

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
NÍVEL MESTRADO**

**TATIANE BUENO DA ROSA**

**O PLÁSTICO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: Os impactos de um imposto verde nas  
cinco macrorregiões do Brasil**

**Porto Alegre  
2024**

TATIANE BUENO DA ROSA

**O PLÁSTICO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: Os impactos de um imposto verde nas  
cinco macrorregiões do Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientadora: Dra. Raquel Pereira Pontes

Porto Alegre

2024

R788p Rosa, Tatiane Bueno da.  
O plástico na indústria têxtil : os impactos de um imposto verde nas cinco macrorregiões do Brasil / por Tatiane Bueno da Rosa. – 2024.  
81 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, RS, 2024.  
“Orientadora: Dra. Raquel Pereira Pontes”.

1. Imposto Pigouviano. 2. Poluição plástica.  
3. Indústria têxtil. 4. Sustentabilidade ambiental.  
5. Modelo de equilíbrio geral computável. I. Título.

CDU: 336.222:677

TATIANE BUENO DA ROSA

**O PLÁSTICO NA INDÚSTRIA TÊXTIL: Os impactos de um imposto verde nas cinco macrorregiões do Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aprovado em 18 março 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Angélica Massuquetti – Unisinos

---

Tiago Wickstrom Alves – Unisinos

---

Ângelo Gurgel – Fundação Getúlio Vargas

Às pessoas do bem.

## **AGRADECIMENTOS**

Minha formação inicial em Administração sempre despertou curiosidade nas pessoas ao saberem da minha escolha pelo mestrado em Economia, especialmente considerando as descobertas realizadas durante minha pesquisa. Essa transição pode parecer surpreendente a princípio, mas, para mim, vai além da questão da formação acadêmica. Trata-se de uma busca incansável por um sonho e por um propósito de vida que supera as barreiras convencionais da educação. Agora ao finalizar a minha dissertação de mestrado em Economia, estou muito grata pela jornada incrível que vivenciei até este ponto, bem como pelas pessoas excepcionais cujo apoio magnífico tornou este momento uma realidade.

À minha família, gratidão por cada sacrifício que fizeram para que eu pudesse abraçar o privilégio da educação. E aos meus amigos, obrigada por compartilharem comigo a importância de sonhar alto.

Aos professores, Angélica Massuquetti e Tiago Wickstrom, vocês exemplificam perfeitamente que a educação é o alicerce para um futuro promissor. Parabéns por serem verdadeiros pioneiros da inovação no ambiente acadêmico.

Gratidão às professoras Fabiane Faulstich e Fabiana Milde, cujo apoio foi fundamental para o meu aprendizado de inglês, e na compreensão da minha forma de aprender e construir conhecimento.

Aos professores do Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEG), que me ensinaram e orientaram muito ao longo desta jornada, com um agradecimento especial ao professor Ângelo Gurgel, cuja dedicação na minha orientação sobre o PAEG foi além das expectativas.

À minha orientadora, professora Raquel Pontes, cujo comprometimento e sabedoria guiaram cada passo desta jornada, agradeço por acreditar no meu potencial.

Neste momento, quero reforçar que a educação não deve ser um privilégio para poucos, mas um direito para todos. Que essa conquista inspire mais pessoas a buscar conhecimento, quebrando barreiras e construindo pontes um futuro com mais oportunidades.

Com gratidão e esperança.

## RESUMO

Avaliada como uma das indústrias mais intensivas no uso de plástico, devido à larga utilização de fibras sintéticas de origens fósseis, a indústria têxtil é reconhecida como uma das principais responsáveis pela poluição plástica. Com isso, o objetivo desse estudo é investigar o potencial da aplicação de um imposto verde como estratégia para reduzir a utilização do plástico pela indústria têxtil e de vestuário. Para tanto, foi desenvolvido um Modelo de Equilíbrio Geral Computável, com base no modelo GTAP na versão 11 que contém dados econômicos de 2017, concomitante com o PAEG versão 6. Desta forma, este estudo pretende analisar os efeitos gerados pela introdução do imposto verde no Bem-Estar Social, no Produto Interno Bruto (PIB) e na produção industrial, tanto em escala global quanto no contexto das cinco macrorregiões brasileiras. Diante disso, três cenários de choque tributário foram criados, no primeiro envolveu aplicação do imposto no consumo intermediário do bem doméstico e importado; o segundo a aplicação do imposto à produção doméstica; e o terceiro cenário, o imposto foi aplicado sobre o consumo doméstico e importado dos agentes privados. Os setores analisados foram Químicos, Indústria da Borracha e Plástico (CRP), Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP). Os resultados alcançados na região Mundo indicam uma redução no nível de produção industrial mundial da ordem de -0,07% no setor de Químicos, Indústria da Borracha e Plástico (CRP), no setor Têxtil (TEX) de -2,05% e de Vestuário (WAP) de -2,68%, com uma retração do PIB de 0,05%, cerca de UD\$ -43,56 bilhões de dólares ao ano, assim como no Bem-Estar Social de -0,11%, cerca de UD\$ -54,14 bilhões de dólares ao ano. No cenário do Brasil, o PIB apresentou uma retração do PIB de UD\$ - 0,43 bilhões de dólares ao ano, assim como o Bem-Estar Social de UD\$ - 1,79 bilhões de dólares ao ano. No contexto das cinco macrorregiões brasileira, a produção do setor de Químicos, Indústria da Borracha e Plástico (CRP) apresentou a maior queda na região Sul - 0,31%, no setor Têxtil (TEX) a região Sudeste teve uma redução do nível de produção de -4,90%, e no setor de Vestuário (WAP) a região Sul apresentou o menor crescimento 1,05%. As evidências apuradas sugerem que a implementação de um imposto verde pode ser uma estratégia viável para reduzir a utilização do plástico pela indústria têxtil e de vestuário. Este estudo contribui para a literatura empírica, uma vez que avalia a aplicação do imposto verde como uma ferramenta de política ambiental, analisando no contexto global e regional do Brasil. Adicionalmente, reforça a

importância de estratégias proativas por parte da indústria têxtil e de vestuário, para coordenar suas práticas com as expectativas sociais de sustentabilidade, garantindo sua perenidade frente aos inúmeros desafios ambientais emergentes.

**Palavras-chave:** Imposto Pigouviano; Poluição Plástica; Indústria Têxtil; Sustentabilidade Ambiental; Modelo de Equilíbrio Geral Computável.

## ABSTRACT

Evaluated as one of the most plastic-intensive industries, due to the wide use of synthetic fibers from fossil origins, the textile industry is recognized as one of the main responsible for plastic pollution. Therefore, the objective of this study is to investigate the potential of applying a green tax as a strategy to reduce the use of plastic by the textile and retail industry. To this end, a Computable General Equilibrium Model was developed, based on the GTAP model in version 11 that contains economic data from 2017, concomitantly with PAEG version 6. In this way, this study intends to analyze the effects generated by the introduction of the green tax in Social Well-Being, in the Gross Domestic Product (GDP) and in industrial production, both on a global scale and in the context of the five Brazilian macro-regions. Given this, three tax shock scenarios were created, the first involved application of the tax on intermediate consumption of domestic and imported goods; the second the application of the tax to domestic production; and the third scenario, the tax was applied to domestic and imported consumption by private agents. The sectors analyzed were Chemicals, Rubber and Plastic Industry (CRP), Textile (TEX) and Clothing (WAP). The results achieved in the World region indicate a reduction in the level of global industrial production of the order of -0.07% in the Chemicals, Rubber and Plastic Industry (CRP) sector, in the Textile (TEX) sector of -2.05% and of Clothing (WAP) of -2.68%, with a decline in GDP of 0.05%, around UD\$ -43.56 billion dollars per year, as well as in Social Welfare of -0.11% , around UD\$ -54.14 billion dollars per year. In the Brazilian scenario, GDP showed a decline in GDP of UD\$ - 0.43 billion dollars per year, as well as Social Welfare of UD\$ - 1.79 billion dollars per year. In the context of the five Brazilian macro-regions, production in the Chemicals, Rubber and Plastic Industry (CRP) sector showed the biggest drop in the South region -0.31%, in the Textile sector (TEX) the Southeast region had a reduction in the level of production of -4.90%, and in the Clothing sector (WAP) the South region presented the lowest growth of 1.05%. Evidence suggests that implementing a green tax may be a viable strategy to reduce the use of plastic by the textile and retail industry. This study contributes to the empirical literature, as it evaluates the application of the green tax as an environmental policy tool, analyzing it in the global and regional context of Brazil. Additionally, it reinforces the importance of proactive strategies on the part of the textile and clothing

industry, to coordinate its practices with social expectations of sustainability, ensuring its perpetuity in the face of numerous emerging environmental challenges.

