA (descritivo)	A ecoeficiência material melhorou entre 1978 e 2000, mas flutuou em uma linha plana desde então.
Andrade, de Mendonça e Romeiro (2018)	Brasil	1970-2008	DMC; MI; Taxa metabólica	MFA (descritivo) e Série Temporal Econométrica	Forte incremento do fluxo de materiais (crescimento médio anual do DMC foi 3,54% a.a.). A taxa metabólica teve crescimento acumulado aproximado de 138%. Constatou-se uma rematerialização recente da economia (a partir de 2005, para cada aumento de 1% no PIB, o DMC cresce em 1,3881%).
Martinico-Perez <i>et al.</i> (2018)	Filipinas	1980-2014	DMC	MFA (descritivo)	Dissociação relativa (DMC cresce 0,5% ano menos que o PIB e a MI continua a diminuir enquanto o PIB aumenta). Entre as razões para isso os autores destacam o crescimento do setor de serviços, maior eficiência de materiais da indústria e melhorias tecnológicas.
Plank <i>et al.</i> (2018)	Global e 9 regiões (Europa Ocidental; Leste e Sudeste da Europa; América do Norte; América Latina e Caribe; Norte da África e Oeste da Ásia; Leste e centro Ásia; Sudeste da Ásia; África Subsaariana; Oceania e Austrália)	1990-2010	DMC; MF	MFA Análise de decomposição estrutural (SDA), utilizando o modelo Eora Multi-Regional-Input-Output (MRIO)	Verificou-se que as mudanças nos padrões de comércio internacional contribuíram significativamente para o aumento do MF global, principalmente em função da crescente contribuição de economias menos eficientes em termos de materiais para a produção global. Tem-se um desacoplamento relativo do DMC com o PIB, mas o MF cresce.
Wu <i>et al.</i> (2019)	157 países	1980-2011	DE; PTB; DMC; MP	MFA (descritivo) e GMM	Desmaterialização absoluta do DMC com o PIB nos períodos de recessão ou baixo crescimento econômico, a nível de 1%. Há relação significativa entre recessão econômica e balança comercial física para economias não-extratvistas. No conjunto dos países, população e PIB <i>per capita</i> aumentaram DMC e avanços tecnológicos elevaram a eficiência material.

Fonte: Elaboração própria.

### **CAPÍTULO 3: TENDÊNCIAS DO SOCIOMETABOLISMO E EFICIÊNCIA MATERIAL: UMA ANÁLISE DA CHINA ENTRE 1970-2019**

Partindo dos principais elementos apresentados nos capítulos anteriores, é possível afirmar que os fluxos de matérias estão vinculados aos processos de crescimento econômico. Nesse sentido, este capítulo oferece uma interpretação histórica e biofísica da trajetória recente da economia chinesa, a fim de indicar sua tendência de (des)materialização. Para isso, a primeira seção traz um breve histórico do seu recente período de crescimento econômico acelerado. Na seção 3.2 avalia-se o metabolismo econômico e social chinês entre 1970 a 2019. Na seção 3.3 apresenta-se um estudo do desacoplamento chinês a partir do Índice de *Decoupling*. Por fim, à guisa de conclusão, encerra-se o capítulo com a sistematização das ideias apresentadas em todo o trabalho.

#### **3.1. Breve histórico do crescimento econômico chinês: das “Políticas de Portas Abertas” até o “Novo Normal”**

A trajetória do crescimento recente da China é um fenômeno singular na história mundial. Até meados da década de 1970, esse país baseava-se em um modelo de acumulação socialista, caracterizado pela não-abertura do mercado e que colocava o Estado como planejador e investidor único da economia. Além disso, apresentava uma estrutura semi-industrializada, com a maioria da população ocupada na agricultura e residindo em vilas e municípios (MILARÉ; DIEGUES, 2015; COLOMBO, 2018).

No entanto, a partir de 1978, sob liderança de Deng Xiaoping, a nação chinesa passou a adotar uma estratégia de desenvolvimento de abertura econômica, na qual foram aplicadas, de forma original, medidas de políticas e reformas institucionais fundadas em sua própria história e em diferentes experiências internacionais (LIMA, 2005; LEÃO; PINTO; ACIOLY, 2011).

Por meio das “Políticas de Portas Abertas”, tal como ficou conhecido, o novo arranjo de expansão chinês consistiu na introdução *ativa e não subordinada* de capital estrangeiro e tecnologia, ao mesmo tempo em que buscava se manter comprometido ao socialismo (KOBAYASHI; BAobo; SANO, 1999; OLIVEIRA, 2008; SAWAYA, 2011).

Nas palavras de Sawaya (2011, p. 20), a China conseguiu estruturar um tipo de *dependência planejada*, isto é

uma estratégia de atração de capitais do exterior sem perder o controle sobre seu movimento. De outro lado, criou uma estrutura acoplada, [...], de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia sob controle desse novo tipo de capital criado [...] meio multinacional, meio Estatal chinês.

Na origem, seu programa perseguia a linha das “Quatro Modernizações”: da indústria, da agricultura, da ciência e tecnologia e das forças armadas. Para isso, compreendeu um conjunto de procedimentos norteados pela “tríade **autonomia-planejamento-controle**” (MILARÉ; DIEGUES, 2015, p. 78, grifo do autor).

Em primeiro lugar, nota-se a ampla reforma aplicada à utilização da terra, que se tornou orientada para um sistema de incentivos a cooperativas de famílias e famílias individuais, permitindo, assim, que “alguns camponeses enriquecem primeiro” e incentivando o aumento da produtividade rural (MEDEIROS, 1999, 2012; MILARÉ; DIEGUES, 2015).

Um segundo ponto a destacar foram os agressivos programas de promoção a exportações e de abertura comercial, que ocorreram via desvalorização cambial, estímulos graduais ao investimento estrangeiro e pela criação de Zonas Econômicas Especiais (ZEE’s). A atração do capital multinacional, no entanto, não aconteceu de forma desordenada, mas sim com proteção do mercado interno: ao proporcionar uma série de incentivos ao capital internacional<sup>32</sup>, exigia, em contrapartida, a associação entre o potencial entrante e os grupos nacionais chineses, sendo usualmente materializada nas *joint-ventures*. Como já introduzido, essa estratégia de abertura econômica teve grande relevância para o desempenho da abertura de mercado, uma vez que, ao absorver e controlar o ingresso de capitais nas atividades exportadoras, a China conseguiu superar a dicotomia entre modernização e preservação da independência nacional. Ademais, as ZEE’s, permitiram o nascimento de *clusters*, com externalidades econômicas positivas (MEDEIROS, 1999; NONNEMBERG, 2010; MILARÉ; DIEGUES, 2015).

A partir de meados da década de 1990, ainda, alguns compromissos foram firmados visando ao ingresso na Organização Mundial do Comércio (OMC), consagrada em 2001. Dentre eles, ressalta-se as ações de liberalização do comércio exterior chinês, os esforços contínuos de redução de tarifas de importação e de alinhamento das políticas nacionais com as regras comerciais multilaterais, sobretudo quanto à estabilidade, transparência e previsibilidade das políticas de abertura (NONNEMBERG, 2010).

Em seguida, denota-se os esforços para a formação de grandes empresas estatais da indústria pesada, com gradual autonomia gerencial e financeira, mas submissas ao planejamento central. Neste tópico, a ideia principal era criar “gigantes industriais”, os quais teriam um papel decisivo no sentido de coordenar a política industrial e tecnológica chinesa

---

<sup>32</sup> Nota-se: câmbio artificialmente depreciado, isenção tributária, financiamento estatal abundante para novos empreendimentos a taxas de juros reduzidas. Além disso, contava-se com mão de obra barata e relativamente qualificada (BRANDÃO *et al.*, 2021, p. 86).

rumo a setores dinâmicos e mais intensivos em P&D (MEDEIROS, 1999; MILARÉ; DIEGUES, 2015).

Outra tática que compunha o *rol* desenvolvimentista de Deng Xiaoping foi a promoção de empresas coletivas de vilas e municípios (EVM), as quais eram formadas por quatro tipos de estrutura de posse: as empresas de comarcas e cidades; empresas de vilas, cooperativas de fazendeiros e os negócios individuais ou de família. A importância das EVM reside nas seguintes questões: permitiram às comunidades locais transformarem o controle sobre ativos e recursos em renda, mesmo sem existir um mercado de ativos; proporcionaram a compra de terras e a admissão da mão-de-obra rural que não fora empregada diretamente na agricultura e, por fim, facilitaram o acesso ao capital no que diz respeito às firmas iniciantes, dando-lhes os apoios necessários para que entrassem nos processos com tamanhos maiores, com certo grau de mecanização e explorando economias de escala. Além do mais, com oportunidades de lucro e níveis menores de risco em seus setores de atuação, as EVM conseguiram manter retornos reais altos e contribuíram para a manutenção das elevadas taxas de formação de poupança no país. Como consequência, verificou-se o desenvolvimento econômico das comunidades rurais - com níveis de produção relevantes -, a expansão nas receitas dos governos locais e a manutenção do êxodo rural (HARVIE, 1999; LIMA, 2005).

As “Quatro Modernizações” incluíram, aditivamente, a transição gradual de um sistema de preços controlados para uma economia do tipo mista, isto é, para um sistema conjunto de preços regulados, controlados e de mercado (MEDEIROS, 1999; MILARÉ; DIEGUES, 2015).

Melhorias educacionais também foram pautas da reforma chinesa, uma vez que a educação apresentava-se como peça fundamental para a modernização econômico-produtiva. Neste contexto, destaca-se as medidas de regulamentação ao acesso às universidades (exigência de exames admissionais); a descentralização e diversificação da administração educacional e dos respectivos recursos financeiros; a grande ênfase às áreas de conhecimento diretamente relacionados à produção de tecnologia, geração de conhecimento técnico e desenvolvimento científico, além da expansão dos gastos públicos direcionados à educação (LEITE, 2011).

Finalmente, o período reformista coincidiu com mudanças na gestão do meio ambiente. Estimulada pela Conferência de Estocolmo (1972) e por reflexões nacionais desde o início da década, a China buscou criar políticas em resposta a sua crescente poluição do ar, água, terra e disposição de resíduos sólidos, implementando, a datar de 1979, a Lei de Proteção Ambiental. Essa legislação estabelecia o Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental como requisito para cada projeto novo de reforma ou de expansão, tendo ainda como princípios de governança a coordenação da proteção e administração ambiental, a prevenção da poluição, bem como a

responsabilidade do poluidor (FERREIRA; BARBI, 2012; ZAGO, 2017 apud BARBIERI, 2018).

Na década de 1980, os esforços para impedir danos ambientais continuaram. Outros regulamentos foram aprovados pelo governo e uma série de padrões nacionais relativos à qualidade do ar foi estabelecida, tais como a criação, em 1984, da Agência de Proteção Ambiental Nacional (NEPA), encarregada de coordenar as atividades ambientais entre os ministérios relevantes e a instituição, em 1987, da Lei de Prevenção da Poluição Atmosférica e do Controle da República Popular da China (LAPPC) (FERREIRA; BARBI, 2012).

Entretanto, foi apenas a partir dos anos de 1990 que o tema da proteção ecossistêmica passou a compor a agenda política da nação, quando novas regras foram revisadas e/ou aprovadas. Destaca-se neste momento o Plano de Desenvolvimento Sustentável Chinês, apresentado em 1994 na Agenda 21 da China (*White Paper on China's Population, Environment, and Development in the 21st Century*). Entre outras coisas, foram instituídas políticas de conservação da natureza relativas a energia, resíduos e à um ecossistema equilibrado. No fim do decênio, em adicional, tais objetivos foram ratificados como foco do 9º Plano Quinquenal (1996-2000) e por alterações do Código Penal da República Popular da China, o qual adicionou, em 1997, novos artigos referentes a avarias ao meio ambiente e a recursos naturais (CHINA'S..., 1994; XU; ZHANG, 2008; FERREIRA; BARBI, 2012; ZHANG, 2012; BARBIERI, 2018).

Na esteira desse processo, contudo, o que se observa são efeitos diversos. Do ponto de vista dos esforços de modernização econômica, verificou-se acelerado aumento do produto, com uma taxa real aproximada de 10% a.a. entre 1980 a 2010, atingindo, no ano de 2007, 14,2%. (NONNEMBERG, 2010; WORLD BANK, 2020).

De acordo com Nonnenberg (2010), Medeiros (2013), Medeiros e Cintra (2015) e Protti (2015), embora alguns autores defendam que esse crescimento teve como força motriz as exportações<sup>33</sup>, desde o final do século XX, e afirmando no início do século XXI, o principal componente da demanda que estimulou tal alargamento da economia chinesa foi o investimento, com o planejamento estatal articulando os processos de industrialização e urbanização. Ademais, o aumento significativo da renda *per capita* foi acompanhado por transformações estruturais no padrão de consumo chinês e na sua difusão, especialmente do setor alimentício (HIRATUKA, 2018).

---

<sup>33</sup> Ver, por exemplo, Guo e N'Diaye (2009); Yao (2010).

Na esfera da modernização produtiva, observou-se ao longo dos anos 1980 um incremento dos investimentos que foram, em sua maioria, propiciados pelos gastos das empresas estatais (cerca de 65% do total), na expansão da capacidade industrial e da oferta e distribuição de energia elétrica. O restante dos investimentos ficou dividido entre o setor privado (20%) e as empresas coletivas de vilas e municípios (15%) (MEDEIROS, 2012, p. 05).

E é nessa conformidade que, pela ótica da oferta, o setor secundário (indústrias) se sobressaiu frente às demais atividades produtivas no que tange à composição do PIB, sendo superada pelos serviços (setor terciário) apenas em 2013. Inicialmente, a produção industrial era orientada aos bens de consumo, mas, a partir de 1988, direcionou-se para a fabricação de bens de capital. A agricultura, por sua vez, teve seu papel importante como alavanca do crescimento, apresentado uma vultosa expansão e modernização nos primeiros três anos da década de 1980 (MEDEIROS, 2012; DE CONTI; BILKSTAD, 2017).

O outro fenômeno preditivamente referenciado que acompanhou a industrialização no impulso da economia chinesa foi o crescimento da população urbana, resultado da ampla disponibilidade de mão-de-obra egressa do campo. De acordo com Hiratuka (2018, p. 03), com base nos dados Banco Mundial, a taxa de urbanização em 1978 era inferior a 20%, mas conseguiu alcançar 55% em 2015. Isso tornou-se relevante uma vez que tal modificação da sociedade permitiu uma redução vigorosa dos custos de produção na maior parte das indústrias, ao mesmo tempo em que se associou a um conjunto de transformações, com grande escala de investimentos em infraestrutura, para a expansão e interligação das cidades e nas atividades imobiliárias.

Sobre o último fato, embora não exista um consenso sobre os efeitos futuros desses investimentos<sup>34</sup>, a literatura indica que eles tiveram um papel importante na formação bruta de capital fixo da economia, visto que significaram um vetor de crescimento das grandes empresas chinesas, estatais e privadas, no fornecimento de produtos, serviços e na organização de gastos nos setores de construção civil, transporte, energia, telecomunicações e saneamento. Ao mesmo tempo, os recursos urbanos e industriais mobilizados serviram de propulsores para novos investimentos no âmbito do crédito bancário, em torno de bancos públicos de desenvolvimento (MEDEIROS, 2012; ANSAR *et al.*, 2016; DITTMER, 2017; HIRATUKA, 2018).

---

<sup>34</sup>Aschauer (1989a, 1989b) defende, por exemplo, que os investimentos em infraestrutura, em especial no transporte, podem aumentar a eficiência e a lucratividade dos empreendimentos, além de estimular o investimento em capital privado. Já Ansar *et al.* (2016) têm uma visão crítica sobre isso, argumentando que os gastos chineses em infraestrutura não foram importantes tanto para a criação de valor econômico no país quanto para a entrega de retorno ajustado ao risco positivo. Glaeser *et al.* (2017), no entanto, chamam atenção para o risco de uma bolha imobiliária vindoura, caso não sejam acomodados os altos níveis de construção e oferta habitacional na China.

Os dados revelam que a FBKF foi acima de 28% na média dos anos 1980 e demonstrou um crescimento recorrente até atingir o patamar de 40% do PIB no século XXI. Outrossim, a taxa de poupança apresentou um desempenho similar, saindo da média de 40% na década de 1990 para um nível de 50% do produto no primeiro decênio dos anos 2000 (VIEIRA, 2006; WORLD BANK, 2020).