**Keywords:** Pigouvian Tax; Plastic Pollution; Textile Industry; Environmental Sustainability; Computable General Equilibrium Model;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção e projeção global de plásticos de 1950 a 2060 .....	23
Figura 2 – Evolução do cenário mundial de descarte de plásticos de 2000 a 2019 ..	24
Figura 3 – Evolução do cenário de fibras no mundo .....	27
Figura 4 – Projeção de produção de plástico de 2024 a 2060 .....	29
Figura 5 – Total de plástico despejado no oceano por país .....	31
Figura 6 – Nível de intensidade plástica das Indústrias têxteis .....	31
Figura 7 – Evolução da COP - Conferência das Partes. ....	33
Figura 8 – Exemplo externalidade negativa e aplicação imposto Pigouviano .....	36
Figura 9 – Exemplo externalidade positiva e aplicação imposto Pigouviano .....	37
Figura 10 – Etapas para a criação de um modelo EGC .....	39
Figura 11 – Fluxos no PAEG.....	45
Figura 12 – Variação % da produção setorial e dos preços dos principais países exportadores .....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Índices de conjuntos da base de dados .....	44
Quadro 2 – Variáveis do modelo econômico.....	45
Quadro 3 – Variáveis do Bem-estar e do PIB.....	50
Quadro 4 – Agregação regional e setorial do modelo PAEG, versão 6.....	51
Quadro 5 – Cenários simulados .....	53
Quadro 6 – Quadro comparativo de cenários.....	67
Quadro 7 – Evolução da COP - Conferência das Partes. ....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB, o Bem-Estar e a Produção Industrial a nível Mundial .....	56
Tabela 2 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre a produção a nível Mundial dos setores TEX, WAP, CRP e AGR .....	58
Tabela 3 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB, o Bem-Estar e a Produção Industrial a nível Mundial .....	59
Tabela 4 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB e o Bem-Estar - Brasil .....	64
Tabela 5 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre Produção Industrial e os Preços - Brasil .....	66

## LISTA DE SIGLAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
COP	Conferência das Partes
EGC	Equilíbrio Geral Computável
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
GAMS	<i>General Algebraic Modeling System</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GTAP	<i>Global Trade Analysis Project.</i>
IPCC	Painel Governamental sobre Mudanças Climáticas
LDCF	Fundo para Países Menos Desenvolvidos
MIP	Matriz Insumo-Produto
MPSGE	<i>Mathematical Programming System for General Equilibrium.</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONGs	Organizações não governamentais
PAEG	Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira
PE	Polietileno
PET	Polietileno tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto.
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP	Polipropileno
PPP	Princípio do Poluidor-Pagador
REDD	Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação
SAM	<i>Social Accounting Matrix</i>
SCCF	Fundo Espacial para a mudança do clima
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
UE	União Europeia
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USD	Moeda Dólar dos Estados Unidos
WTO	<i>World Trade Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Tema .....	15
1.2 Delimitação do tema .....	16
1.3 Problema .....	17
1.4 Objetivos .....	17
1.4.1 Objetivo geral .....	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 Justificativa.....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Externalidades ambientais .....	21
2.2 Poluição por plástico .....	23
2.2.1 Poluição global.....	23
2.2.2 O plástico na Indústria Têxtil e sua poluição .....	26
2.3 Políticas Ambientais .....	32
2.4 Imposto Pigouviano .....	35
2.5 Modelos de equilíbrio geral computável .....	38
2.5.1 Análise ambiental por meio de modelos de EGC.....	39
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
3.1 Modelo PAEG.....	43
3.1.1 Identidades Contábeis Macroeconômicas de funcionamento do PAEG 44	
3.1.2 Funções de Identidade: equilíbrio no mercado de bens e fatores.....	46
3.1.3 Equações de restrição orçamentária: balanço da renda .....	47
3.1.4 Condições de Lucro Zero e estrutura de decisão .....	48
3.1.5 Cálculo do Bem-estar e PIB .....	49
3.1.6 Fechamento Macroeconômico.....	50
3.1.7 Agregação regional e setorial do modelo .....	50
3.2 Cenários do estudo .....	51
3.2.1 Cenário A .....	53
3.2.2 Cenário B .....	54
3.2.3 Cenário C .....	54
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>

<b>4.1</b>	<b>Cenários Global .....</b>	<b>55</b>
4.1.1	Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar no Mundo .....	56
4.1.2	Efeitos sobre a Produção setorial no Mundo .....	56
4.1.3	Efeitos da aplicação do imposto verde sobre os principais países exportadores.....	58
4.1.4	Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar sobre os principais países exportadores.....	58
4.1.5	Efeitos sobre a Produção setorial sobre os principais países exportadores.....	60
<b>4.2</b>	<b>Cenários Brasil .....</b>	<b>61</b>
4.2.1	Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar no Brasil .....	62
4.2.2	Efeitos sobre a Produção setorial e os Preços no Brasil .....	64
4.2.3	Discussão .....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE A - EVOLUÇÃO DA COP - CONFERÊNCIA DAS PARTES .....</b>	<b>80</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema

O plástico está tão presente no modelo de consumo contemporâneo que sua ampla utilização nos faz questionar: como seria a vida se ele não existisse? Os benefícios são inúmeros, contudo, o impacto negativo causado faz com que se discuta sobre a necessidade de obtenção dos produtos, os modelos de produção atuais e as formas de consumo do plástico. Já existem inúmeras políticas estabelecidas com o objetivo de restringir ou até mesmo proibir o uso de itens de plástico, conforme abordado por White e Winchester (2022). Contudo, um fator destacado pelos autores em seu estudo é a necessidade de compreender as cadeias de produção e consumo do plástico, para então criar políticas focadas na redução da poluição plástica.

Com o propósito de substituição de produtos, o químico belga Leo Baekeland criou, em 1907, o primeiro polímero sintético, conhecido como baquelite. Posteriormente, devido ao grande interesse empresarial, diversos polímeros sintéticos e plásticos foram desenvolvidos. A partir da década de 1950, a produção de plástico experimentou um crescimento exponencial, ultrapassando 300 milhões de toneladas em 2019. No entanto, as iniciativas voltadas para o adequado descarte do plástico, após o encerramento de seu ciclo de vida, parecem estar em desacordo com o desenvolvimento de novos produtos. Evidências de poluição por plásticos em diversos ecossistemas, abrangendo fatores abióticos e seres vivos, indicam que uma solução para reduzir a poluição envolve a inovação na matéria-prima, tornando-a biodegradável. Além disso, é fundamental lidar com o volume já descartado no meio ambiente; optar por uma degradação sustentável representa a alternativa mais viável (ARPIA *et al.*, 2021).

Conforme Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OECD (2022) o crescimento da poluição gerada por plásticos, vêm ganhando relevância no cenário mundial devido ao grande impacto que já está gerando ao meio ambiente, em 2019 cerca de 353 milhões de toneladas de plásticos foram produzidas, 40% dos resíduos produzidos foram de embalagens e 11% de produtos têxteis. O descarte do volume produzido foi cerca de 176 milhões de toneladas em aterros sanitários, 67 milhões de toneladas foram incinerados e apenas 33 milhões de

toneladas passou por processo de reciclagem. O descarte de forma inadequada e sem controle correspondeu por cerca de 77 milhões de toneladas.

No novo estudo, Perspectiva global de plásticos: Cenário de políticas para 2060, a OECD (2022) estima que a população global atingirá aproximadamente a 10 bilhões de pessoas até 2060, representando um crescimento de 22%, enquanto o Produto Interno Bruto (PIB) deverá triplicar. Com isso, o uso de plásticos poderá atingir 1,231 bilhão de toneladas. O relatório elenca alguns desafios para reduzir a poluição por plásticos, a fim de seguir uma trajetória de sustentabilidade e recuperação dos ecossistemas. É vital reduzir a produção de plástico em 45%, a utilização de plástico de uso único em 80% e aumentar a reciclagem para 60%. Para atingir essa meta, a OECD recomenda uma série de políticas públicas que orientariam e conduziriam a redução e controle da poluição.

No Brasil, o comportamento segue o mesmo padrão do cenário mundial, dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) indicam que o setor de transformados plásticos apresentou em 2020 um crescimento de 2,4%, enquanto a indústria geral decresceu aproximadamente 4,5% em relação a 2019. Os segmentos de embalagens e tubos, bem como de acessórios para construção foram os grandes expoentes desse resultado positivo (ABIPLAST, 2021).

Em 2021, o setor faturou o total de R\$ 127,5 bilhões, crescimento de 40,42% em comparação ao ano anterior. A produção total foi de 7,1 milhões de toneladas, apresentando um decréscimo de 2,74% em comparação ao resultado obtido em 2020. No que diz respeito a empregos, houve um crescimento de 3,06%, gerando aproximadamente 336 mil postos de trabalho, em cerca de 11 mil empresas. A indústria de reciclagem pós-consumo faturou em R\$ 3,1 bilhões, com uma produção de resina pós-consumo de 884,4 mil toneladas. Isso gerou um total de mais 13 mil postos de trabalho, em cerca de 1 mil empresas. Estima-se que a cada tonelada reciclada, implique em uma redução de 1,1 toneladas de resíduos que estão em aterros sanitários, e com isso, são gerados cerca de 3 postos de trabalho (ABIPLAST 2022).

## **1.2 Delimitação do tema**

De acordo com White e Winchester (2022) a indústria têxtil destaca-se pelo uso intenso de fibras e filamentos derivados de fontes fósseis. Essa indústria representa

45% das 20 principais indústrias intensivas em plástico e 55% das 20 principais indústrias poluidoras por plástico. Segundo Stenton *et al.* (2021), com a alta taxa renovação que a indústria da moda imprime, a cadeia têxtil é uma importante colaboradora para a piora deste cenário de poluição. Mudanças de matéria prima na produção dos produtos, onde fibras naturais são substituídas por fibras sintéticas, só agrava ainda mais o cenário caótico existente. Identificou-se que esta mudança se dá pelo fato das fibras sintéticas além de apresentarem um melhor resultado estético, conforto, durabilidade e usabilidade tem um custo de produção menor e não sofrem impacto de mudanças climáticas para a sua produção, como as fibras naturais. A indústria da moda está em busca de melhorias em seus processos produtivos e desenvolvendo linhas e coleções de produtos com matérias primas de menor impacto ambiental. No estudo de Grimond e Warden (2021), cerca de 10 mil itens foram analisados, e 80% deles continham plástico virgem em sua composição. Do ponto de vista da circularidade, apenas 3% da amostra indicava a presença de materiais reciclados em sua composição.

### **1.3 Problema**

Diante do crescente problema da poluição plástica, cuja contribuição significativa advém do setor têxtil, o presente estudo questiona: Considerando a intervenção econômica específica de implementação de um imposto verde, pode esta estratégia ser um mecanismo para reduzir a utilização de plásticos pela indústria têxtil e de vestuário?

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo geral**

Investigar os efeitos econômicos decorrentes da implementação de um imposto verde nos setores têxtil e de vestuário, especialmente nas empresas que empregam fibras sintéticas oriundas de combustíveis fósseis na sua produção. Este estudo tem o propósito de avaliar o impacto dessa medida no bem-estar social, na produção industrial, no Produto Interno Bruto (PIB) e na estrutura de preços, tanto à escala

global quanto no contexto das grandes regiões brasileiras, avaliando as consequências econômicas geradas.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Investigar aportes teóricos da economia industrial e da política ambiental para compreender os fundamentos econômicos que sustentam a aplicação de impostos ambientais e suas implicações no setor têxtil e de vestuário;
- b) Avaliar os efeitos econômicos gerador por diferentes cenários de implementação da taxa ambiental, com o objetivo de reduzir o consumo de plástico no setor têxtil e de vestuário, considerando variáveis como produção, preços, bem-estar e PIB;

### 1.5 Justificativa

A problemática da poluição por plástico vem ganhando relevância em escala mundial. Conforme o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a produção plástica é de cerca de 400 milhões de toneladas por ano e estima-se que deve dobrar até 2040. O estudo *World Trade Statistical Review 2021* observa que, em 2020, o comércio geral registrou decréscimos em seu faturamento, tanto em volume de produção quanto em termos nominais, em dólar americano. Contudo, as exportações globais da indústria têxtil cresceram 16%, obtendo assim, o melhor desempenho dentro do grupo dos manufaturados, impulsionado pela categoria de equipamentos de proteção individual, muito demandado em decorrência da pandemia do covid-19. Aprofundando um pouco a análise, pode-se observar que as importações de têxteis e de vestuário geraram um total de US\$ 560 bilhões de dólares e as importações US\$ 672 bilhões de dólares (WTO'S, 2021; PNUMA, 2022).

White e Winchester (2022) buscaram identificar a intensidade plástica das indústrias não plásticas nos Estados Unidos, calculando o nível de intensidade plástica, que consiste no valor de insumo plástico utilizado a cada dólar produzido. Para isso, foram utilizados dados da matriz de insumo-produto de um grupo de indústrias americanas. Os autores analisaram 415 indústrias e concentraram-se em sete *commodities* plásticas com maior probabilidade de gerar poluição, considerando o uso direto e indireto do plástico no processo produtivo. O estudo destacou 20

indústrias com alto uso de plásticos e outras 20 como principais poluidoras por plásticos, revelando que 45% das indústrias têxteis têm alta intensidade plástica, enquanto 55% são consideradas fontes significativas de poluição por plásticos.

É indiscutível o papel econômico e social que a indústria têxtil e de vestuário tem para o desenvolvimento de todos os agentes econômicos. Entretanto, a indústria têxtil e de moda é uma das mais poluentes do mundo, sendo as fibras sintéticas, como a microfibra, uma das principais causas dessa poluição. Essas fibras se desprendem dos tecidos durante a lavagem, gerando resíduos plásticos durante todo o seu ciclo de vida, contaminam os oceanos, os rios e o solo. Propostas para combater a poluição devem envolver todos os participantes desta cadeia global, produtores, indústrias, consumidores e governantes, através de soluções eficientes e o consumo consciente. Utilizando uma base de dados global sobre detritos plásticos, o estudo *Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea* concluiu que dez bacias hidrográficas, oito delas localizadas na Ásia, principalmente China, são responsáveis por carregar mais de 90% dos resíduos plásticos que chegam aos oceanos. O estudo sugere que ações que resultem em uma redução de 50% da poluição nessas bacias, poderiam diminuir a quantidade de resíduos plásticos que chegam ao mar para 45% do total atual (LUI *et al.*, 2021; SCHMIDT, KRAUTH E WAGNER, 2017).