Pode-se falar, portanto, em um círculo virtuoso coordenado pelo planejamento estatal onde a taxa de investimento suportou um processo de intensa mudança estrutural associado à urbanização, que por sua vez articulou a oferta de infraestrutura com forte expansão de capacidade e desenvolvimento industrial em setores da indústria pesada e de duráveis. Este movimento foi realizado sem abandonar as indústrias articuladas dentro das cadeias globais, como a indústria tradicional intensiva em mão-de-obra e outros setores e segmentos da indústria eletrônica e de máquinas e equipamentos (HIRATUKA, 2018, p. 04).

Quando se observam as dinâmicas econômicas, entretanto, o setor externo teve o papel mais importante, sendo responsável por inserir a China nas cadeias globais de valor e servindo como fonte de divisas para sustentar seu crescimento. A princípio, as exportações de bens e serviços foram fundamentais nesse processo, ascendendo de 4,6% do PIB em 1978 para 18,3 em 1998 (WORLD BANK, 2020). Neste momento, o país integrava as indústrias tradicionais, mais intensivas em mão-de-obra (têxtil, vestuário e calçados) e algumas etapas mais simples do processo de montagem das cadeias multinacionais, especialmente do setor eletrônico (NONNENBERG, 2010; HIRATUKA, 2018).

Entre os múltiplos fatores que promoveram e viabilizaram essa expansão das vendas no comércio internacional, é possível salientar a política cambial adotada em 1984 com forte desvalorização real do *yuan*<sup>35</sup>, bem como a ausência de proteção intelectual no país, o que permitiu a apropriação e de conhecimentos e tecnologias de empresas estrangeiras que, por seu turno, facilitaram a produção doméstica de bens análogos por preços inferiores (MEDEIROS, 1999; MILARÉ; DIEGUES, 2015).

O aumento das exportações, somado às condições favoráveis de acesso ao crédito e às reduções de tarifas e barreiras não tarifárias, também permitiu um crescimento das importações, concentradas, a partir de 1990, em máquinas e equipamentos necessários à modernização da indústria pesada (LEITE, 2011; MEDEIROS, 2012). Lima (2005) realça conjuntamente os incrementos na compra de recursos energéticos primários, como o petróleo e o gás natural.

---

<sup>35</sup> Neste momento, o *yuan* foi desvalorizado e estabeleceu-se um mercado dual de câmbio: o oficial (administrado) e o “mercado de *swaps*”, com acesso restrito às empresas localizadas nas ZEEs e *tradings* Estatais. No mercado de *swaps* o câmbio era ainda mais desvalorizado, incentivando a produção voltada para as exportações (MILARÉ; DIEGUES, 2015, p. 81). A partir de 1994, porém, admitiu-se um novo regime de flexibilidade administrada com banda restrita, passando, *de facto*, a atrelar a taxa de câmbio ao dólar (VIEIRA, 2006).

Todavia, a partir da década de 1990 foram os Investimentos Direto Externos (IDE) que dominaram tal dinâmica. Aproveitando a retomada dos fluxos globais de IDE, pós recessão do início dos anos 1980, e com o objetivo de fomentar mudanças estruturais na indústria nacional, o governo chinês adotou, em 1986, uma nova fase de abertura aos investimentos diretos<sup>36</sup>, direcionando-os à indústria de transformação, aos setores *export-oriented* e os de mais alta tecnologia (ACIOLY, 2005).

Ao fazer isso, a China tornou-se a grande líder na atração de investimentos diretos nos anos 1990, com volume progressivo a partir de 1992. Ademais, conseguiu: i) aumentar a participação no comércio internacional - em 2016, a nação exportou US\$ 2,2 trilhões em valores correntes, configurando-se como a maior economia de exportação do mundo e, sendo considerada a segunda maior economia importadora, demandando no período apresentado US\$ 1,94 trilhão em matérias-primas, alimentos e produtos tecnológicos; ii) modernizar seu parque industrial, de modo que em meados de 1990 já exportava produtos mais complexos, tais como equipamentos de telecomunicação, máquinas e equipamentos elétricos e eletrônicos, produtos metálicos, produtos plásticos e instrumentos de precisão; além de, iii) acumular valores significativos de reservas internacionais, como forma de instrumento de ajuste externo e proteção contra alterações nos movimentos de capitais internacionais. Esse padrão foi reforçado ainda no contexto da crise financeira de 2008 que, para fazer frente aos impactos negativos e sustentar a taxa de crescimento da economia, a China estimulou os investimentos via crédito e incentivos fiscais (ACIOLY, 2005; LIMA, 2005; VIEIRA, 2006; WORLD BANK, 2020; BRANDÃO *et al.*, 2021; SCHERER, 2015).

Vale apontar, contudo, que apesar de o PIB ter crescido de maneira nunca antes vista, ele foi acompanhado por fortes oscilações inflacionárias. Consoante a Nonnenberg (2010, p. 207), essa variação ocorreu sobretudo entre 1978 e 1995, com picos em 1981, 1985, 1988 e 1994, quando alcançou o ápice de 24% a.a. Para conter isso, algumas políticas de austeridade fiscal e monetária foram aplicadas temporariamente. Em 2007, 2008 e 2011 a inflação cresceu novamente, mas a nível bem inferior aos máximos anteriores. Após esse período, o comportamento dessa variável ficou mais regular, com uma tendência que acompanhou o trajeto da mesma no mundo. Tais ciclos da inflação foram associados: i) ao intenso processo de liberalização de preços, o qual foi delineado pela reforma e vigorosamente aplicado entre 1978 e 1992; ii) às temporadas de afrouxamento da política monetária nos primeiros anos do século XXI, que permitiram a ampliação dos investimentos estatais; iii) a reação política expansionista

---

<sup>36</sup> Essa medida contou com uma série de incentivos institucionais e macroeconômicos. Ver mais em Lima (2005, p. 20,21).

à crise financeira de 2008; que evitou uma redução drástica no crescimento econômico e contribuiu para a sustentação dos preços das *commodities* nos anos imediatamente posteriores.

Sob o prisma social também vale notar algumas mudanças. Nesse sentido, as transformações no sistema educacional promoveram melhorias no ensino, ampliando a alfabetização da população chinesa e estimulando o projeto de crescimento econômico pautado na evolução da tecnologia e na melhor utilização dos recursos. Com efeito, em 1995, a população que tinha acesso à educação formal era de 81,5%, passando para 96,4% em 2015 (WORLD BANK, 2020).

No que tange à questão demográfica, verificou-se um salto populacional de aproximadamente 956 milhões de pessoas, em 1978, para mais de 1,41 bilhão em 2019, representando quase 18% de toda a população mundial. Paralelamente, a expectativa de vida em 2019 subiu para 77 anos, uma década de vida a mais do que o esperado no início das reformas (WORLD BANK, 2020).

Todavia, mesmo sendo a nação mais populosa da Terra, a taxa de fecundidade na China se reduz cada vez mais: em meados da década de 1970 a média de crianças que nasciam de cada mulher em idade reprodutiva era de 3,9 enquanto em 2019 esse número atingiu 1,7 (WORLD BANK, 2020). Em grande medida, esse declínio no tamanho da prole vincula-se, para além dos incentivos convencionais de saúde reprodutiva, nível educacional, urbanização, acesso a contracepção segura e eficaz, bem como participação feminina no mercado de trabalho, à “Política do Filho Único” implantada pelo governo Chinês, a partir de 1979. Com o objetivo de frear o avanço populacional vigente, a regulamentação definia que qualquer casal que tivesse mais de um filho (a) poderia sofrer severas multas<sup>37</sup> (QUIRINO, 2021).

O resultado, por seu turno, superou as esperanças gerando uma queda abrupta da natalidade, de modo que, em 2016, a China alterou a lei, permitindo duas crianças e, em 2021, flexibilizou para três bebês por família. As medidas de relaxamento aplicadas buscaram fazer face aos obstáculos impostos, pelos elevados custos de mão-de-obra e envelhecimento no país (QUIRINO, 2021).

Já no que corresponde às ações de fomento à renda em conformidade com o exposto, verificou-se uma redução significativa da pobreza. Nos primeiros anos da reforma, os benefícios foram ainda maiores ao setor rural. A partir dos incentivos à agricultura e indústria rural, o país viu a renda *per capita* dos residentes rurais crescer 9,6% a.a. entre 1980 e 1988 contra 6,3% a.a. dos habitantes das cidades (SINGH, 1993 apud MEDEIROS, 2012).

---

<sup>37</sup> É importante frisar que existiram exceções à zona rural e para algumas minorias (QUIRINO, 2021).

Para a sociedade como um todo, os dados do World Bank (2020) revelam que, em 1990, a parcela da população que vivia com menos de US\$ 1,90 por dia (paridade de poder de compra de 2011) era de 66,3%, despencado em quinze anos para 31,7%. Igualmente, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) exibiu melhorias no mesmo período, visto que em 1990 era de 0,514 (IDH médio) e em 2010 aproximou da casa de 0,718, tido como IDH elevado (KLAFKE, 2016).

Todavia, a economia chinesa ainda apresenta dificuldades altamente expressivas. Em se tratando das desigualdades, o Índice de Gini apresentou uma persistente evolução, visto que no início das reformas, em 1980, o coeficiente estava em 0,29, igual ao da Alemanha ou da Áustria em 2000 e, em 2008 chegou a 0,47, o que seria equivalente ao México no mesmo ano, um dos mais desiguais da Ásia (MEDEIROS; MORAIS, 2011). Ademais, ainda é possível observar profundas disparidades de renda, em particular as intra e inter-regionais, com renda média da população urbana e de regiões costeiras crescendo a um ritmo superior ao da população rural e do interior (OLIVEIRA, 2008; MEDEIROS, 2012).

Outros autores, como Gilboy e Heginbotham (2012), alertam também para o fato de que o rápido crescimento econômico contou com relações de trabalho bastante precarizadas e desrespeito à propriedade intelectual, às patentes e aos direitos humanos.

Por último, o campo ambiental não mostrou progressos consideráveis até a primeira década do século XXI, apesar dos programas instituídos. Isso porque, como defendem Ferreira e Barbi (2012) e Liu (2015), na verdade a China optou por priorizar as medidas de avanço econômico, enfatizando o crescimento de indústrias intensivas em energia e altamente poluentes. Com efeito, o país exibiu o incremento nas emissões de gases de efeito estufa (fruto principalmente da matriz energética baseada em combustíveis fósseis), além de severos problemas de contaminação de água e solo, desertificação, tempestades de areia e chuva ácida.

Todos esses elementos configuram o cenário dos mais atuais debates sobre a China, os quais afirmam que a nação entrou em uma nova era de seu processo de desenvolvimento com um conjunto de desafios muito diferentes do passado recente. Alguns deles, como a necessidade continuada de reformar e modernizar a economia, gerar emprego e melhorar os padrões de vida permanecem pendentes e persistirão de uma forma ou de outra. Outros, tal como apresentado, surgiram ou foram exacerbados pelo próprio modelo de crescimento adotado. Por fim, há de se destacar os obstáculos colocados pelas rápidas mudanças na economia global, principalmente com agravamento da crise financeira nos países da União Europeia a partir de 2011 (PAULINO; PIRES, 2016; CINTRA; PINTO, 2017; DE CONTI; BLINKSTAD, 2017).

A soma desses fatores, atrelados à gradativa desaceleração do ritmo de crescimento chinês (atingindo em 2012, pela primeira vez no século XXI, um nível menor do que 8%) e aos fortes incrementos da capacidade ociosa industrial nacional, fomentou a reorientação da trajetória político-econômica do país, com o objetivo de convergir a um novo regime de crescimento sustentado, ancorado à configuração de um Estado de bem-estar e de novas relações entre a nação chinesa e o restante do mundo (AGLIETTA; BAI, 2016; CINTRA PINTO, 2017).

Nesse cenário, o 13º Plano Quinquenal da China (2016-2020), sob liderança de Xi Jinping, procura criar medidas de aceleração da transição de uma economia dependente de investimentos e exportações para um produto dinamizado sobretudo pelo consumo, de modo que alinhe com o “novo normal” chinês, assim dizendo, “uma conjuntura caracterizada, no lado externo, pelo baixo crescimento da economia mundial e, no lado interno, pela mudança do modelo de desenvolvimento” (PAULINO; PIRES, 2016, p. 15).

Esse plano apoia-se também no aumento das capacidades inovativas nacionais em detrimento às atividades de modernização e tecnologias sob o controle estrangeiro. Consoante a Hiratuka (2018), além de ser fundamental para aumentar a produtividade e manter o aumento de renda *per capita*, o domínio dos princípios de inovação mostra-se precípuo para a questão da mudança estrutural, no sentido de reduzir setores industriais mais intensivos em recursos e investimentos fixos e aumentar atividades e serviços mais sofisticados. Ademais, o avanço tecnológico é essencial para elevar a eficiência na agricultura (DE SOUZA; PREVIDELLI, 2016; PAULINO; PIRES, 2016; DE CONTI; BLIKSTAD, 2017; HIRATUKA, 2018).

Vinculado a isso, outros pontos importantes que norteiam a atual estratégia chinesa são a redução das desigualdades sociais, regionais e entre áreas urbanas e rurais e a continuidade da diminuição da pobreza e extensão da cobertura de programas sociais, de sistemas de saúde pública e previdência (AGLIETTA; BAI, 2016; CINTRA; PINTO, 2017, HIRATUKA, 2018).

Na esteira desse processo, ressalta-se também a iniciativa *One Belt One Road* (ou *Belt and Road Initiative*), isto é, um ousado projeto de longo prazo para o desenvolvimento modal e logístico, bem como a integração econômica entre os continentes Asiático, Europeu e Africano. Esse empreendimento está organizado em torno de dois eixos principais: o primeiro, o Cinturão Econômico da Rota de Seda (*Silk Road Economic Belt*), que busca interligar os corredores comerciais por terra e por mar da China com a Ásia Central e a Europa, mediante a construção de uma ampliada malha de trens de alta velocidade, estradas, redes elétricas, cabos de fibra óptica e sistemas de telecomunicações, oleodutos, gasodutos etc. O segundo é a Rota Marítima da Seda do Século 21 (*21st Century Maritime Silk Road*), que tem foco uma conexão

rodoviária, ferroviária e marítima de toda a Eurásia (CINTRA; PINTO, 2017; HIRATUKA, 2018).

Apesar de ainda ser cedo para determinar o sucesso ou o fracasso dessas ações, já é possível delimitar algumas ideias que estão por traz desses movimentos. Para alguns autores que debruçam sobre o tema (SCHERER, 2015; AGLIETTA; BAI, 2016; CAI, 2017; CINTRA; PINTO, 2017; HIRATUKA, 2018), trata-se de um plano de expansão de três fatores que se misturam entre si: geopolíticos, geoeconômicos e da própria economia interna. Em um primeiro momento, ao estreitar as relações comerciais, financeiras e de infraestrutura, especialmente com seus vizinhos, a China procura aumentar sua influência política e reforçar a diplomacia “ganha-ganha”, de modo que sua ascensão se torne mais aceitável e com menor risco de coalizão. Simultaneamente, o incentivo a megaprojetos de inclusão regional garante ao país o acesso a recursos naturais e científicos estratégicos, como também permite um maior protagonismo financeiro e resiliência do sistema bancário no movimento de internacionalização da sua moeda. Esse último fato, pode ser visto principalmente na criação do Banco de Desenvolvimento dos BRICS e do Banco Asiático de Investimento em Infraestrutura (AIIB - *Asian Infrastructure Investment Bank*).

Da perspectiva dos efeitos positivos internos, constata-se a oportunidade de acesso a diversos mercados consumidores, essenciais para o equilíbrio do ritmo de crescimento em níveis planejados no “novo normal” e para a redução da ociosidade dos setores industriais; a chance de migrar fábricas excedentes e de aumentar a competitividade das empresas chinesas (seja atraindo investimentos estrangeiros ou pela maior participação no comércio global). Adicionalmente, existe a possibilidade de superar disparidades territoriais dentro da China, haja vista que esses programas envolvem o desenvolvimento de áreas e províncias de menor renda, como por exemplo, as que se localizam no oeste do país (AGLIETTA; BAI, 2016; PAULINO; PIRES, 2016; CAI, 2017; CINTRA; PINTO, 2017; DE CONTI; BLIKSTAD, 2017; HIRATUKA, 2018).