Quando analisada a produção global de fibras de 2022, o total produzido foi de 116 milhões de toneladas, a maior parte corresponde às fibras sintéticas de origem fóssil, cerca de 75 milhões de toneladas, seguidas de fibras vegetais 31,5 milhões de toneladas. As fibras classificadas como vegetais não algodão, como juta, fibra de coco, linho, cânhamo, sisal, abacá, kapok, rami e fibras de agave, representaram 5% do volume total de produção, alcançando 6 milhões de toneladas. Mais de 8 milhões de domicílios respondem por este volume de produção. Fibras como a do cânhamo apresentam grande potencial de práticas sustentáveis, principalmente para a redução da pegada ambiental da indústria têxtil, colaborando para a execução dos princípios de *Environmental, Social and Governance* (ESG), que englobam técnicas de gestão do meio ambiente, questões sociais e de responsabilidade empresarial. Países como França, China, Estados Unidos, Coreia do Norte e Polônia são expoentes na produção de cânhamo para fibra. Estima-se que consumo global de fibras em 2030 será de 147 milhões de toneladas, o que equivale a um consumo per capita de 17,3 quilogramas (TEXTILE EXCHANGE'S, 2023).

É importante destacar que a indústria têxtil figura entre as maiores poluidoras por plásticos, então medidas como barreiras econômicas, comerciais e a aplicação de tributos podem emergir como soluções para conter a evolução desse problema. Torna-se essencial que essa indústria adote medidas proativas para reduzir o emprego das fibras de origem fósseis na confecção de seus produtos, alinhando-se com as crescentes expectativas da sociedade e garantindo sua própria sustentabilidade a longo prazo.

A contribuição esperada ao desenvolver este estudo, por meio da implementação de um imposto verde, que se assemelha ao imposto Pigouviano, é aprofundar o entendimento sobre as estratégias mais eficazes para minimizar o uso de plásticos na indústria têxtil e de vestuário. Dado que o amplo uso de plástico por esta indústria é um fator agravante para o aumento da poluição plástica, o estudo visa identificar medidas que possam contribuir para a redução deste impacto.

No capítulo 2, exploraremos desde o conceito de externalidades ambientais e seus impactos até a especificidade da poluição por plásticos, com ênfase na indústria têxtil. Avançando, focaremos na análise de políticas ambientais e suas consequências, trataremos sobre o imposto Pigouviano e, finalmente, examinaremos estudos empíricos sobre modelos de equilíbrio geral computável.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda a compreensão das externalidades ambientais, começando com sua definição e impactos, passando pela questão da poluição por plásticos. Discute-se a política ambiental, incluindo o imposto Pigouviano, além de apresentar estudos empíricos de modelos de equilíbrio geral computável.

### 2.1 Externalidades ambientais

Para Bator (1958) as falhas de mercado ocorrem quando, na busca por eficiência nos preços, as atividades econômicas acabam por gerar impacto ao bem-estar social. Para um sistema de preços justo, os impactos positivos ou negativos deveriam ser contemplados no processo de formação de preços, a fim de se ter um cenário real de custo do produto, considerando tanto os benefícios quanto os prejuízos gerados na atividade econômica. Bator entende essas falhas de mercado como externalidades. Conforme explorado por Rao, Xie e Xu (2024), a ausência de conhecimento pode gerar inúmeras externalidades. Essas externalidades podem ser corrigidas por meio das ações de terceiros que possuam o poder de influência no contexto, mediante ações conjuntas aos agentes econômicos. Isso envolve a aplicação de práticas como, identificação do problema, negociação das medidas a serem tomadas, implementação das estratégias e avaliação de resultados alcançados.

As externalidades podem manifestar efeitos tanto positivos quanto negativos no bem-estar dos agentes econômicos envolvidos. No primeiro caso, ocorre quando há benefícios gerados; no segundo, quando o agente experimenta uma redução em seu bem-estar. Estabelecer regras de responsabilização para os geradores de externalidades emerge como um mecanismo fundamental para corrigir as perdas de bem-estar social decorrentes desses fenômenos. Por exemplo, a cobrança de tributos, absorção dos custos gerados pela deterioração do ecossistema afetado, políticas públicas combinadas com ações privadas, podem ser ações concomitantes para o avanço do equilíbrio e da sustentabilidade no contexto econômico. As externalidades pecuniárias são conceituadas como impactos econômicos resultantes de alterações nos preços decorrentes de ações externas. Contudo, é importante observar que essa forma de externalidade não configura uma falha de mercado quando a referida ação

está associada à escassez do recurso em questão. Um exemplo elucidativo é o aumento do preço do aluguel de uma terra. Dado que a terra é um recurso escasso, o valor a ser pago pelo seu uso deve refletir integralmente o seu verdadeiro custo (TIETENBERG e LEWIS, 2018).

Em termos econômicos, conforme Harris e Roach (2018), a curva de oferta nos fornece informações sobre o custo marginal de produção para cada unidade adicional de um bem ou serviço. Por outro lado, a curva de demanda representa os benefícios derivados da aquisição adicional desse bem ou serviço. O preço de equilíbrio é determinado no ponto em que as curvas de demanda e oferta se cruzam. Quando consideramos as externalidades geradas no processo produtivo, surgem custos ou benefícios externos. Para a formação adequada dos preços, é importante mensurar o custo ou os benefícios resultantes das externalidades e proceder com a sua internalização, garantindo assim que sejam refletidos no preço final do bem ou serviço.

Estima-se que a cada ano a poluição seja responsável por aproximadamente 9 milhões de mortes em todo o mundo. Isso significa que uma em cada seis mortes ocorre devido a problemas relacionados à externalidade, afetando principalmente pessoas de baixa e média renda. Constatou-se que as perdas econômicas atribuídas às externalidades totalizaram US\$ 4,6 trilhões, representando cerca de 6,2% da produção global no ano de 2015 (FULLER *et al.*, 2022).

O estudo *Towards a Pollution-Free Planet Background Report* (UNEP, 2017), conduzido pelo PNUMA, identificou as principais formas de poluição e avaliou os impactos gerados nos ecossistemas e na saúde humana. Os pesquisadores Jambeck *et al.* (2015) destacam que, devido à má gestão de resíduos plásticos, estima-se que cerca de 4,8 a 12,7 milhões de toneladas de plásticos são lançados anualmente aos oceanos. Alertam também que 75% do total de lixo marinho é composto por plásticos, representando uma externalidade com impactos significativos sobre aproximadamente 3,5 milhões de pessoas que dependem do oceano para sua sobrevivência. Os custos ambientais não são internalizados na produção de produtos plásticos, devido à dificuldade em mensurá-los e à falta de criação de políticas específicas.

O estudo de Lebreton *et al.* (2017) investiga como as emissões de plásticos dos rios contribui para o aumento da poluição dos oceanos. Com isso, foi identificado que os 20 rios mais poluentes estão predominantemente localizados no continente

Asiático, sendo responsáveis por despejar nos oceanos cerca de 2,4 milhões de toneladas de plásticos, o que representa 67% do volume total.

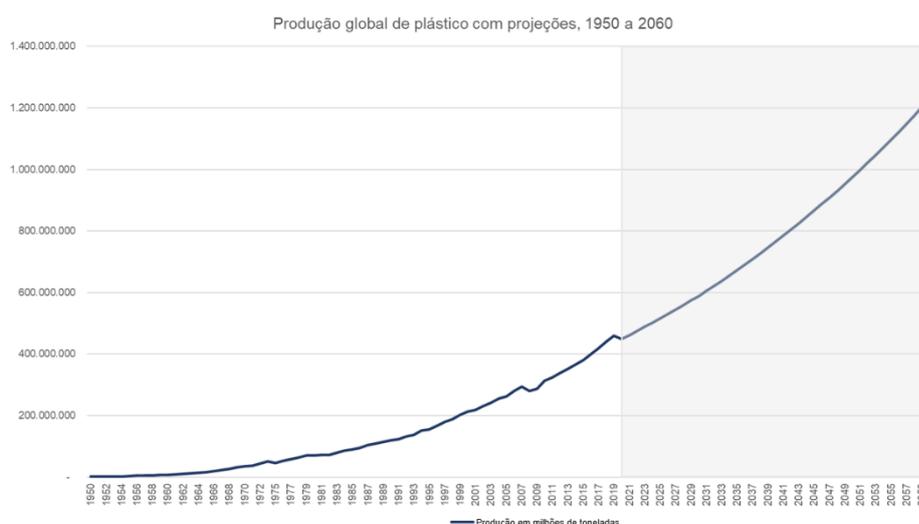
## 2.2 Poluição por plástico

Nesta seção, exploraremos a poluição plástica em escala global e o plástico na Indústria Têxtil e sua poluição.

### 2.2.1 Poluição global

Geyer, Jambeck e Law (2017) realizaram um estudo global sobre a produção em massa de plásticos, e identificaram que os tipos de plásticos mais produzidos foram Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e Polietileno tereftalato (PET), representam juntos 42% do volume total produzido. Esses plásticos são utilizados na fabricação de embalagens e recipientes em geral. Além disso, foi realizada uma análise de distribuição para avaliar o ciclo de vida dos plásticos em oito setores, revelando que as embalagens têm o menor ciclo de vida, durando menos de um ano após a fabricação. A pesquisa ressalta a preocupação com a geração de novos plásticos, para a compreensão do nível de produção atual, a Figura 1, apresenta a evolução global da produção de plásticos e a projeção até 2060.

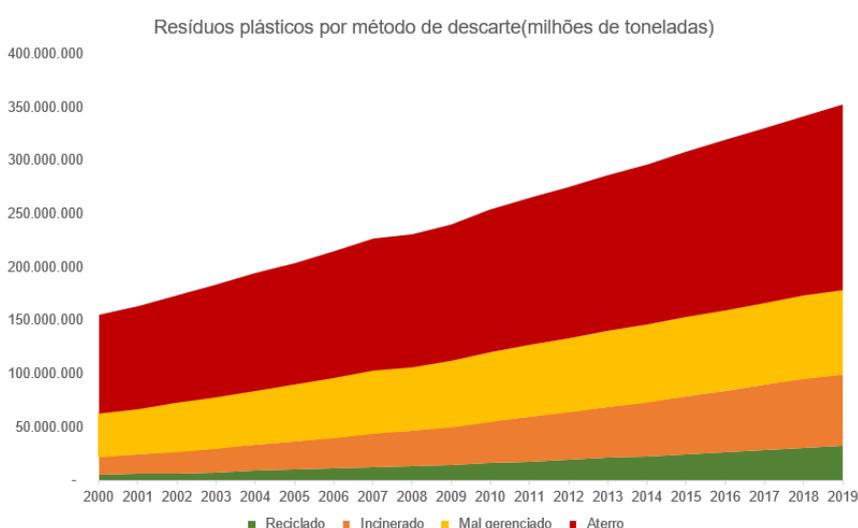
Figura 1 – Produção e projeção global de plásticos de 1950 a 2060



Fonte: elaboração própria com base nos dados Geyer, Jambeck e Law (2017) e a OECD (2023)

Ainda Geyer, Jambeck e Law (2017) ressaltam a importância da gestão dos resíduos ao final do ciclo de vida, pois seguindo a tendência de crescimento atual na produção e consumo de plástico, espera-se até 2050 cerca de 12 milhões de toneladas métricas de resíduos plásticos estejam descartados em aterros sanitários ou no meio ambiente. A Figura 2 ilustra a evolução global do descarte de plásticos separado por método de descarte.

Figura 2 – Evolução do cenário mundial de descarte de plásticos de 2000 a 2019



Fonte: elaboração própria com base nos dados de Geyer, Jambeck e Law (2017) e OECD (2023).

Segundo Golwala *et al.* (2021), os plásticos descartados são encontrados no meio ambiente em diferentes tamanhos devido ao processo de degradação, o que dificulta a reciclagem. Os macrolásticos têm tamanhos maior que 25 mm, os mesoplásticos têm entre 25 e 5 mm, os microplásticos têm entre 5 mm e 0.1 $\mu$ m e os nanoplásticos são menores que 0.1 $\mu$ m. É evidenciado no estudo que inúmeros países estão buscando soluções para a gestão de resíduos, com foco na recuperação dos impactos ambientais causados pela poluição. Essas soluções incluem a regulamentação da produção e proibição do uso de plásticos em utensílios de alimentação, cosméticos e higiene, que são fontes acentuadas de geração de poluição por microplásticos.

Em 2021, uma pesquisa foi conduzida por Montagner *et al.* (2021), examinando oitenta estudos sobre poluição por microplásticos e resíduos plásticos, extraídas das bases de dados *Scielo* e *Web of Science*, cobrindo publicações de 2014 a 2020. Esta

análise revelou que, no contexto das matrizes ambientais brasileiras, a maioria dos estudos (76%) focou em poluentes encontrados em sedimentos, seguidos por 11% em águas salgadas, 9% em águas salobras e 4% em águas doces. Regionalmente, a pesquisa indicou que 79% dos trabalhos se concentraram nas regiões Sudeste (44%) e Nordeste (35%) do Brasil, enquanto a região Sul respondeu por 14% e a região Norte por apenas 4% dos estudos. Os autores apontaram para os significativos desafios remanescentes na análise da poluição por microplásticos, destacando a necessidade de aprimorar métodos de análise e identificação desses poluentes, especialmente considerando a ampla variedade de ambientes afetados.

No estudo realizado por Fendall e Sewell (2009), foram analisadas quatro marcas mundialmente conhecidas de produtos de limpeza facial, fabricadas na Alemanha, Coreia, França e Tailândia. Os produtos foram encontrados em supermercados na cidade de Auckland, na Nova Zelândia. A análise identificou que todas as marcas continham microplásticos de polietileno em diferentes formatos e tamanhos, com composição química desconhecida. A utilização em larga escala desses produtos é um fator de extrema preocupação, pois os microplásticos não são capturados pelo sistema de tratamento de esgoto e são despejados diretamente nos rios, onde são ingeridos por animais e entram na cadeia alimentar. Além disso, os microplásticos ao passarem por processo de degradação podem se tornar ainda mais nocivos devido ao aumento da sua toxicidade.

Segundo Walkinshaw *et al.* (2023) a poluição por plásticos afeta todos os ecossistemas, e há relatos indicando presença de microplásticos em diferentes espécies, incluindo as marinhas. Contudo, ainda não se tem clareza quanto à gravidade deste problema. Com isso, o estudo realizado buscou compreender esse fato e, ao longo de 94 dias, mexilhões jovens foram expostos a fibras de poliéster e algodão em um ambiente controlado e realista em relação à volumetria de fibras. O experimento concluiu que a taxa de crescimento dos mexilhões expostos ao poliéster é significativamente reduzida quando comparada à amostra controle, sugerindo um possível desequilíbrio no ecossistema como um todo.