Por fim, a legislação ambiental também foi atualizada. Antes dando mais atenção às questões de água e poluição atmosférica, o governo chinês passou a incluir programas de proteção marinha, à biodiversidade e de segurança nuclear. À vista disso, o 13º plano quinquenal explicita seu compromisso com a sustentabilidade ecossistêmica, criando metas de mitigação dos níveis de impactos ambientais, emissão de poluentes e reflorestamento. Para mais, busca compatibilizar com a incorporação de tecnologias verdes, energias renováveis e reciclagem (AGLIETTA; BAI, 2016; ZOTIN, 2018).

Em adicional, criou-se em 2009 a Lei de Promoção da Economia Circular, visando buscar um modelo de crescimento econômico e desenvolvimento industrial aumentando radicalmente eficiência do material e reduzindo drasticamente as descargas de poluição. E, em 2015, com foco direto na atuação das empresas, a Lei de Proteção Ambiental foi alterada, acrescentando medidas de maior responsabilização dos poluidores e órgãos oficiais locais, de proteção ao denunciante e de intensificação no monitoramento do meio-ambiente (FEREIRA; BARBI, 2012; KRAUSMANN *et al.*, 2017; BARBIERI, 2019).

Por fim, diante da análise do fenômeno de crescimento chinês, é evidente que todo o processo tenha sido suportado por intensos fluxos de matéria e energia vindos da natureza. Como se deu esta dinâmica sociometabólica da economia chinesa? A próxima seção procura responder a esta pergunta.

### **3.2. Crescimento econômico e fluxo material: um estudo descritivo das tendências sociometabólicas na China**

A partir do exposto, busca-se neste tópico estudar de maneira empírica a dinâmica dos fluxos de entrada e consumo material na China, relacionando-os com as estratégias de crescimento econômico e políticas adotadas com vista a verificar as tendências de acoplamento ou desacoplamento de recursos nesta economia.

#### *3.2.1. Metodologia e Fonte de dados*

O método de abordagem é o histórico-dedutivo pois a análise se baseará em observações da realidade econômica chinesa. Esse método parte de observações de fatos históricos que levam a rupturas e à definição de novos conceitos e análise das conexões lógicas entre as variáveis econômicas relevantes.

Os métodos de procedimento serão o histórico e o estatístico. O primeiro devido ao uso de dados históricos para investigar acontecimentos do passado e verificar a sua influência nos eventos de hoje. E estatístico pois se valerá da abordagem da contabilidade de fluxo de materiais (MFA) para a medição e análise do uso de matéria-prima em nível nacional. Nesse contexto, será feito estudos de séries temporais, utilizando-se dos indicadores do MFA e de estatísticas descritivas.

No que tange às ferramentas da Contabilidade de Fluxo de Materiais, serão examinados, nesta pesquisa, índices de entrada, troca, saída, consumo e eficiência material. Para isso, serão utilizados os indicadores de *inputs*: Extração Doméstica (DE) e Entrada Direta Material (DMI)

e de *output*: Processo de Saída Doméstica (DPO), como dados para emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Como parâmetro de troca será analisada a Balança Física Comercial (PTB).

Para contabilizar o consumo serão utilizados dois indicadores: Consumo de Material Doméstico (DMC) e Pegada Material (MF). Isso porque, diante do debate sobre os efeitos de fuga e transferência de encargos relacionados às transações comerciais crescentes (como já exposto neste trabalho), tornou-se necessário medir os fluxos por perspectivas complementares de produção e consumo. Isto é: enquanto os fluxos diretos (frequentemente denominado da ótica de produção ou DMC) medem os recursos usados nos sistemas nacionais de produção e os resíduos e emissões que ocorrem dentro de uma economia específica, pelo prisma do consumo (MF) reconhecem-se os fluxos de recursos associados à demanda final doméstica, independentemente de onde eles ocorrem, sendo os últimos mais relevantes para monitorar o uso sustentável e a responsabilidade ambiental dos agentes.

É de se referir, todavia, que a geração de indicadores de pegada material tem origem em dados estimados<sup>38</sup>, o que não acontece no DMC, que são determinados com base em estatísticas reais de comércio exterior (METHODS, 2022).

Finalmente, a eficiência será avaliada por meio da intensidade de material (MI) e taxa metabólica (consulte a Quadro 2 no segundo capítulo para definições).

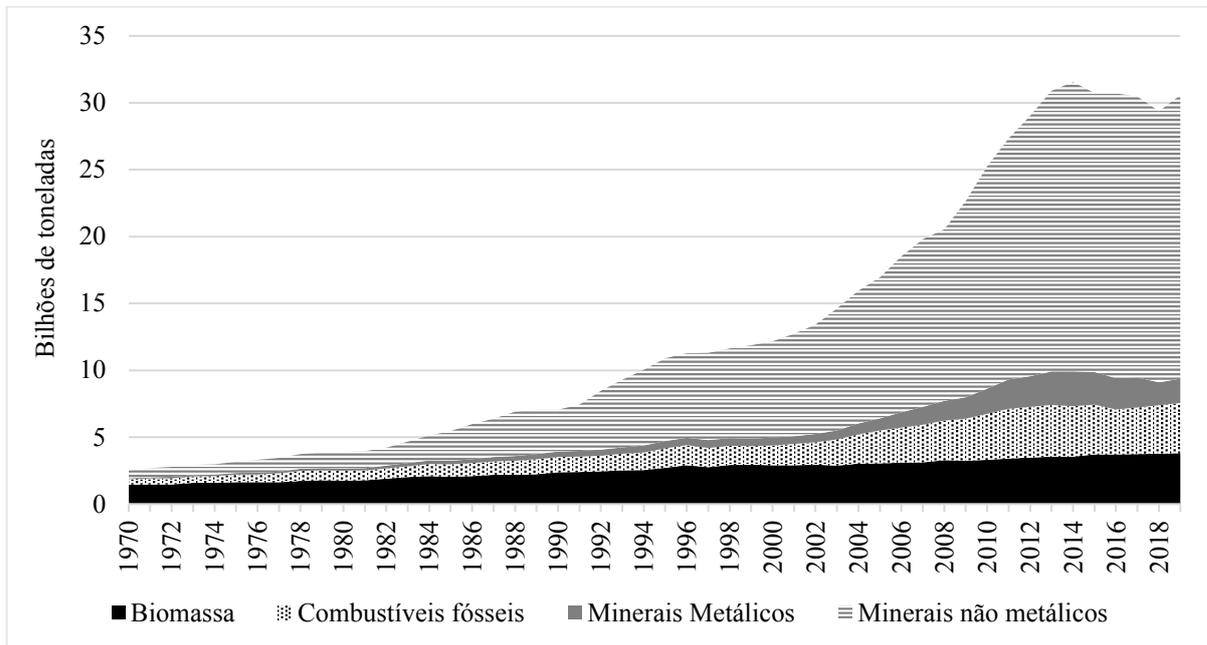
No que se refere à coleta de dados para o trabalho, foi utilizada a tabulação de fluxo material disponibilizada pela Universidade de Viena (alemão: *Wirtschaftsuniversität Wien*, WU) em colaboração com o CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization e Nagoya University*), com base nas informações do Banco de Dados de Fluxos de Materiais Globais do Painel de Recursos Internacionais da ONU. Já os valores de Produto Interno Bruto (PIB) e população foram obtidos na base de referência do Banco Mundial (World Bank) e as emissões de CO<sub>2</sub> nas estatísticas consolidadas da empresa Statista. Todas as séries compreendem os períodos de 1970 a 2019. Destaca-se ainda que os dados monetários são expressos a dólares constantes de 2015.

### 3.2.2. Resultados e Discussões

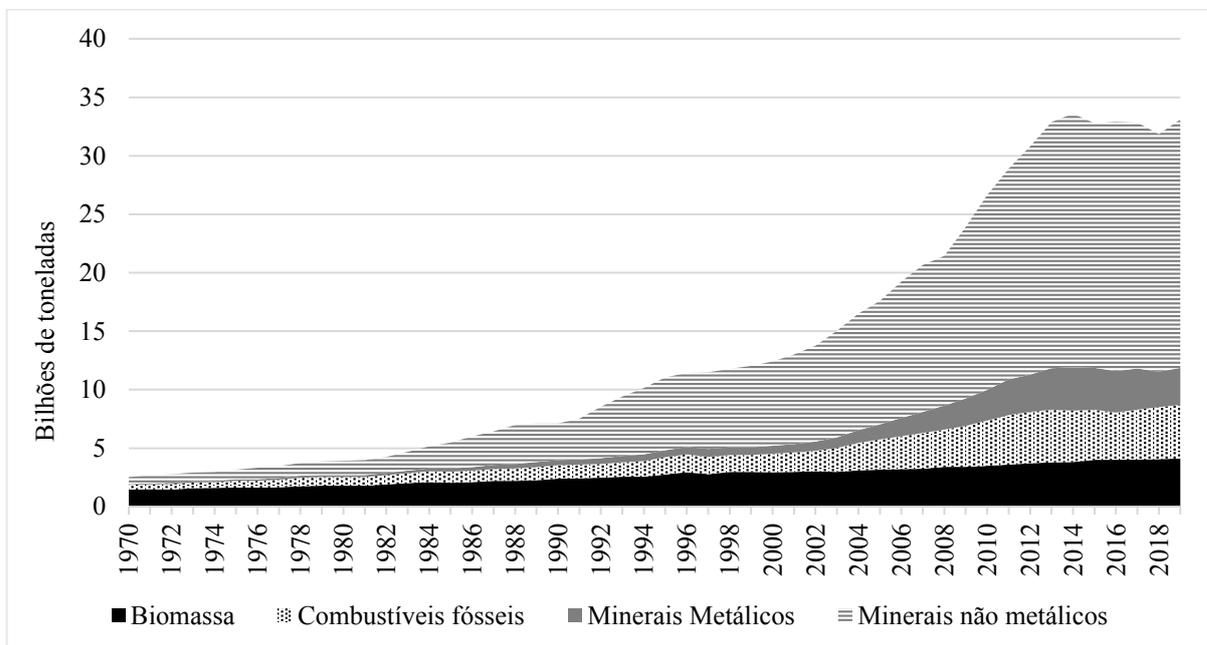
Os Gráficos 1 e 2 abaixo apresentam a evolução dos fluxos de entrada na China, por grupo material, dos extraídos domesticamente (DE) e aqueles que têm valor econômico sendo efetivamente disponíveis para o sistema de produção nacional (DMI).

---

<sup>38</sup> Uma revisão abrangente das metodologias existentes para computar indicadores do tipo pegada de material pode ser vista em Lutter, Giljum e Bruckner (2016).

**Gráfico 1 – Extração Doméstica (DE) na China (1970-2019)**

Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

**Gráfico 2 – Entrada Direta de Material (DMI) na China (1970-2019)**

Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

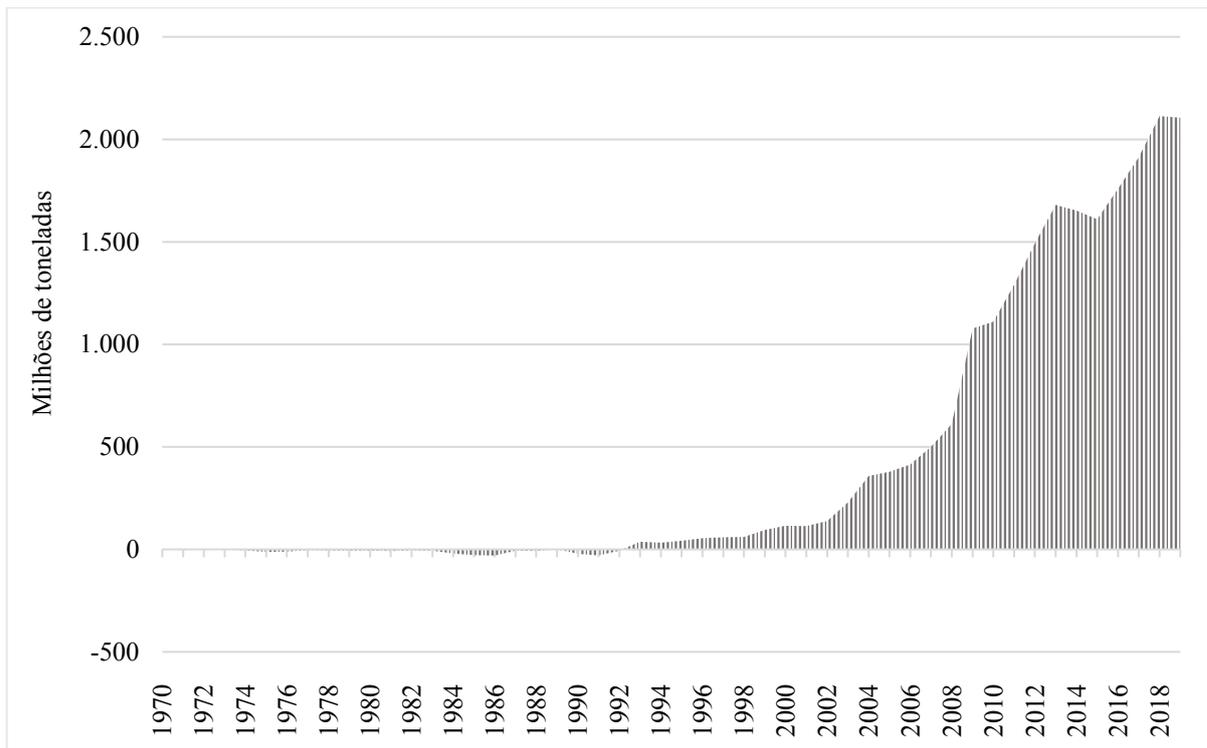
Em ambos os casos, é possível verificar uma tendência de crescimento entre 1970 e 2019, o que coincide com as expectativas para a transição sociometabólica de nações que se industrializam (KRAUSMANN *et al.*, 2008). Observa-se também algumas desacelerações em

1989/90, 1997, 2008 e o período 2015-2018. Apesar dos diversos fatores que podem explicar tais comportamentos, esses movimentos de ED e DMI parecem coincidir com momentos históricos importantes de estabilização e retração na economia mundial e chinesa. Nota-se: i) os picos inflacionários de 1989/90 e de 2007/08; ii) as desestabilizações, ainda que brandas para os padrões da China, geradas pela crise asiática em 1997; iii) bem como o “novo normal” do PIB nacional, iniciado em 2012 e reforçado nos anos seguintes (OLIVEIRA, 1999; XU; ZHANG, 2007; NONNEMBERG, 2010).

Além disso, quando se observa por grupo de materiais, destaca-se um crescimento exponencial nos *inputs* de minerais não metálicos (concreto, areia, cascalho, tijolo e cimento) desde 1978 e acelerado nos anos 1990, o que pode ser explicado pelo processo de urbanização em curso e grandes investimentos em infraestrutura associados (XU; ZHANG, 2007; ANSAR *et al.*, 2016; HIRATUKA, 2018; HUANG *et al.*, 2018).

No início do século XXI em diante, percebe-se uma expansão na extração e na entrada produtiva dos minerais metálicos e combustíveis fósseis, com pico entre 2013 e 2014. Neste cenário, a extração doméstica dos minerais metálicos cresceu em 2014 quase 40 vezes em relação ao primeiro ano da análise, enquanto os combustíveis fósseis multiplicaram cerca de nove vezes. Já quanto à DMI, os valores foram ainda mais altos, com os combustíveis não renováveis decuplicados e elementos metálicos apresentando um montante 56 vezes maior em 2014, comparado a 1970. A diferença nas escalas do DE e DMI indica, ainda, que a extração desses recursos em território *chin* não são suficientes para atender a demanda material na produção interna.

Esse último fato que pode ser ratificado pelos dados da balança comercial física chinesa (Gráfico 3), os quais mostram que o país mudou de uma situação próxima da autossuficiência na década de 1970, para uma forte dependência de importações de materiais até 2019, especialmente de combustíveis fósseis e minerais metálicos.

**Gráfico 3 – Balança Comercial Física da China (1970-2019)**

**Fonte:** WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

A importação de combustíveis fósseis é composta principalmente pelo carvão mineral, vindo na grande maioria da Austrália, EUA, Rússia, Canadá, Colômbia, Venezuela, Indonésia e África do Sul; e pelo petróleo, de origem iraniana e venezuelana. Já no que corresponde aos minerais metálicos, a China concentra sua compra nas *commodities* de cobre, minério de ferro e nióbio, especialmente do Brasil (LIMA, 2012).