O estudo conduzido por Liu *et al.* (2023) concluiu que a poluição por nanoplásticos pode contribuir para o agravamento de doenças neurodegenerativas, como o Parkinson. As partículas de nanoplásticos têm grande potencial de internalizarem-se nos neurônios. Isso poderia retardar a degradação da proteína  $\alpha$ -sinucleína, levando à sua agregação e, conseqüentemente, à perda seletiva de neurônios

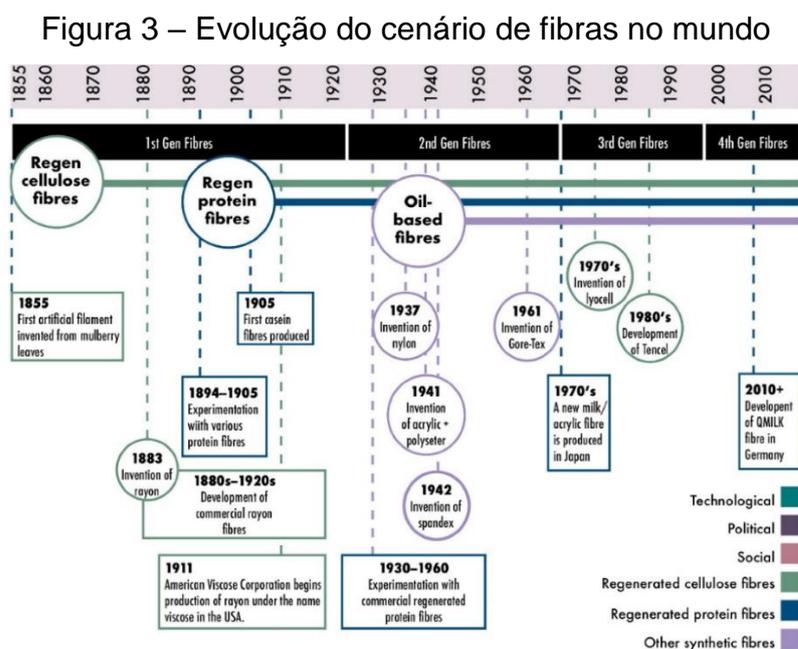
dopaminérgicos. Experimentos realizados em camundongos evidenciaram que os nanoplásticos agravam a disseminação patológica dessa proteína, principalmente em áreas vulneráveis do cérebro.

Em 2021, Ragusa *et al.* (2021) realizaram análises de seis placentas humanas de gestações sem intercorrências, e identificaram a presença de doze microplásticos, cada um com aproximadamente 5 a 10 ( $\mu\text{m}$ ). Para a análise da composição química e orgânica dos microplásticos, foi empregada a técnica fotônica chamada microespectroscopia Raman, que permitiu identificar os diferentes pigmentos presentes, inclusive o Violanthrone, um composto amplamente utilizado na indústria têxtil para o tingimento de algodão e poliéster. A presença dos microplásticos foi detectada na parte interna da placenta, próxima ao feto, totalizando cinco unidades. Na parte externa da placenta, foram identificadas quatro unidades. Além disso, foram encontradas três unidades nas membranas corioamnióticas, que constituem a barreira natural de defesa e proteção do feto. De acordo com os autores, ainda não há clareza sobre como ou em que medida a presença do plástico pode afetar os mecanismos de defesa do organismo.

### 2.2.2 O plástico na Indústria Têxtil e sua poluição

Trazendo uma abordagem evolutiva, Stenton *et al.* (2021) evidenciaram como progresso das fibras têxteis foi influenciado pelo contexto sociopolítico, econômico, comercial e tecnológico. A análise foi dividida em quatro fases, sendo marcadas por fatos históricos, guerras, recessão comercial ou instabilidades econômicas, e esses fatos demandavam por produtos com atributos específicos. A primeira geração de fibras de 1855 a 1925, em meio a segunda revolução indústria e a primeira guerra mundial, a demanda era por produtos com durabilidade, com alta disponibilidade de matéria prima. Entre 1925 e 1970, a segunda geração de fibras, no contexto da segunda guerra mundial, toda produção era direcionada para o governo, início escalada produtiva das fibras sintética do petróleo, que traziam a solução de baixo custo, disponibilidade e atributos necessários para a usabilidade. De 1970 e 2000, terceira geração, houve um aumento significativo na população mundial, itens com alta taxa renovação, *fast-fashion*. A quarta geração, 2000 a 2021+, é marcada pela explosão do comércio *on line*, a necessidade e urgência tornam-se a essência para

qualquer negócio. A negligência em relação a fatores como sustentabilidade, circularidade e responsabilidade social atingiu um novo patamar na quarta geração de fibras, fatores igualmente negligenciados ao longo da evolução. A Figura 3 a seguir, evidencia esse processo evolutivo das fibras no contexto mundial, conforme explorado pelos autores.



Fonte: Stenton *et al.* (2021)

Em maio de 2021, Grimond e Warden (2021) conduziram um estudo no Reino Unido, focando nas principais empresas do segmento fast fashion: Asos, Boohoo, Missguided e PrettyLittleThing. Descobriram que 88% das 10 mil peças analisadas continuam plástico virgem na sua composição, com destaque para a marca PrettyLittleThing que teve 89% das peças nessas condições. Além disso, 60% dos itens da marca Boohoo eram feitos totalmente de plástico. Em relação à circularidade, apenas 3% da amostra indicou a presença de materiais reciclados em sua composição. O estudo sugere a implementação de um imposto sobre o uso de plásticos virgens na fabricação de itens de vestuário, tanto nacionais quanto importados, como medida governamental para desencorajar a exploração de combustíveis fósseis e reduzir a poluição.

Os estudos sobre a poluição plástica têxtil vêm ganhando relevância nos últimos anos. Identificou-se que os microplásticos primários são os maiores geradores de poluição ao ecossistema marinho, inclusive nos organismos dos animais. Em águas superficiais, que são utilizadas para o abastecimento do consumo humano devido à sua potabilidade, verificou-se uma poluição de 90% por microplásticos, sendo

que 91% desse volume continha microfibras. Diante disso, a indústria têxtil tem sido fortemente criticada pela comunidade acadêmica e pela imprensa especializada, devido ao emprego das fibras sintéticas, especialmente microfibras, que são amplamente empregadas e têm um ciclo de vida longo, tornando-se um poluente de alta relevância (GAYLARDE, BAPTISTA NETO e FONSECA, 2021; DE FALCO *et al.*, 2019).