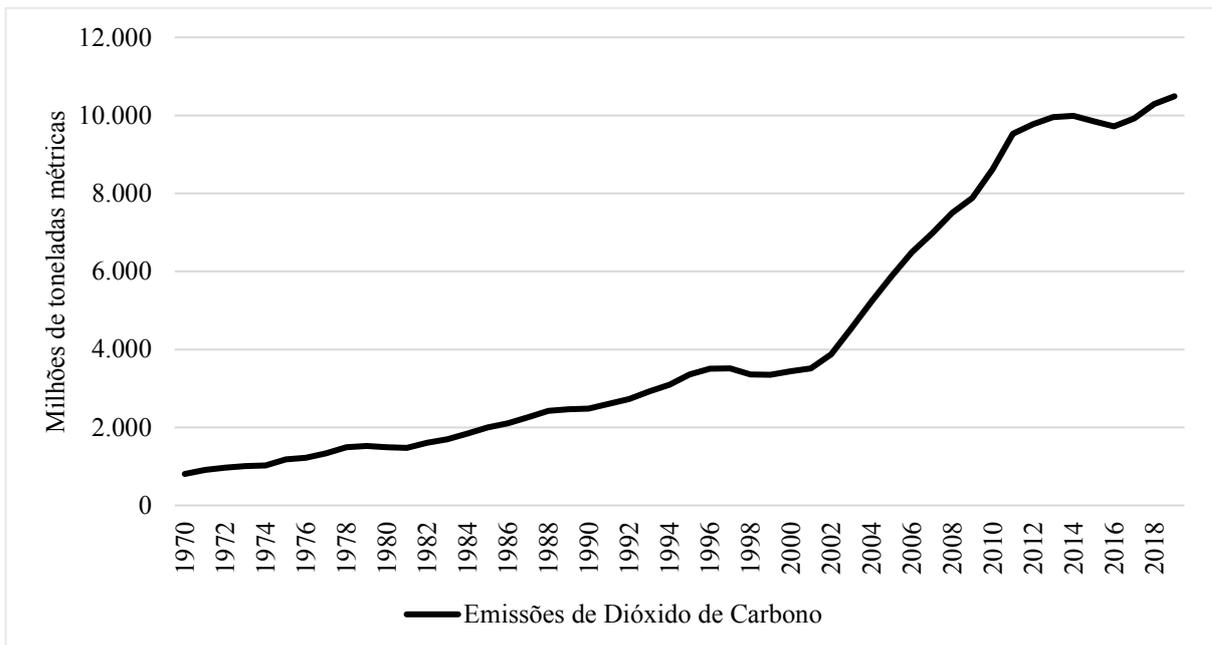
As informações sobre trocas comerciais também revelam que essa nação tornou-se uma recebedora líquida de recursos precipuamente a contar de 1993, momento que coincidiu com a flexibilização na entrada de IDE e, anos depois, com a admissão na OMC. Ao participar das rodadas multilaterais do comércio mundial, a compra de materiais ampliou de forma colossal, com uma taxa de crescimento anual composta de aproximadamente 25% nos primeiro dez anos do século XXI (LIMA, 2005).

Por outro lado, os três períodos do gráfico que mostram uma saliência com valores negativos (1974-1976; 1984-1987, 1990-1991) refletem os saldos deficitários da balança física comercial, isto é, quando a China exportou mais recursos do que importou. Inicialmente, as categorias que lideravam as exportações foram os combustíveis fósseis e biomassa, respectivamente. Entretanto, com a industrialização e a modernização do parque industrial, a pauta exportadora chinesa modificou, com maior proporção de minerais não metálicos

(ressalta-se as vendas de grafita para o Japão), seguido por minerais metálicos (índio, titânio e terras raras), com destino para os EUA, Europa e Coréia do Sul (LIMA, 2012).

Entre as razões que explicam esses momentos estão as flutuações macroeconômicas domésticas. Isso porque as recessões produzem dois efeitos sobre economias não extrativistas como a China: enfraquecem sua capacidade de importação e, ao mesmo tempo, estimulam as exportações com o objetivo de melhorar a balança comercial (WU *et al.*, 2019).

**Gráfico 4** – Emissões de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) na China (1970 a 2019)



**Fonte:** STATISTA (2022). Elaboração própria.

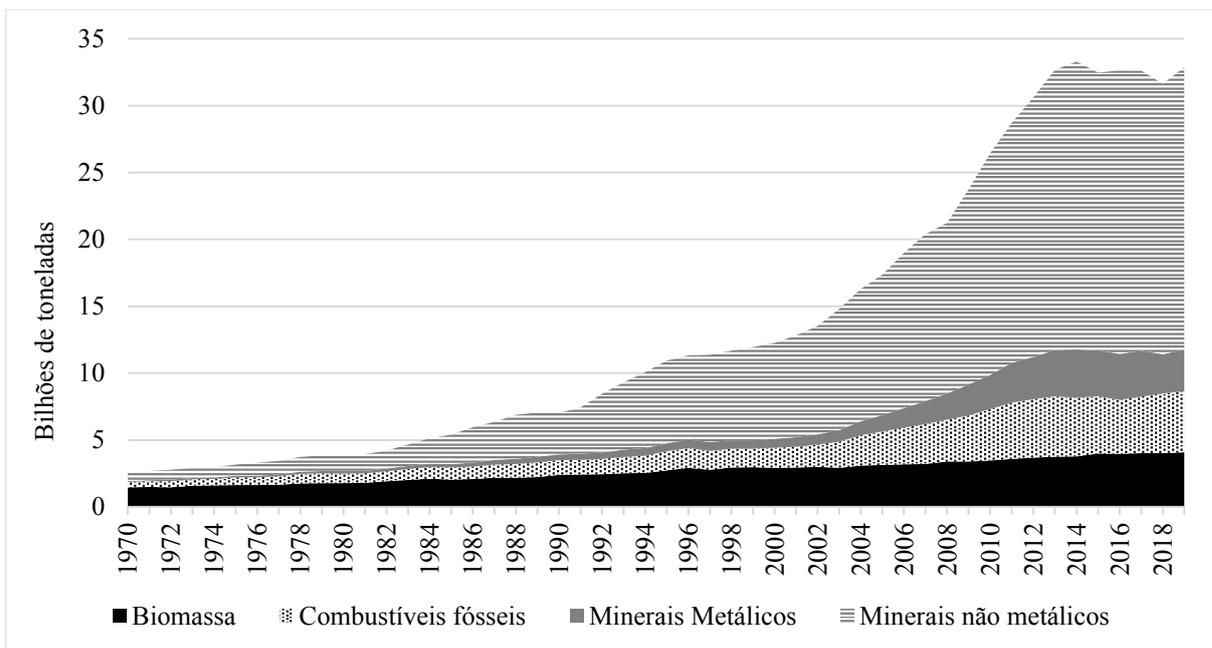
Notas: Os dados para o ano de 2019 são preliminares.

Do ponto de vista dos processos de saída doméstica (DPO), os dados de emissão de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) pelo uso de carvão, petróleo e gás (combustão e processos industriais), processo de queima de gás e fabricação de cimento (Gráfico 4), indicam um aumento acelerado, passando de 808 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> em 1970 para mais de dez mil milhões em 2019, o que representa um crescimento médio de 5,5% a.a. Em termos comparativos, no primeiro ano da análise a China respondia aproximadamente por 5% das emissões globais de dióxido de carbono. Já em 2019, essa importância era de 30% (STATISTA, 2022). Entre as principais razões para o alto nível de emissões no país, tem-se o grande contingente populacional chinês, bem como a dependência do carvão em seu *mix* de energia. O carvão é a fonte de energia mais poluente e responde por cerca de 70% da geração de eletricidade da China (FERREIRA; BARBI, 2012).

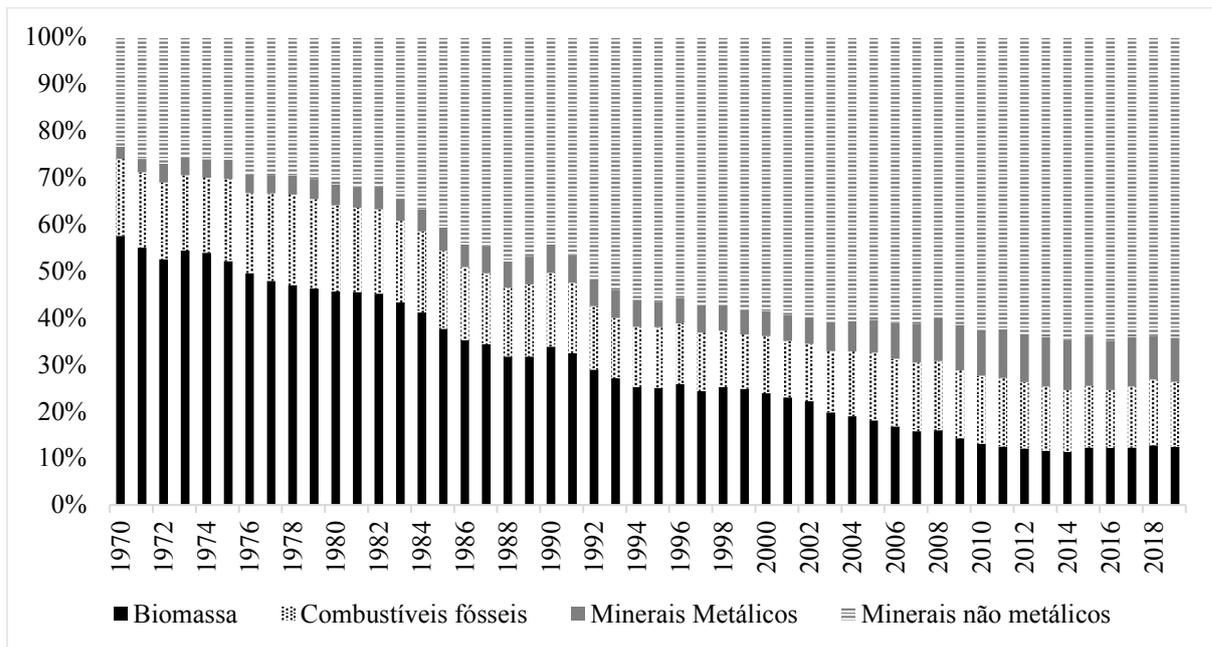
As informações também mostram que a China passou dois períodos principais de emissões de CO<sub>2</sub> estáveis ou em queda. O primeiro (1997-2001) coincide com as mudanças na gestão ambiental nacional e internacional (FERREIRA; BARBI, 2012; ZHANG, 2012; BARBIERI, 2018) e, o segundo (2013-2016) com a desaceleração industrial recente e com as atualizações da legislação de proteção ao meio-ambiente (MYLLIVIRTA, 2022).

No que tange aos parâmetros de consumo, tem-se que o DMC (Consumo Doméstico de Materiais) na China (Gráfico 5) apresentou um ciclo ascendente, com uma taxa de crescimento acumulada próxima de 849% desde a implementação das Políticas de Portas Abertas (de ~ 3,72 bilhões de toneladas (t) em 1978 para ~ 32,67 bilhões de t, em 2019), o que reflete os insumos exigidos pelo massivo estímulo econômico adotado, pelo grande aumento da população urbana e pelas altas taxas de crescimento da indústria. Além disso, assim como os fluxos de DE e DMI, o DMC manifestou algumas contrações em 1989-1990, 2007-2008, 2015-2017.

**Gráfico 5 – Consumo Doméstico de Materiais na China (1970-2019)**



Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

**Gráfico 6 – Composição dos fluxos de consumo doméstico na China (1970-2019)**

Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Em termos da evolução na composição desses fluxos (Gráfico 6), tem-se uma gradativa redução do peso relativo da biomassa consumida na produção chinesa, passando de 57% em 1970 para 19% em 2019. No caso dos combustíveis fósseis, essa economia apresenta uma tendência semelhante àquela normalmente apresentada em casos de modernização industrial (como a do Reino Unido no século XIX). Isto é, nas fases iniciais de industrialização, o peso relativo do consumo de recursos não renováveis é crescente, mas à medida em que se avança e atualiza a estrutura industrial, essa parcela diminui. A despeito disso, é importante ressaltar que sua produção ainda é bastante vinculada a esses combustíveis, especialmente ao carvão, empregado na siderurgia e para geração de energia. Quanto aos minerais metálicos, o sentido foi de aumento, em especial a partir da segunda década de 2000, quando a pauta exportadora nacional já empregava produtos mais complexos como itens de telecomunicação, máquinas e equipamentos elétricos e eletrônicos e instrumentos de precisão (ACIOLY, 2005; GÖRG *et al.*, 2020).

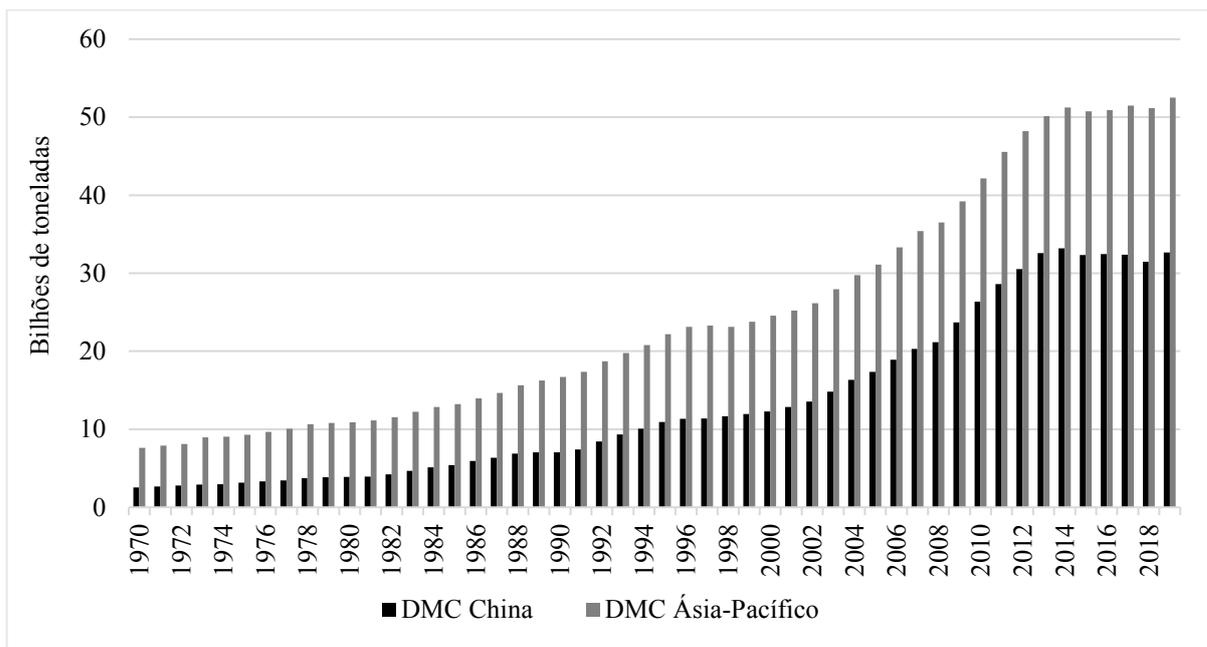
Todavia, os protagonistas neste processo foram os minerais não metálicos, que trilharam um caminho de ascendência quase triplicando sua participação relativa no DMC agregado (passando de 23% do total de material consumido em 1970 para 64% em 2019). Dentro desta categoria, a parcela crescente dos fluxos provém de agregados de construção, atendendo os vultosos investimentos de transformação industrial e urbana desse período. Além disso, repercutem as ambiciosas estratégias de desenvolvimento da infraestrutura, tais como os

projetos *One Belt, One Road* e *21st Century Maritime Silk Road*. Do ponto de vista ecológico, no entanto, esses materiais possuem um elevado potencial de degradação, incluindo a perda de terra para usos competitivos, poluição de terra e cursos de água, lixiviação ácida, a liberação de metais pesados e rejeitos de minas em virtude dos produtos químicos usados em processos de mineração e refino.

Comparando-se com a região da Ásia-Pacífico (Gráfico 7), os dados utilizados nesta pesquisa apontam para uma similaridade na trajetória do consumo material, com volumes crescentes a cada ano e concentrados fundamentalmente em minerais não metálicos. Em adicional, verifica-se que a participação da China no consumo de recursos da região quase duplicou nesses 49 anos (de 33% em 1970 para 62% em 2019).

Por seu turno, diferentemente da China, que possui os combustíveis fósseis em segundo lugar como materiais mais consumidos, na Ásia-Pacífico esse lugar é ocupado pela biomassa, com uma quantidade absoluta equivalente em 2019 a 10,9 bilhões de t (21% do total de materiais consumidos no mesmo ano). E, embora a biomassa seja um material renovável, esse consumo tem se intensificado, alcançando patamares cada vez mais altos, o que para alguns autores (WEST; SCHANDL, 2010) pode tornar insustentável no futuro. Fazendo uma analogia, em 2019, o consumo de biomassa pela região Ásia-Pacífico representou cerca de 42% de toda a demanda mundial.

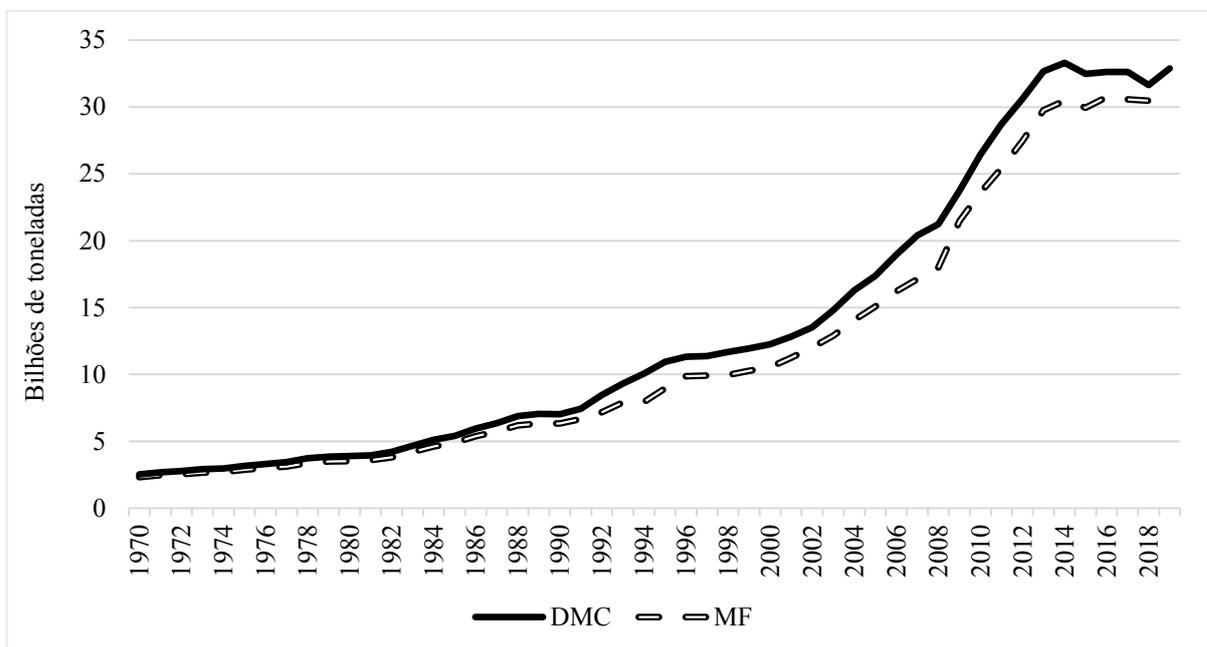
**Gráfico 7** – Consumo Doméstico de Materiais na Ásia-Pacífico e na China (1970-2019)



Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Finalmente, um exame da estrutura biofísica chinesa e de sua evolução não poderia deixar de considerar a existência de fluxos ocultos de matéria e energia. Isso porque a China passou a ser o líder mundial das exportações de produtos desde 2009. Diante disso, o Gráfico 8 a seguir ilustra o consumo doméstico de materiais (DMC) tanto do ponto de vista da produção quanto na perspectiva da pegada material (MF)<sup>39</sup>, ou seja, a quantidade de recursos naturais que efetivamente são consumidas pela economia *chin*.

**Gráfico 8** – Evolução do consumo doméstico de materiais (DMC) e da pegada material (MF) chinesa (1970-2019)



Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

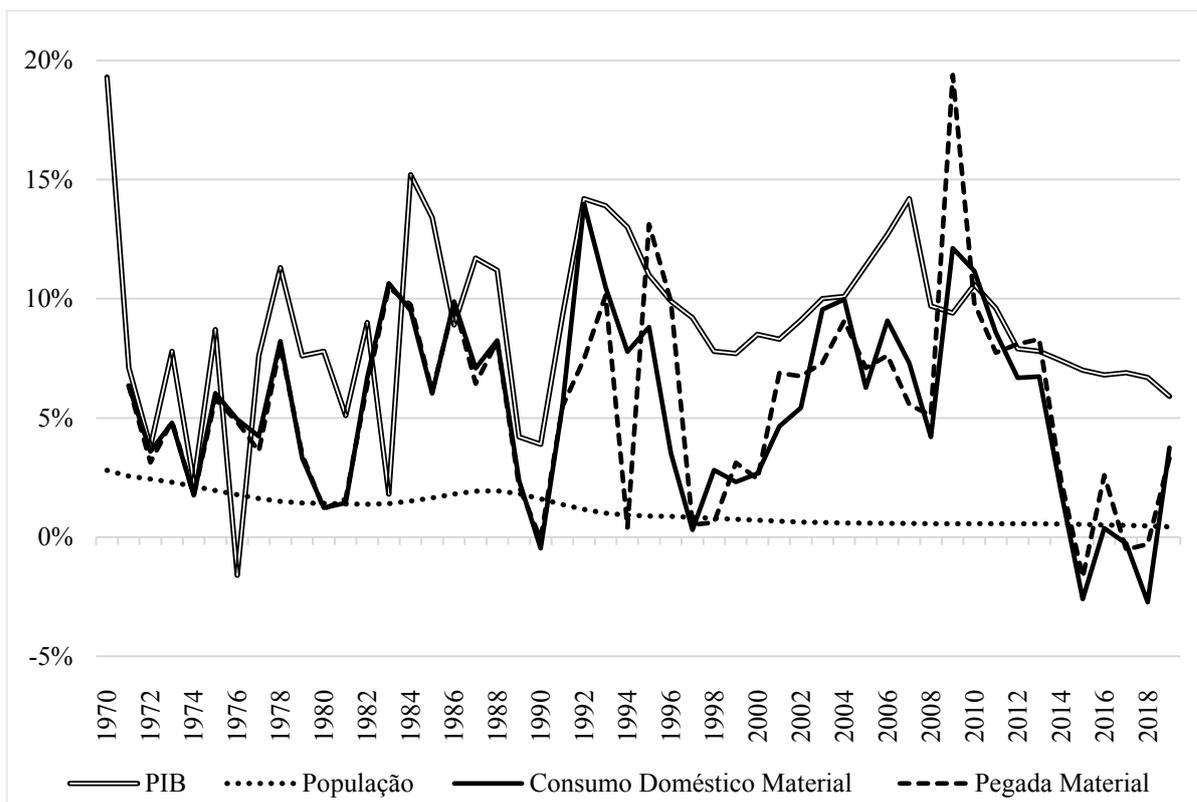
Observa-se, portanto, que a China aumentou sua pegada material, transitando de dois bilhões de toneladas em 1970 para quase 32 bilhões de toneladas em 2019, equivalente a uma taxa de crescimento média de 24% a. a. No último ano, a Austrália, os EUA e o Brasil foram as origens de maior parte dos recursos que sustentaram a MF chinesa (WU VIENNA, 2022). Por seu turno, os dados parecem também assinalar a presença de fluxos indiretos associados a bens intermediários e finais que são processados em território chinês, mas que possuem como direção outros locais, os quais inflam o DMC chinês. Os três principais destinos dessa extração chinesa em 2019 foram EUA, Índia e Hong Kong (WU VIENNA, 2022).

Embasando-se nas formulações teóricas da Economia Ecológica, ainda, o crescimento econômico e populacional ganham papéis centrais no diagnóstico da escala biofísica de uma

<sup>39</sup> A diferença entre DMC e MF já foi apresentada na seção anterior.

economia. Nesse sentido, o Gráfico 9 apresenta a evolução e a interface das taxas de crescimento dessas variáveis ao longo de 1970 e 2019.

**Gráfico 9** – Evolução da taxa de crescimento do PIB, população, consumo doméstico material e pegada material na China (1970-2019)



**Fonte:** WORLD BANK (2020); WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Nota: Em virtude da disponibilidade dos dados, as taxas de crescimento do Consumo Doméstico Material e da Pegada Material iniciam em 1971.

Em primeiro lugar, é possível inferir que a taxa de crescimento do DMC acompanha, na maior parte do período, o curso da taxa de crescimento do produto chinês. E, considerando certa estabilidade das taxas de crescimento populacional, em especial a partir de 2000, as variações das taxas de crescimento do consumo doméstico de materiais recente, parecem ser resultado direto das oscilações na expansão física da própria economia.

Para além, em alguns momentos, as taxas de crescimento do DMC excederam as do PIB, especificamente nos anos de 1976, 1983 e 2009. O primeiro (1976) parece acontecer em virtude da intensa crise econômica que a China passara, dado o fracasso do programa econômico “Salto para Frente” do governo de Mao Tsé-Tung. Nesse período, a queda na taxa de crescimento do produto superou a desaceleração na taxa de crescimento do consumo material. Já no caso de 1983, a taxa de crescimento do DMC ultrapassou a do PIB, tendo como

uma das razões os vultosos investimentos realizados a partir do programa de Políticas de Portas Abertas. Por seu turno, a suplantação da taxa de crescimento do consumo doméstico de materiais à do PIB em 2009 tem como uma das causas a reação política expansionista chinesa frente à crise financeira de 2008 (NONNEMBERG, 2010; HIRATUKA, 2018).

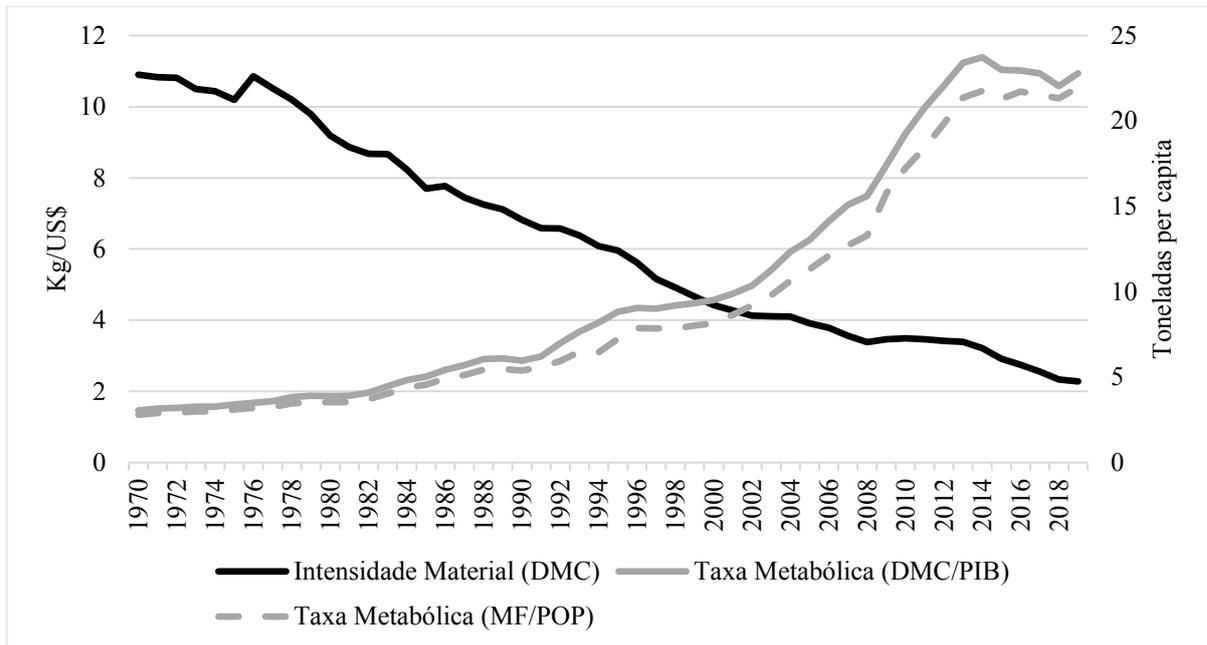
A partir de 2014, verifica-se uma alternância da taxa de crescimento do consumo de materiais, com declínio nos anos de 2015 e 2018, o qual atinge níveis próximos e até menores do que zero, mas com progressivos aumentos em 2016 e 2019.

Percebe-se também que, entre 1990 e a primeira década do século XXI, as taxas de crescimento do consumo doméstico material e da pegada material mostraram comportamentos díspares. O ponto máximo da taxa do DMC foi em 1992 e, como já introduzido, teve como pano de fundo a abertura para novos investimentos via IDE, associada à queda das tarifas médias de importação ao longo da década de 1990, bem como os esforços adicionais empreendidos para a entrada na OMC, em 2001 (NONNEMBERG, 2010; LEITE, 2011; MEDEIROS, 2012).

Por sua vez, constata-se que a taxa de crescimento da pegada material apresentou um declínio em 1994 (mesmo ano do auge inflacionário), seguido por uma escalada em 1995. Isso é importante, pois revela uma sensibilidade da demanda material às condições macroeconômicas. Em 2009, a pegada material apresentou sua maior taxa de crescimento (~19%), o que pode ser reflexo, assim como a do DMC, dos insumos adicionais exigidos pelo massivo estímulo econômico implementado em resposta à crise financeira de 2008. O acréscimo na taxa de crescimento do PIB no biênio 2009/2010 parece indicar que o estímulo serviu ao seu propósito imediato. Nos últimos dez anos da análise, as taxas de crescimento do DMC e MF voltaram a apresentar cursos parecidos, oscilando entre valores negativos e positivos.

Em se tratando da população, a evolução de sua taxa de crescimento ao longo do período tem uma tendência decrescente, consequência principal dos programas de controle de natalidade praticados pelo governo chinês. Adicionalmente, as melhorias na alfabetização e de renda intensificaram essa dinâmica.

**Gráfico 10** – Intensidade material (à esquerda) do consumo doméstico e taxa metabólica (à direita) na China (1970-2019)



Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Por fim, na tentativa de descrever a relações da dimensão biofísica a partir do perfil metabólico e eficiência material (Gráfico 10), nota-se um incremento do consumo doméstico material *per capita* de 3,1 t em 1970 para 22,8 t em 2019 (um aumento de 635% em todo o período). Esse crescimento de certa forma condiz com o avanço econômico chinês, visto que como um processo natural no *scaling up* de uma economia capitalista, há um aumento da classe média e dos níveis de consumo (HIRATUKA, 2018). Ao mesmo tempo é algo positivo, dado que as pessoas têm direito legítimo a um padrão de vida confortável.

Do ponto de vista da taxa metabólica calculada com base no MF, embora visivelmente menor do que ao comparado com o DMC, ela também ostenta índices crescentes, o que certamente contribuiu para a evolução socioeconômica do país e reverberou em toda a economia mundial, especialmente em locais exportadores de recursos como a América Latina, a África e a Austrália. Ademais, confrontando a pegada material *per capita* de 22,0 toneladas em 2019 com outros países, a China ocupa a 125ª posição no mundo (um total de 164 países), além de estar 46,7% acima da média global (WU VIENNA, 2022).

Já a intensidade material (MI) exhibe um declínio progressivo (um decréscimo de 79% entre 1970 e 2019), o que pode ser sinônimo de dissociação entre o consumo doméstico material e desempenho econômico. Os fatores por trás disso são diversos, mas vale destacar dois: i) as recentes mudanças na composição do PIB, com maior participação do setor de serviços e, ii) os intensos esforços de avanço e “esverdeamento” do arranjo industrial-tecnológico nacional. No

entanto, é válido ressaltar que a China ainda permanece muito aquém da média global, exigindo em 2019 2,28 kg de matérias utilizados para produzir cada US\$ de valor adicionado, enquanto no mundo esse valor era de 1,14 kg/US\$. Isto é, em 2019 a intensidade material chinesa era o dobro da intensidade material no mundo.