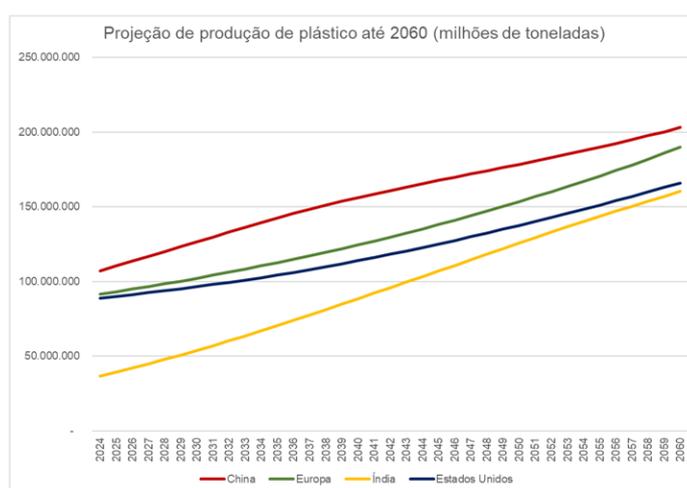
Napper e Thompson (2016) realizaram um estudo no qual submeteram três peças de vestuário confeccionadas com fibras sintéticas a teste de lavagem, a primeira peça de poliéster, a segunda de acrílico e a terceira confeccionada a partir de uma mistura de poliéster com algodão. As peças foram submetidas a diferentes variações de temperaturas e produtos de limpeza. Foi observada uma perda significativa de fibras ao longo das lavagens, especialmente no caso do acrílico. O estudo aponta que em uma lavagem de seis quilos de materiais sintéticos, é possível detectar a liberação de mais de 700 mil fibras. Os resultados do estudo também apontam que temperaturas altas aumentam a liberação de fibras, assim como a utilização de produtos de limpeza não biodegradáveis. Nesse contexto, inúmeros produtos estão sendo desenvolvidos a fim de minimizar a liberação das fibras ao meio ambiente, no estudo realizado por Napper, Barrett e Thompson (2020) foram adquiridos e testados seis filtros de máquina de lavar roupas e três itens de vestuário da marca Primark, composto por fibras de poliéster, acrílico e algodão. O filtro com melhor desempenho foi capaz de capturar 78% das fibras liberadas, enquanto o segundo filtro conseguiu capturar 54% delas

Conforme De Falco *et al.* (2020), é necessário compreender melhores práticas de desenvolvimento de produto, observando as diferentes estruturas têxteis. O estudo se propôs a entender o volume de liberação de microfibras no ar, por meio do uso diário, e na água através da lavagem. A conclusão é que há similaridade na liberação de microfibras em ambos os casos, ar e água, o que sugere a possibilidade de um cenário de poluição subestimado. Para reduzir essa externalidade, é necessário considerar soluções mais abrangentes, que abarquem desde o design e a escolha de matéria-prima mais sustentável, até estratégias para o fim do ciclo de vida do produto.

No estudo “*Global Fiber Industry: From Red in 2022 to Dark Red This Year*”, publicado pela revista *Textile Technology* em setembro de 2023, Engelhardt (2023) apresenta uma análise detalhada da indústria global de fibras sintéticas. O autor cita uma queda de 2% no nível de produção mundial dessas fibras, com a região asiática

surgindo como principal produtora, respondendo por 58% do volume total de produção, seguida pela Europa e América do Norte. Nesse contexto, a China destacou-se como o país de maior participação, 40% da produção global de fibras, seguido por Índia e Estados Unidos. O estudo ainda indica que 60% da produção mundial de fibras sintéticas destina-se à fabricação de vestuário e os principais exportadores têxteis incluem os Estados Unidos, China, Índia e Europa. A Figura 4 ilustra uma projeção feita pela OECD (2022), para o cenário de produção plástico até 2060 dos países.

Figura 4 – Projeção de produção de plástico de 2024 a 2060

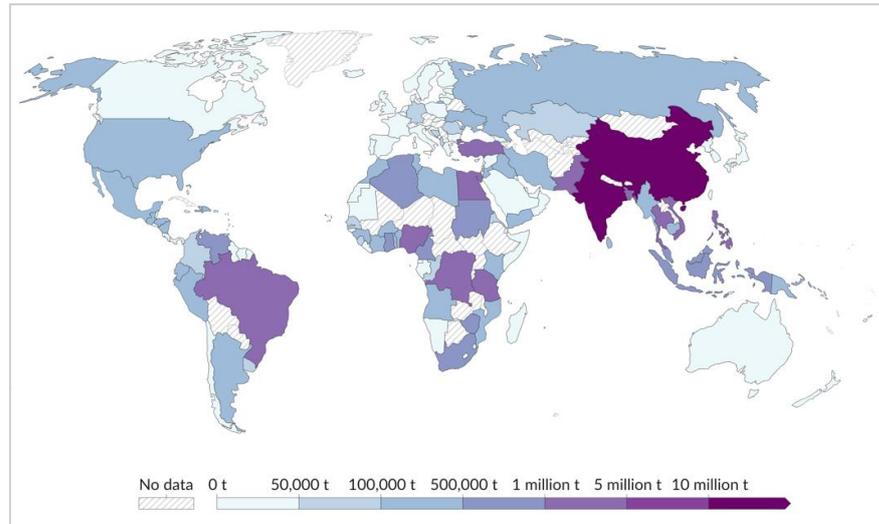


Fonte: elaboração própria com base nos dados OECD (2022)

O estudo de Meijer *et al.* (2021) identificou a contribuição dos rios no aumento da poluição dos oceanos, sendo os pequenos rios urbanos os principais contribuintes. A pesquisa concluiu que 1656 rios no mundo são responsáveis por fazer chegar aos oceanos até 2,7 milhões de toneladas de resíduos por ano. Países com pequenas áreas territoriais mostram-se mais poluidores, comparados aos países com grande extensão territorial. Os sete países identificados com o maior potencial de despejar resíduos plásticos nos oceanos através de seus rios, juntos representam 70% do total dos rios analisados neste estudo. As Filipinas, com 466 rios, é o país com maior potencial de poluição. O segundo país foi a Índia, seguido pela Malásia em terceiro lugar, com 105 rios relacionados no estudo. Enquanto a China foi o quarto maior ofensor, com um total de 139 rios, 34 a mais que a Malásia. A Indonésia foi o quinto país da lista, seguido de Mianmar com 71 rios listados. O sétimo país com maior capacidade de descartar resíduos plásticos nos oceanos foi o Brasil, com 75 rios

identificados. A Figura 5 indica os países com maior contribuição de descarte de resíduos plásticos nos oceanos.

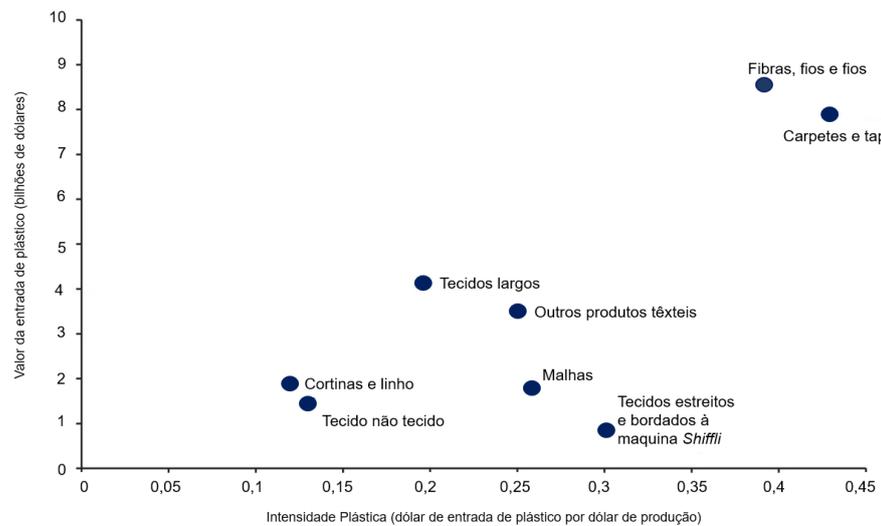
Figura 5 – Total de plástico despejado no oceano por país



Fonte: Meijer *et al.* (2021).

Conforme White e Winchester (2022), das oito indústrias têxteis analisadas, as indústrias de carpetes e tapetes, seguido de fio e linhas de fibra, apresentam o maior nível de intensidade plástica de 0.4865 e 0.4390, apontando que essas indústrias usam USD 0.4865 e USD 0.4390 de insumos plásticos por cada dólar de saída, respectivamente. Na Figura 6, são apresentadas as demais indústrias analisadas.

Figura 6 – Nível de intensidade plástica das Indústrias têxteis



Fonte: Elaborado pela autora a partir do White e Winchester (2022).