Por sua vez, a soma entre menor MI, aliado a altas taxas metabólicas e ao elevado coeficiente de Gini do país (em 2016, era igual a 0,38), revela, também, uma preocupação na criação de um novo modelo de crescimento sustentável que seja socialmente mais inclusivo. Isso porque, uma desmaterialização acompanhada por fortes assimetrias claramente não é um decrescimento sustentável (ZHAO, 2017).

### 3.3. (De)coupling chinês: uma análise a partir do consumo material

A fim de visualizar de forma mais clara e robusta a relação entre desempenho econômico e o consumo material na China, ao longo do período 1970 a 2019, bem como reforçar as análises históricas e gráficas obtidas a partir dos tópicos anteriores, busca-se, como último exercício, fazer um estudo do Índice de Desacoplamento (sigla em inglês, DI), no qual as séries temporais de consumo material (ponto de vista da produção e consumo) estão relacionadas ao produto econômico.

A motivação por traz disso, em especial, está na tentativa de conhecer as sensibilidades do uso de insumos materiais ao PIB chinês no longo prazo, tendo em vista as orientações defendidas pelos órgãos internacionais no contexto da Economia Verde vis a vis a realidade chinesa.

Para isso, calculou-se as seguintes Equações (2 e 3):

$$DI_{DMC} = \frac{\left[ \frac{DMC_t - DMC_{t-1}}{DMC_{t-1}} \right]}{\left[ \frac{PIB_t - PIB_{t-1}}{PIB_{t-1}} \right]} = \frac{\Delta\%(DMC)}{\Delta\%(PIB)} \quad (2)$$

$$DI_{MF} = \frac{\left[ \frac{MF_t - MF_{t-1}}{MF_{t-1}} \right]}{\left[ \frac{PIB_t - PIB_{t-1}}{PIB_{t-1}} \right]} = \frac{\Delta\%(MF)}{\Delta\%(PIB)} \quad (3)$$

Representando os Índices de Desacoplamento do consumo doméstico de materiais e da pegada material, respectivamente. Os resultados são detalhados na Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1** – Taxas de crescimento médio anual do PIB, DMC e MF e Índices de Desacoplamento na China em diferentes períodos

Variável	1971- 2019	1971- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2019
Taxa de crescimento anual médio do PIB (%)	8,83	6,11	9,74	9,99	10,35	7,67
Taxa de crescimento anual médio do DMC (%)	5,44	4,81	6,29	6,14	6,55	7,26
Taxa de crescimento anual médio do MF (%)	5,54	4,65	6,21	6,08	6,47	6,58
Índice de Desacoplamento (com base no DMC)	0,62	0,79	0,65	0,61	0,63	0,95
Índice de Desacoplamento (com base no MF)	0,63	0,76	0,64	0,61	0,63	0,86

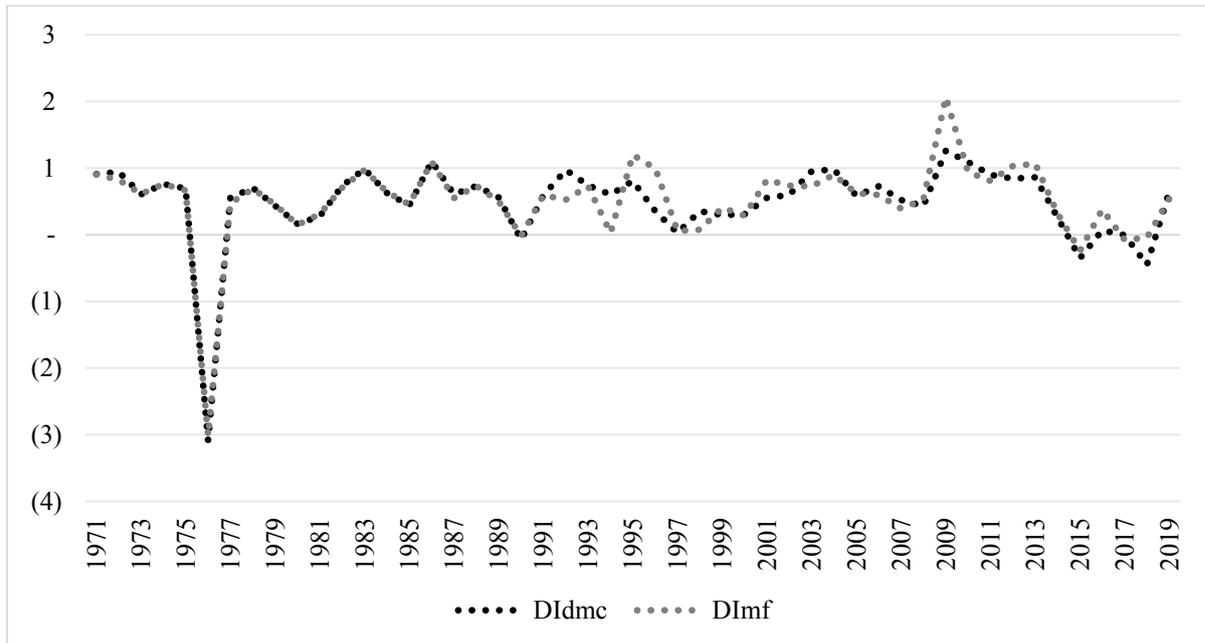
**Fonte:** WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Com base no exposto, as estatísticas sinalizam a existência de um *decoupling* expansivo entre 1971 e 2019 na China, tanto para o consumo doméstico de materiais ( $DI_{DMC}$  igual a 0,62) quanto para a pegada material ( $DI_{MF}$  igual a 0,63), uma vez que ambos os índices foram menores do que um em uma economia em expansão. Todavia, verifica-se que os descasamentos ocorreram apenas de forma relativa, já que as taxas de crescimento médio do consumo de materiais e da pegada material foram também positivas nos anos da análise.

Por seu turno, quando se avalia os pormenores dos mesmos indicadores, nota-se que a década de 1990 foi a melhor do ponto de vista do *decoupling* (apresentando maior intensidade). Isto pode ser consequência das políticas econômicas que foram adotadas, as quais privilegiaram no início do decênio a estabilidade da inflação e a obtenção de divisas para a dinamização da economia chinesa.

Nas décadas posteriores, no entanto, os Índices de Desacoplamento atingem maiores patamares, implicando, assim, um refreamento do processo de dissociação da China (verifica-se uma menor intensidade do *decoupling*, com índices cada vez mais próximos de um). Isso parece espelhar a atual estratégia nacional baseada no incentivo ao consumo e em megaprojetos de inclusão regional. Recentemente (anos 2010 a 2019) vale, ainda, fazer uma leitura mais aprofundada.

**Gráfico 11 – Índices de Desacoplamento na China (1971-2019)**



Fonte: WU VIENNA (2022). Elaboração própria.

Constata-se, portanto, uma tendência de acoplamento expansivo em 2010 (Gráfico 11) - quando a China demandou muito material para fazer frente à crise financeira de 2008-, seguido imediatamente por uma trajetória de queda nos índices de dissociação do consumo até 2014/2015 (tendo como uma das explicações a redução do uso de recursos relacionado ao “novo normal”). A partir daí, os índices parecem patinar, em torno de uma média próxima à zero, indicando ora maior intensidade de *decoupling* (por exemplo, em 2018), ora menor intensidade (como em 2019).

Finalmente, há forte evidência visual de que desde 1990 o consumo doméstico de materiais é mais sensível à dinâmica do produto em detrimento à pegada material. Isso fica claro especificamente em 1994 (em que se tem o pico inflacionário chinês) e nas crises de 1997 (crise asiática) e 2009 (crise do *subprime*), uma vez que a recessão enfraquece a capacidade de exportação dessa economia (WU *et al.*, 2019).

Desse modo, tem-se que desde as políticas de reforma e abertura implementadas em 1978, a China fez grandes esforços para mudar sua estratégia de desenvolvimento e alcançar a modernização. Embora o cenário macroeconômico mostre um sucesso notável e os indicadores de mensuração da pressão ambiental revelam uma dissociação relativa, há fortes indícios, como já citado nesse trabalho, de que o *decoupling* na China ocorreu mais por períodos de menor crescimento ou desacelerações econômicas nacionais e internacionais do que por mudanças concretas no padrão de consumo produtivo e efetivo de materiais, uma vez que a quantidade de

consumo de material continuou aumentando quase continuamente nas últimas quatro décadas e as elevadas taxas de crescimento econômico chinês basicamente descansou sobre o crescimento da indústria. E mais: considerando suas iniciativas de expansão e integração regional para o futuro, bem como as estratégias de fortalecimento dos níveis de consumo para a sustentação do produto, a expectativa é que o consumo de materiais no país cresça cada vez mais.

Isso não significa a ausência de ganhos de produtividade via avanços na composição industrial-tecnológica ou a irrelevância das instituições ambientais. Na verdade, como exposto pelas análises gráficas, foi o conjunto desses elementos que configuraram a posição chinesa atual no debate sobre o meio ambiente.

Porém, as especulações aqui demonstradas entendem que a China ainda está longe de alcançar a prosperidade material ao mesmo tempo que se alcança a prosperidade econômica. Em adição, com base nas ideias dos céticos ecológicos e sociais, os dados parecem ratificar a noção de que esse país priorizou medidas de avanço econômico na hierarquia de seus objetivos de desenvolvimento sustentável, não destoando muito das experiências mundiais e regionais que a literatura empírica retratou.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa monografia embasou-se no princípio da Economia Ecológica de que o funcionamento do sistema econômico, considerado nas escalas temporal e espacial mais amplas, deve ser compreendido tendo-se em vista as condições do mundo biofísico sobre o qual este se realiza, uma vez que é deste que derivam a energia e matérias-primas para o seu próprio funcionamento. Nesse sentido, o objetivo foi de investigar as relações e tendências existentes entre a economia e o ambiente natural na China, integrando analiticamente fatores socioeconômicos subjacentes e condutores biogeográficos na compreensão de um funcionamento comum.

Neste contexto, a análise sociometabólica, sobretudo a metodologia de contabilidade de fluxo de materiais, ganha relevância, trazendo como inovação teórica o exame da economia não apenas por meio do sistema de preços, mas fundamentada na sua realidade substantiva. Ao fazer isso, esse método revela padrões e permite uma observação dinâmica de longo prazo no uso de recursos materiais e energéticos, em uma perspectiva doméstica e global. Além de serem particularmente úteis no monitoramento de metas abrangentes, como as definidas no âmbito dos ODS.

Pelo que segue, portanto, os resultados evidenciaram, de modo geral, uma estreita relação entre desempenho econômico e uso de recursos no território chinês. Inicialmente, verificou-se um crescimento na demanda material e energética em função do processo de transição de uma economia semi-industrializada para uma economia industrializada, a partir das Políticas de Portas Abertas adotadas em 1978, mas decolando principalmente após a virada do novo milênio com a inclusão da China na Organização Mundial do Comércio. A partir daí, essa nação tornou-se uma receptora líquida de recursos, de tal ordem que seu comportamento impulsionou até mesmo a posição da Ásia na narrativa global do uso de recursos ambientais.

Vale ressaltar, no entanto, que a entrada de insumos materiais e energéticos no país *chin* apresentou leves desacelerações, as quais confluíram com momentos históricos-econômicos importantes, tais como as pressões inflacionárias nacionais no fim da década de 1980 e início de 1990, a crise asiática do fim do século XX e o “novo normal” tanto da economia global (pós crise financeira de 2008), mas essencialmente da chinesa, a partir de 2012.

Do ponto de vista da composição dos fluxos materiais, a transição metabólica da China assemelhou-se à do Reino Unido no século XIX, isto é, com uma base industrial produtiva fortemente vinculada aos combustíveis fósseis, com destaque ao carvão mineral no fornecimento de energia. Além disso, apurou-se, no período 1970-2019, o protagonismo dos

fluxos de minerais não metálicos, utilizados para atender as solicitações dos massivos investimentos das indústrias e de infraestrutura doméstica e inter-regional.

Os impactos ambientais da globalização e maior liberalização do mercado chinês também foi alvo de investigação, dado que as relações comerciais entre dois países ou regiões podem gerar desigualdades substanciais no que tange aos fluxos dos recursos. Nesse sentido, quanto ao consumo de materiais e energia, esta pesquisa considerou duas vias: a da produção (DMC) e a efetivamente consumida (MF). Ambas as variáveis apresentaram um forte incremento durante o intervalo 1970-2019, mas também apontaram para a existência de fluxos ocultos de recursos na China, ou seja, de deslocamentos de materiais que não são absorvidos pela esfera econômica nacional. Adicionalmente, esses indicadores parecem sofrer interferências dos contextos macroeconômicos contracionistas supracitados.

No plano da eficiência, os achados apontaram para uma melhora da intensidade material e maior acesso da população aos recursos naturais, expresso pelo aumento da taxa metabólica. As análises do *decoupling* revelaram, por sua vez, a existência de um desacoplamento relativo no período, mas o qual oscilou bastante e não remeteu ao desencadeamento de uma mudança estrutural duradoura, dado que nas primeiras décadas houve uma aceleração do processo de *decoupling* (DI da década de 1990 menor que DI da década de 1980 que, por sua vez, é menor que na década de 1970), mas na última década a intensidade do DI é menor. Soma-se a isso o fato de que o país depende cada vez mais de grandes importações físicas. Neste ponto, as informações obtidas vão ao encontro dos diagnósticos logrados pela literatura empírica da China, de que os eventos e macropolíticas governamentais desempenham um papel importante no consumo material e que sua desmaterialização flutua a um grau que ainda não tem significado categórico ao meio ambiente.

Duas observações também precisam ser reforçadas: i) a de que maior escala de uso material *per capita* não necessariamente traduz uma maior justiça na distribuição, visto que a China ainda luta com questões de pobreza material e ii) que o relativo desacoplamento chinês teve como plano de fundo um conjunto de elementos, mas ganha destaque as recessões econômicas domésticas e internacionais.

A partir do que foi dito, portanto, identifica-se, neste trabalho alguns desafios, de origem conceitual e metodológica, os quais se apresentam como pontos de entrada para novas pesquisas. De um lado, sublinha-se a limitada disponibilidade de dados de indicadores de saída material e a dificuldade de integração entre o metabolismo social e abordagens multiescalas, por exemplo, a nível microeconômico. De outro, tem-se as dificuldades de natureza estatística, quanto à robustez dos dados de desacoplamento e quanto à força do liame entre os múltiplos

eventos que podem impactar o *decoupling*. Neste caso, sugere-se a utilização de avaliações econométricas para a captura das elasticidades consumo/produto, junto a incorporação de novas variáveis (políticas e institucionais e à nível de complexidade e capacidade tecnológica).

Não obstante, o que fica evidente é que a China está em um momento decisivo de sua história. Apesar de ter atingido certo *decoupling* no uso de recursos, esses parecem vir de uma desmaterialização não planejada e impulsionada pela crise, que ao ser acompanhada por medidas de austeridade e desemprego podem incidir na redução do apoio público nas reduções do uso de recursos (WU *et al.*, 2019). Isso, ao mesmo tempo, não é uma determinação para o amanhã, na medida em que é possível encontrar mecanismos de consumo dos recursos naturais limitados com maior eficiência. A única certeza é o que um antigo provérbio chinês diz: “Podemos escolher o que plantar, mas somos obrigados a colher o que semeamos”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIOLY, L. China: uma inserção externa diferenciada. **Economia Política**, 2005.
- AGLIETTA, M.; BAI, G. China's 13th five-year plan. In pursuit of a “moderately prosperous society”. **CEPII Policy Brief**, n. 12, 2016.
- AMAZONAS, M. Economia verde e Rio+ 20: recortando o desenvolvimento sustentável. **Revista NECAT-Revista do Núcleo de Estudos de Economia Catarinense**, v. 1, n. 2, p. 24-39, 2012.
- ANDRADE, D. C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de economia política**, v. 14, p. 1-31, 2008.
- ANDRADE, D. C.; DE MENDONÇA, T. G.; ROMEIRO, A. R. Tendências do metabolismo da economia brasileira: uma análise preliminar à luz da Economia Ecológica. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, v. 28, p. 66-86, 2018.
- ANDRADE, D. C.; LIMA, C. E. O ensino de sustentabilidade nas Ciências Econômicas: perspectiva crítica e elementos norteadores do debate. **II Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis**, Porto Alegre, Brasil, p. 1-14, out. 2015.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Economia**, v. 12, n. 1, 2011.
- ANDRADE, D. C.; VALE, P. M. “Fronteiras planetárias” e limites ao crescimento: algumas implicações de política econômica. **REVIBEC-REVISTA IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA**, p. 69-84, 2014.
- ANSAR, A. *et al.* Does infrastructure investment lead to economic growth or economic fragility? Evidence from China. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 32, n. 3, p. 360-390, 2016.
- ANTAL, M. Green goals and full employment: are they compatible? **Ecological Economics**, v. 107, p. 276-286, 2014.
- ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. JT. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 3, p. 525-547, 2006.
- ARROW, K. *et al.* Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment. **Science**, v.268, p.520-521, 1995.
- ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista Usp**, n. 103, p. 13-24, 2014.
- ASCHAUER, D. A. Does public capital crowd out private capital? **Journal of monetary economics**, v. 24, n. 2, p. 171-188, 1989a.

ASCHAUER, D. A. Is Public Expenditure Productive? **Journal of monetary economics**, v. 23, n. 2, p. 177-200, 1989b.

ÁVILA, E. S. de; DINIZ, E. M. Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 45, p. 97-126, 2015.

AYRES, R. U. **Resources, environment, and economics: Applications of the materials/energy balance principle**. United States: N. p., 1978.

AYRES, R. U. Forum: Comments on Georgescu-Roegen. **Ecological Economics**, v. 22, p. 285-287, 1997.

AYRES, R. U.; KNEESE, A. V. Production, consumption, and externalities. **The American economic review**, v. 59, n. 3, p. 282-297, 1969.

BARBIERI, M. D. Política pública ambiental e novos atores sociais: o caso chinês. **Seminários do LEG**, n. 9, p. 173-187, 2018.

BARCELOS, T. S. *et al.* Bases, conceitos e noções acerca do metabolismo econômico-social-ecológico. **Cadernos CEPEC**, v. 9, n. 1, 2020.

BECKERMAN, W. Economic growth and the environment: whose growth? whose environment? **World Development**, v. 20, n. 4, p. 481-496, 1992.

BIAGE, M. Relação entre crescimento econômico e impactos ambientais - uma análise da curva ambiental de Kuznets. **Revista Economia Ensaios**, v. 27, n. 1, p. 7-42, 2013.

BIAGE, M.; ALMEIDA, H. J. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da Curva Ambiental De Kuznets. **Pesquisa e Planejamento econômico**, v. 45, n. 3, p. 1-52, 2015.

BOULDING, K. E. The economics of the coming spaceship earth. **New York**, p. 1-17, 1966.

BOWEN, A.; HEPBURN, C. Green growth: an assessment. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 30, n. 3, p. 407-422, 2014.

BRAGA, Indira Bauer. **Educação ambiental na EJA: percepções e práticas dos professores de ciências de uma escola de Cidreira, RS**. 2019.

BRANDÃO, C. M. *et al.* The end of cheap China?: Uma análise do catching up produtivo e da sofisticação das exportações chinesas entre 2001 e 2017. **Revista de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 7, n. 1, p. 84-103, 2021.

CAI, P. Understanding China's belt and road Initiative. **Lowy Institute for International Policy**, Mar. 2017. Disponível em: [https://www.lowyinstitute.org/sites/default/files/documents/Understanding%20China%E2%80%99s%20Belt%20and%20Road%20Initiative\\_WEB\\_1.pdf](https://www.lowyinstitute.org/sites/default/files/documents/Understanding%20China%E2%80%99s%20Belt%20and%20Road%20Initiative_WEB_1.pdf). Acesso em: 28 mai. 2022.

CARSON, R. T.; JEON, Y.; MCCUBBIN, D. R. The relationship between air pollution emissions and income: US data. **Environment and Development Economics**, v. 2, p. 433-450, 1997.

- CARVALHO, L. N. de. **Desenvolvimento sustentável: da economia ecológica à economia de decrescimento**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília.
- CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40 (3), p. 587-615, 2010.
- CASTRO, A. S. de; ALVES, J. S.; ANDRADE, D. C. Condicionantes das emissões de dióxido de carbono (co2) no Brasil: evidências empíricas de uma curva no formato de “N”. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 22, 2019.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.
- CECHIN, A. D. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?** 2008. 208 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CECHIN, A. D.; PACINI, H. Economia verde: por que o otimismo deve ser aliado ao ceticismo da razão. **Estudos avançados**, v. 26, p. 121-136, 2012.
- CHINA'S Agenda 21: White Paper on China's Population, Environment, and Development in the 21st Century: **China population today**, vol. 11, n. 4, p. 5-8., 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12288811/>. Acesso em: 02 mai. 2022.
- CINTRA, M. A.; PINTO, E. C. China em transformação: transição e estratégias de desenvolvimento. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 37, p. 381-400, 2017.
- CMMAD (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso futuro comum**. United Nations - Brundtland Commission, Geneva, p. 1-300, 1987. Disponível em: <http://www.ask-force.org/web/Sustainability/Brundtland-Our-Common-Future-1987-2008.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- COLOMBO, F. G. **O desenvolvimento chinês nos séculos XX e XXI: o consenso de Pequim**. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Internacionais), Centro Sócio-Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. The interaction of population growth and environmental quality. **The American Economic Review**, v. 84, n. 2, p. 250-254, 1994.
- CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**, v. 450, n. 23, p. 23, 2002. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/415023a>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- DA ROCHA, J. M. **A ciência econômica diante da problemática ambiental**. 2004. Nota Introdutória à disciplina de Economia e Meio Ambiente. Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul. Disponível em:

[https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/IPES\\_TD\\_009\\_JUL\\_2004.pdf](https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/IPES_TD_009_JUL_2004.pdf). Acesso em 08 mar. 2022.

DALY, H. E.; DALY, H. E. (Ed.). **Toward a steady-state economy**. San Francisco: WH Freeman, p. 1-332, 1973.

DALY, H. E. A economia ecológica e o desenvolvimento sustentável (textos para debates, tradução de John Cunha Comerfort). **Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa**, p. 21, 1991.

DALY, H. E. Sustainable growth? No thank you. **The case against the global economy**, p. 192-96, 1996.

DALY, H. E. **Ecological economics and sustainable development**. Edward Elgar Publishing, 2007.

DE ALMEIDA, W. da S. *et al.* Crescimento econômico e degradação ambiental: uma análise empírica com dados em painel a partir da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. **Revista Espacios**, Vol. 38, nº 39. 2017.

DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 25, p. 161-175, 1998.

DE CARVALHO, S. S. **A relação entre crescimento e o meio ambiente: uma reavaliação da Curva de Kuznets Ambiental**. Texto para Discussão, 2013.

DE CONTI, B.; BLIKSTAD, N. Impactos da economia chinesa sobre a brasileira no início do século XXI: o que querem que sejamos e o que queremos ser. **Texto para Discussão Unicamp-IE**, n. 292, p. 1-33, 2017.

DE MATTOS, R. S. **Tendências e raízes unitárias**. Texto didático. Juiz de Fora: UFJF, p. 61, 2018. Disponível em: [https://www.ufjf.br/wilson\\_rotatori/files/2011/05/Tendencias-e-Raizes-Unitarias-2018.pdf](https://www.ufjf.br/wilson_rotatori/files/2011/05/Tendencias-e-Raizes-Unitarias-2018.pdf). Acesso em: 20 jun. 2022.

DE SOUZA, L. E. S.; PREVIDELLI, M. de F. S. do C. China e União Europeia: notas sobre o histórico das relações comerciais recentes e sua situação no início da década de 2010. **Revista Economia e Políticas Públicas**, v. 4, n. 1, 2016.

DIAS, R.; MONÇÃO, B. A.; SILVA, K. J. da. Os reflexos das crises internacionais da década de 1990 nas economias-membro do Mercosul. **Revista NUPEM**, v. 4, n. 6, p. 163-181, 2012.

DITTMER, L. Xi Jinping's "New Normal": Quo Vadis?. **Journal of Chinese Political Science**, v. 22, n. 3, p. 429-446, 2017.

DOMINIK, W. *et al.* Is there a 1970s syndrome? Analyzing structural breaks in the metabolism of industrial economies. **Energy Procedia**, v. 40, p. 182-191, 2013.

DOS SANTOS ARAÚJO, A. H. Crescimento econômico e fluxos de materiais: uma análise empírica para o Brasil. **III Encontro de Economia Aplicada de Sergipe**, Sergipe, Brasil, p. 1-18, jun. 2019.

DOS SANTOS ARAÚJO, A. H.; ANDRADE, D. C.; DE SOUZA, H. F. METABOLISMO SOCIOECONÔMICO (MSE): Construção Conceitual e Convergência com a Economia Ecológica (EE). **REVIBEC-Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 31, n. 1, p. 127-143, 2019.

EHRlich, P. **The population bomb**. Stanford University Press, 1968.

ELLIOTT, G.; ROTHENBERG, T. J.; STOCK, J. H. Efficient tests for an autoregressive unit root. **Econometrica**, v. 64, n. 4, p. 813-836, 1996.

EUROSTAT. **Economy-wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide**. European Communities, Luxembourg, 2001. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/3-Economy-wide-material-flow-accounts...-A-methodological-guide-2001-edition.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

EUROSTAT. **Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2013**. [S. l.]: 2013. 87 p. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4c>. Acesso em: 18 mar. 2022.

FAY, M. **Inclusive green growth: The pathway to sustainable development**. World Bank Publications, Washington DC, 2012. 192 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6058/9780821395516.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

FERREIRA, L. da C.; BARBI, F. Questões ambientais e prioridades políticas na China. **ComCiência**, v. 137, p. 01-05, 2012.

FISCHER-KOWALSKI, M. Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860-1970. **Journal of industrial ecology**, v. 2, n. 1, p. 61-78, 1998.

FISCHER-KOWALSKI, M. *et al.* Methodology and indicators of economy-wide material flow accounting: State of the art and reliability across sources. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 6, p. 01-22, 2011.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HABERL, H. Social metabolism: a metric for biophysical growth and degrowth. In: **Handbook of ecological economics**. Edward Elgar Publishing, 2015.

FISHER-KOWALSKI, M.; HÜTTLER, W. Society's Metabolism: The intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 4, p. 107-136, 1999.

FISCHER-KOWALSKI, M.; WEISZ, H. Society as hybrid between material and symbolic realms: Toward a theoretical framework of society-nature interaction. **Advances in human ecology**, v. 8, p. 215-252, 1999.

FLORES, R. J. G. **Teste da hipótese da curva de Kuznets ambiental para os países do BRICS**. 2017. 144 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 253-267, 2006.

GAVARD, F. M.P. Do impasse ao consenso: um breve histórico do conceito de desenvolvimento sustentável. **Revista Sociais e Humanas**, Santa Maria, v.22, n.2, 2009.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The Entropy Law and the Economic Process Harvard University Press, Harward. Traducción española. **La ley de la entropía y el proceso económico**, 1971.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays**. Pergamon Press, 1976.

GIERLINGER, S.; KRAUSMANN, F. The physical economy of the United States of America: Extraction, trade, and consumption of materials from 1870 to 2005. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 3, p. 365-377, 2012.

GILBOY, G. J.; HEGINBOTHAM, E. **Chinese and Indian strategic behavior: Growing power and alarm**. Cambridge University Press, 2012.

GLAESER, E. *et al.* A real estate boom with Chinese characteristics. **Journal of Economic Perspectives**, v. 31, n. 1, p. 93-116, 2017.

GOELLNER, A. S. **Ação antrópica e meio ambiente: sustentabilidade discutida a partir da ONU**. 2017. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas), Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GÖRG, C. *et al.* Scrutinizing the Great Acceleration: The Anthropocene and its analytic challenges for social-ecological transformations. **The Anthropocene Review**, v. 7, n. 1, p. 42-61, 2020.

GRANGER, Clive WJ; NEWBOLD, Paul. Spurious regressions in econometrics. **Journal of econometrics**, v. 2, n. 2, p. 111-120, 1974.

GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A. B. Environmental impacts of a North American free trade agreement. NBER **Working Papers**, n. 3914, p. 57, 1991.

GROSSMAN, G. M. e KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics, Massachusetts**, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995.

GUJARATI, D; PORTER, D. **Econometria Básica** (5ª ed.). Porto Alegre: AMGH Editora, 2011.

GUO, K.; N'DIAYE, P. Is China's export oriented growth sustainable? **International Monetary Fund Working Paper**, v. 9, n. 172, 2009. Disponível em: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2009/wp09172.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.

HABERL, H. *et al.* Contributions of sociometabolic research to sustainability science. **Nature Sustainability**, v. 2, n. 3, p. 173-184, 2019.

HABERL, H. *et al.* A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 6, p. 065003, 2020.

HARDIN, G. The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. **Science**, v. 162, n. 3859, p. 1243-1248, 1968.

HARVIE, C. China's township and village enterprises and their evolving business alliances and organisational change, **Working Paper 99-6**. Department of Economics, University of Wollongong. 1999. Disponível em: <https://ro.uow.edu.au/commwkpapers/9/>. Acesso em: 24 abr. 2022.

HICKEL, J. The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene. **Ecological Economics**, v. 167, p. 106331, 2020.

HILTON, F. G. HANK; LEVINSON, A. Factoring the Environmental kuznets Curve: evidence from automotive lead emissions. **Journal of Environmental Economics and Management**, v.35, p.126-141, 1998.

HIRATUKA, C. Mudanças na estratégia chinesa de desenvolvimento no período pós-crise global e impactos sobre a AL. **Texto para discussão, Unicamp**, n. 339, 2018.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual review of ecology and systematics**, v. 4, n. 1, p. 1-23, 1973.

HOTELLING, Harold. The economics of exhaustible resources. **Journal of political Economy**, v. 39, n. 2, p. 137-175, 1931.

HUANG, B. *et al.* Building material use and associated environmental impacts in China 2000–2015. **Environmental science & technology**, v. 52, n. 23, p. 14006-14014, 2018.

INFANTE-AMATE, J.; DE MOLINA, M. G.; TOLEDO, V. M. El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, v. 27, p. 130-152, 2017.

JACKSON, T. **Prosperity without growth: Economics for a finite planet**. Routledge, 2009.

JEVONS, W. S. **The Coal Question**; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines. London: Liberty Fund, Inc., 1865.

JEVONS, W. S. The power of numerical discrimination. **Nature**, v. 3, n. 67, p. 281-282, 1871.

JONES, L. E.; MANUELLI, R. E. A Positive Model of Growth and Pollution Controls. **NBER Working Papers**, n.5205, 1995.

KLAFKE, R. V. **Comparação entre os níveis tecnológicos do Brasil e da China em relação ao PIB e o IDH**. 2016. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

KANDER, A. *et al.* International trade and energy intensity during European industrialization, 1870–1935. **Ecological Economics**, v. 139, p. 33-44, 2017.

KEYNES, J. M. **The General Theory of Employment, Interest and Money**. New York: Harcourt, Brace & Co., 1936. Trad. bras. A teoria geral do emprego, do juro e da moeda. São Paulo: Col. 'Os Economistas', Abril Cultural, 1983.

KHAN, M. E. A Household Level Environmental Kuznets Curve. **Economics Letters**, v.59, n.2, p.269-273, 1998.

KOBAYASHI, S.; BAOBO, J.; SANO, J. The “Three Reforms” in China: Progress and Outlook. **RIM Pacific Business and Industries**, v. 45, p. 2-41, 1999.

KOCHANSKI, A. K. *et al.* Toward an integrated system for fire, smoke and air quality simulations. **International Journal of Wildland Fire**, v. 25, n. 5, p. 534-546, 2015.

KRAUSMANN, F. *et al.* The global sociometabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. **Journal of Industrial ecology**, v. 12, n. 5-6, p. 637-656, 2008.

KRAUSMANN, F. *et al.* Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. **Ecological economics**, v. 68, n. 10, p. 2696-2705, 2009.

KRAUSMANN, F. *et al.* Material flow accounting: measuring global material use for sustainable development. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 42, p. 647-675, 2017.

KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. **The American Economic Review**, v 4, n. 1, p. 1-28, 1955.

LAGE, A. C. **Administração pública orientada para o desenvolvimento sustentável. Um estudo de caso: os ventos das mudanças no Ceará também geram energia**. 2001. 157 p. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 6ª Ed. (Revisada e ampliada), 2007.

LARSEN, K. *et al.* **China’s Greenhouse gas emissions exceeded the developed world for the first time in 2019**. Rhodium Group, 2021. Disponível em: <https://rhg.com/research/chinas-emissions-surpass-developed-countries/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

LEÃO, R. P. F.; PINTO, E. C.; ACIOLY, L. A China na nova configuração global: impactos políticos e econômicos. **Brasília: Ipea**, 2011. 352 p. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livro\\_achinaglobal.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livro_achinaglobal.pdf). Acesso em: 20 mai. 2022.

LEE, Il-S. *et al.* A suggestion for Korean resource productivity management policy with calculating and analyzing its national resource productivity. **Resources, conservation and recycling**, v. 91, p. 40-51, 2014.

LEITE, A. C. C. **O projeto de desenvolvimento econômico chinês-1978-2008: a singularidade de seus fatores políticos e econômicos**. 2011. 230 p. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

LIMA, F. da S. **As reformas estruturais na China após 1978 - A abertura da economia**. 2005. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LIMA, P. C. R. **Os minerais estratégicos e as cadeias produtivas na China**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudios/pdf/apresentacao-de-paulo-cesar-ribeiro-lima-na-9a-reuniao-do-caeat>. Acesso em: 01 jun. 2022.

LIU, Z. **China's Carbon Emissions Report 2015**. Cambridge: Harvard Kennedy School, 2015. Disponível em: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/carbon-emissions-report-2015-final.pdf>. Acesso em 20 mai. 2022.

LUCENA, A. F. P. de. **Estimativa de uma Curva de Kuznets Ambiental aplicada ao uso de energia e suas implicações para as emissões de carbono no Brasil**. 2005. 124 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LUTTER, S.; GILJUM, S.; BRUCKNER, M. A review and comparative assessment of existing approaches to calculate material footprints. **Ecological Economics**, v. 127, p. 1-10, 2016.

MAGALHÃES, D. **O conceito de sustentabilidade nas políticas de desenvolvimento territorial no Brasil**. 2012. 106 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MANZI, R. H. D.; VIOLA, E. A desaceleração da economia da China e a transição para um “novo normal” no século 21. **Carta Internacional**, v. 15, n. 2, 2020.

MARTINICO-PEREZ, M. F. G. *et al.* O metabolismo socioeconômico de uma economia emergente: monitorando o progresso da dissociação do crescimento econômico e das pressões ambientais nas Filipinas. **Economia Ecológica**, v. 147, p. 155-166, 2018.

MCCONNELL, K. Income and the demand for environmental quality. **Environment and Development Economics**, v. 2, p. 383-399, 1997.

MEADOWS, D. H. *et al.* **The limits to growth**-club of rome. 1972.

MEDEIROS, C. A. China: entre os séculos XX e XXI. *In: FIORI, J. L. Estados e moedas no desenvolvimento das nações*. Petrópolis: Vozes, 1999.

MEDEIROS, C. A. **Notas sobre o desenvolvimento econômico recente na China**. 2012. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/medeiroschina.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.

MEDEIROS, C. A. Padrões de investimento, mudança institucional e transformação estrutural na economia chinesa. *In: Padrões de desenvolvimento econômico: América Latina, Ásia e Rússia (1950-2008)*. Brasília, DF: CGEE, 2013.

MEDEIROS, C. A.; CINTRA, M. R. V. P. Impacto da ascensão chinesa sobre os países latino-americanos. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 35, p. 28-42, 2015.

MEDEIROS, C. A. S.; MORAIS, I. N. Uma abordagem estruturalista das desigualdades de renda na China contemporânea. **Revista Tempo do Mundo**, v. 3, n. 3, p. 99-121, 2011.

METHODS. **Materialflows.net**. 2022. Disponível em: <http://www.materialflows.net/methods/>. Acesso em: 20 mai. 2022.

MILARÉ, L. F. L.; DIEGUES, A. C. A industrialização chinesa por meio da tríade autonomia-planejamento-controle. **Leituras de Economia Política**, n. 22, 2015.

MILL, J. S. **Princípios de Economia Política**. São Paulo, Abril Cultural, 1983. 2v.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as inter-relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Versão preliminar, NEPAMA, Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MUELLER, C. C. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 35, n. 4, p. 687-713, 2005.

MYLLIVIRTA, L. Analysis: China's CO2 emissions see longest sustained drop in a decade. **Carbon Brief**. 2022. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/analysis-chinas-co2-emissions-see-longest-sustained-drop-in-a-decade/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. (Org.) **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Ed. Ibama, 2002.

NONNENBERG, M. J. B. China: estabilidade e crescimento econômico. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, n. 2, p. 201-218, 2010.

OECD - The Organisation for Economic Co-operation and Development. **Indicators to Measure decoupling of Environmental Pressure and Economic Growth**. OECD, 2002. Disponível em:

[https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=s/g/sd\(2002\)1/final](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=s/g/sd(2002)1/final). Acesso em: 12 fev. 2022.

OLIVEIRA, G. C. O estado e a inserção ativa na economia: a estratégia de desenvolvimento econômico da China. **Revista de Economia**, v. 34, n. 3, 2008.

OLIVEIRA, H. A. de. **A crise Asiática e a China**. 1999. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/oliveiracriseasiatica.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2022.

OLIVEIRA, R. R.; FRAGA, J. S. Integrando processos sociais e ecológicos: o metabolismo social de três sistemas produtivos históricos do Estado do Rio de Janeiro. **Anais do XXVI Simpósio Nacional de História-ANPUH**. São Paulo, 2011.

ONU BRASIL – Organização das Nações Unidas no Brasil. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Recuperado em, v. 15, p. 24, 2016. Disponível em: [http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil\\_Amigo\\_Pesso\\_Idosa/Agenda2030.pdf](http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf). Acesso em: 25 fev. 2022.

PANAYOTOU, T. **Testes empíricos e análise de políticas de degradação ambiental em diferentes estágios de desenvolvimento econômico**. Organização Internacional do Trabalho, 1993.

PARRIQUE, T. *et al.* **Decoupling Debunked: Evidence and Arguments against Green Growth as a Sole Strategy for Sustainability** (European Environment Bureau Study). 2019.

PAULINO, L. A.; PIRES, M. C. As relações entre a China e América Latina frente ao novo normal da economia chinesa. **Economia e Políticas Públicas**, v. 4, n. 1, p. 9-27, 2016.

PAULIUK, S.; HERTWICH, E. G. Prospective models of society's future metabolism: what industrial ecology has to contribute. *In: Taking stock of industrial ecology*. Springer, Cham, 2016. p. 21-43.

PEREIRA, J. A. G. *et al.* **Radar Rio+ 20: por dentro da conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: FGV, ISA e Vitae Civillis, 2011. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15371>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PETERS, G. P. *et al.* Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 108, n. 21, p. 8903-8908, 2011.

PEZZEY, J. C.V. Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development. Environment Department Working Paper No. 15. 1989. Published as Sustainable Development Concepts: An Economic Analysis, **World Bank Environment Paper**, n. 2, Washington DC: World Bank, 1992.

PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. Macmillan, London.1920.

PLANK, B. *et al.* International trade drives global resource use: a structural decomposition analysis of raw material consumption from 1990–2010. **Environmental Science & Technology**, v. 52, n. 7, p. 4190-4198, 2018.

POSSAS, M. L. A cheia do “*mainstream*”: comentário sobre os rumos da ciência econômica. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 1, n. 1, 1995.

PROTTI, A. T. **China**: uma análise do papel das exportações e do investimento doméstico para o modelo de desenvolvimento econômico no período recente. 2015. 141 p. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

QUIRINO, C. Política de três filhos é confirmada com nova lei chinesa. **Agência Brasil**, Pequim, 20 de ago. de 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2021-08/politica-de-tres-filhos-e-confirmada-com-nova-lei-chinesa>. Acesso em: 29 mai. 2022.

RAWORTH, K. **Economia Donut**: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2019. 367 p.

REDCLIFT, M. **Sustainable development**: exploring the contradictions. Londres, Nova York: Methuen, 1987.

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. São Paulo, Abril Cultural, 1982.

RINGEL, B.; MUÑOZ, E. E. Dez anos de Seattle, o movimento antiglobalização e a ação coletiva transnacional. **Ciências Sociais Unisinos**, v. 46, n. 1, p. 28-36, 2010.

ROCA, J. Do individual preferences explain Environmental Kuznets Curve? **Ecological Economics**, v. 45, n. 1, p. 3-10, 2003.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society**, v. 14, n. 2, 2009.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. *In*: MAY, P. H. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. São Paulo: Elsevier, 2010.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-cológica. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

ROMEIRO, A. R. *et al.* Macroeconomia Ecológica: Evolução e Perspectivas. MAY, P.; LUSTOSA, C.; VINHA, V. (Orgs). **Economia do Meio Ambiente**: Teoria e Prática. 2018.

ROMEIRO, A. R.; MAIA, A. G. **Avaliação de custos e benefícios ambientais**. Cadernos ENAP, v. 1, n. 35, Brasília, 2011.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.

SAES, B. M.; ROMEIRO, A. R. O debate metodológico na economia ecológica: indefinição ou pluralismo? **Nova Economia**, v. 28, p. 127-153, 2018.

SAIANI, C. C. S.; TONETO JUNIOR, R.; DOURADO, J. A. Déficit de acesso a serviços de saneamento ambiental: evidências de uma Curva Ambiental de Kuznets para o caso dos municípios brasileiros? **Economia e Sociedade**, v. 22, n. 3, p. 791-824, 2013.

SANTOS, A. A. dos. **Desigualdade de renda, pobreza e políticas públicas sociais: comparações entre Brasil e China (2000-2020)**. 2021. 229 p. Tese (Doutorado Economia) - Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2021.

SAWAYA, R. R. China: uma estratégia de inserção no capitalismo mundial. **Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política**, v. 1, n. 28, 2011.

SCHANDL, H.; WEST, J. Resource use and resource efficiency in the Asia-Pacific region. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 4, p. 636-647, 2010.

SCHANDL, H. *et al.* Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. **Journal of cleaner production**, v. 132, p. 45-56, 2016.

SCHERER, A. L. F. A nova estratégia de projeção geoeconômica chinesa e a economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 36, n. 129, p. 35-51, 2015.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for air Pollution Emission? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 27, p.147-162, 1994.

SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade**. Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SERRANO, A. L. M.; LOUREIRO, P. R. A.; NOGUEIRA, J. M. Evidência da Curva de Kuznets Ambiental no Brasil: uma análise do crescimento econômico e poluição. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 13, n. 2, p. 304-314, 2014.

SHAFIK, N. Economic development and environmental quality: an econometric analysis. **Oxford economic papers**, p. 757-773, 1994.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S.. Economic growth and environmental quality: a time series and cross-country evidence. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 4, p. 1-24, 1992.

SIMÕES, M. S. **Ensaio sobre desempenho socioeconômico, complexidade econômica e performance ambiental**. 2021. 236 p. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

SMITH, A. **A Riqueza das Nações**. São Paulo, Abril Cultural, 1983. 2v.

SOARES, L. da R. **Crescimento econômico e desacoplamento do uso de recursos naturais e de impactos ambientais: evidências para o Brasil**. 2015. 145 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2015.

SOLOW, R. M. The economics of resources or the resources of economics. *In: Classic papers in natural resource economics*. Palgrave Macmillan, London, 1974. p. 257-276. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1057/9780230523210\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1057/9780230523210_13). Acesso em: 20 jan. 2022.

STATISTA. Energy & Environment, **Emissions**. 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/239093/co2-emissions-in-china/>. Acesso em 10 jun. 2022. Base de Dados.

STEFFEN, W. *et al.* Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. **Science**, v. 347, 2015, p. 736-46.

STERN, D. I. The rise and the fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development, Troy**, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004.

TOLEDO, V. M. Social Metabolism: A New Socio-ecological Theory. **Relaciones. Estudios de historia y sociedad**, v. 34, n. 136, p. 41-71, 2013.

TOLEDO, V. M.; DE MOLINA, M. G. El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. *In: El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Icaria Editorial, 2007. p. 85-112.

UN - UNITED NATIONS. **The future we want**. Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil. 2012. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf>. Acesso em: 10 jan. de 2022.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Environmental Governance**. 2011a. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/resources/annual-report/unep-2011-annual-report>. Acesso em: 02 set. 2020.

UNEP - United Nations Environment Programme. **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. 2011b. Disponível em: <https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/07/decoupling.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.

UNEP - United Nations Environment Programme, International Resource Panel. **Decoupling 2—technologies, opportunities and policy options**. Nairobi, Kenya, 2014.

UNEP - United Nations Environment Programme, International Resource Panel. Global material flows and resource productivity. **Assessment report for the UNEP international resource panel**. United Nations Environment Programme, Nairobi, 2016.

UNEP - United Nations Environment Programme. **The use of natural resources in the economy: A Global Manual on Economy Wide Material Flow Accounting**. Nairobi, Kenya, 2021. Disponível em: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-manual-economy-wide-material-flow-accounting>. Acesso em: 02 mar. 2022.

VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. São Paulo: Garamond, 2005.

VIEIRA, F. V. China: crescimento econômico de longo prazo. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 26, n. 3, p. 401-424, 2006.

WALKER, B. *et al.* Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and society**, v. 9, n. 2, 2004.

WATTS, J. Vaclav Smil: ‘Growth must end. Our economist friends don’t seem to realise that’. **The Guardian**, 2019. Disponível em: <https://www.theguardian.com/books/2019/sep/21/vaclav-smil-interview-growth-must-end-economists>. Acesso em: 25 fev. 2022.

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

WHAT is decoupling and why is it important? **Materialflows.net**. 2022. Disponível em: <http://www.materialflows.net/decoupling-material-use-and-economic-performance/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

WIEDMANN, T. *et al.* Scientists’ warning on affluence. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2020.

WOLF, R. *et al.* Estimation of the environmental Kuznets Curve for the State of Mato Grosso do Sul. **Investigación Agraria**, v. 21, n. 2, p. 124-135, 2019.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. 1960. Tradução Rogério César de Souza, José Antônio Ferreira; revisão técnica Nelson Carneiro. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

WORLD BANK. **Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development**. Washington, DC. © World Bank, 2012. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6058/9780821395516.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jan. 2022.

WORLD BANK. The World Bank Group at Work. **China**. World Bank, 2020. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/country/china>> Acesso em: 17 de abr. 2022. Base de dados.

WU VIENNA, Wirtschaftsuniversität Wien Vienna University of Economics and Business. **The material Flow Analysis Portal**. Visualisation based upon the UN IRP Global Material Flows Database, 2022. Disponível em: <http://www.materialflows.net/>. Acesso em 01 jan. 2022. Base de dados.

WU, Z. *et al.* Does economic recession reduce material use? Empirical evidence based on 157 economies worldwide. **Journal of cleaner production**, v. 214, p. 823-836, 2019.

XU, M.; ZHANG, T. Material Flows and Economic Growth in Developing China. **Journal of Industrial Ecology**, Massachusetts Institute of Technology and Yale University, v. 11, n. 1, p. 121-140, 2007.

XU, Y. *et al.* Infant mortality and life expectancy in China. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**, v. 20, p. 379, 2014.

YAO, Y. The double transition and China's export-led growth. **The pacific trade and development (PAFTAD) Conference Series**, 2010. Disponível em: [https://www.paftad.org/files/34/01\\_YANG%20YAO\\_Growth.pdf](https://www.paftad.org/files/34/01_YANG%20YAO_Growth.pdf). Acesso em: 20 abr. 2022.

ZHANG, Y. Corporate criminal responsibility in China: Legislations and its deficiency. **Beijing L. Rev.**, v. 3, p. 109, 2012.

ZHAO, J. Analysis of eco-efficiency based on material flow. **Journal of Interdisciplinary Mathematics**, v. 20, n. 3, p. 649-658, 2017.

ZHONGMING, Z. *et al.* The Global Biodiversity Outlook 5 (GBO-5). 2020. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-en.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

ZHOURI, A.; PEREIRA, D. B.; LASCHEFSKI, K. (Org). **A insustentável leveza da política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais**. 1. Ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. p. 288.

ZOTIN, M. Z. **O Papel da China na Transição Energética Global**: Estado Indústria e Recursos. 2018. 281 p. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.