## 2.3 Políticas Ambientais

As políticas ambientais surgem como forma de restringir e controlar o aumento da degradação ambiental gerada pelas ações humanas, com o objetivo de garantir o desenvolvimento sustentável para a geração atual e futuras gerações. Por meio de normativas, metas socioambientais e até mesmo barreiras comerciais, os governantes podem estimular empresas e consumidores a adotarem uma postura mais responsável e ativa diante dos impactos ambientais, rejeitos e resíduos gerados (KUPFER e HASENCLEVER, 2020).

Em junho de 1972, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente na cidade de Estocolmo, capital da Suécia. Essa assembleia contou com 113 representantes de países e teve como propósito analisar os impactos negativos gerados pelos homens ao meio ambiente, além de propor ações para a preservação e correção dos danos causados. Anos antes, em 1968, teve início a confecção de um documento com o foco na criação de diretrizes para proteger e melhorar o relacionamento do homem com o meio ambiente, responsabilizando os agentes de degradação e prevenindo o aumento da destruição ambiental. Nesse contexto, foram desenvolvidos 26 princípios que abordam o tema, abrangendo desde a conduta até a responsabilização de indivíduos, empresas e estados, em prol de um meio ambiente íntegro, seguro e eficiente, provendo o sustento e desenvolvimento dos indivíduos (ONU, 1972; HANDL, 2012).

Posteriormente, em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro. Nesse evento, foi reforçada a importância da atenção ao meio ambiente, colocando o ser humano como ponto central e foi então criado a “Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento” resultado gerado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED), também conhecida como “Cúpula da Terra”. Esse documento inclui 27 princípios norteadores que servem para guiar os países na busca por um planeta mais sustentável. Entre os princípios estabelecidos, que abordam temas como a biodiversidade, mudanças climáticas e o desmatamento, neste momento emanou o conceito de desenvolvimento sustentável do ponto de vista social e econômico. Este conceito propõe meios para obtê-lo, incluindo o reconhecimento dos direitos dos povos indígenas e o empoderamento das mulheres no contexto de sustentabilidade (HANDL, 2012).

As Conferência das Partes (COP) são encontros anuais que tem por objetivo debater políticas e ações com objetivo de alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), por meio de iniciativas voltadas a mitigação das mudanças climáticas. Iniciada em 1995, essas reuniões têm por objetivo revisar anualmente os acordos e resoluções estabelecidos, visando avaliar o progresso e formular novas recomendações e políticas (ARORA e ARORA, 2023; BEAUDOIN *et al.*, 2023 e STODDART *et al.*, 2023). A Figura 7 reflete a evolução da COP desde a primeira edição, 1995.

Figura 7 – Evolução da COP - Conferência das Partes.

<b>COP 1 – 1995</b> • Alemanha – Berlim • Estabelecido o Mandato de Berlim, com obrigações diferenciadas para países. Fazendo parte dos países ricos e membros da OCDE, não precisaram atender as obrigações extras.	<b>COP 2 – 1996</b> • Suíça – Genebra • Declaração de Genebra reforçou a responsabilidade dos Estados na redução de emissões, mas sem acordos vinculativos.	<b>COP 3 – 1997</b> • Japão – Kyoto • Protocolo de Kyoto estabelecido, definição de metas de redução de emissões para os países desenvolvidos.	<b>COP 4 – 1998</b> • Argentina – Buenos Aires • Adoção do Plano de Ação de Buenos Aires para implementar o Protocolo de Kyoto.	<b>COP 5 – 1999</b> • Alemanha – Bonn • Discussão sobre o Plano de Ação de Buenos Aires e o impacto do uso humano das florestas.	<b>COP 6 – 2000</b> • Holanda e Alemanha – Haia e Bonn • Discussões sobre os mecanismos de implementação do Protocolo de Kyoto, com destaque para a flexibilidade dos mecanismos. Tendo os Estados Unidos colocando-se como Estado observador, sem necessidade de seguir as metas.	<b>COP 7 – 2001</b> • Marrocos – Marrakech • Acordo de Marrakech estabelecimento de regras detalhadas para implementar o Protocolo de Kyoto e mecanismos de financiamento através da criação do Fundo Espacial para a mudança do clima (SCCF).	<b>COP 8 – 2002</b> • Índia – Deli • Importante participação do setor privado e Organizações não governamentais (ONGs) através do Fundo para Países Menos Desenvolvidos (LDCF), além de projetos de reflorestamento.	<b>COP 9 – 2003</b> • Itália – Milão • Avanços no Fundo para o Clima e Fundo para Países Menos Desenvolvidos (SCCF) e no Fundo para Países Menos Desenvolvidos (LDCF), além de projetos de reflorestamento.	<b>COP 10 – 2004</b> • Argentina – Buenos Aires • Discussão sobre a implementação do Protocolo de Kyoto e preparação para o segundo período de compromisso.
<b>COP 11 – 2005</b> • Canadá – Montreal • Primeira COP após a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, em pauta impacto do desmatamento nas emissões de gases do efeito estufa (GEE) e foco em atrair países que não o ratificaram.	<b>COP 12 – 2006</b> • Quênia – Nairobi • Conceito de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD), introduzido pela proposta brasileira com o objetivo de reduzir as emissões de países em desenvolvimento.	<b>COP 13 – 2007</b> • Indonésia – Bali • Plano de Ação de Bali ratificado por Austrália e aceito por Estados Unidos. Criação da base para negociações futuras e inclusão de todos os países nos compromissos e preparação do segundo Protocolo de Kyoto.	<b>COP 14 – 2008</b> • Polónia – Poznan • Foco no auxílio aos países menos desenvolvidos e reconhecimento da necessidade de mais ambição nas metas climáticas. Brasil, China, Índia e México se comprometeram a assumir responsabilidade na redução das emissões GEE, mesmo sem estarem na pauta de países responsáveis.	<b>COP 15 – 2009</b> • Dinamarca – Copenhague • COP de Copenhague destacou-se pelo acordo político de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C. Compromisso de países industrializados em subsidiarem USD 10 bilhões ao ano, entre 2010 a 2020, e USD 100 bilhões após 2020 para países mais vulneráveis, mitigarem os efeitos das mudanças climáticas. Compromisso do Brasil em reduzir entre 35,1% e 38,9% a emissão de GEE até 2020.	<b>COP 16 – 2010</b> • México – Cancún • Acordos de Cancún, estabelecendo compromissos mais claros para a segunda fase do Protocolo de Kyoto e fundos verdes para o clima, com grande atuação de Brasil, México e Reino Unido.	<b>COP 17 – 2011</b> • África do Sul – Durban • Com o protagonismo da União Europeia a intenção de desenvolver um novo acordo climático para todos os países a redução de GEE. Com a formalização das regras para países industrializados, mais Brasil, China e África do Sul com oposição de Rússia, Japão e Canadá sem comprometer-se com as metas.	<b>COP 18 – 2012</b> • Qatar – Doha • Extensão do Protocolo de Kyoto até 2020 e compromisso de financiamento dos países desenvolvidos.	<b>COP 19 – 2013</b> • Polónia – Warsaw • Muitos conflitos entre países industrializados e em desenvolvimento em decorrência das metas de emissões de GEE. Criação do mecanismo de perdas e danos associados aos impactos das mudanças climáticas.	<b>COP 20 – 2014</b> • Peru – Lima • O Chamado de Lima para a Ação Climática serviu como base para o Acordo de Paris, onde os estados apresentaram ações para manter o aumento da temperatura menos que 2°C.
<b>COP 21 – 2015</b> • França – Paris • Acordo de Paris estabelecido, marcando um compromisso global para a redução de emissões e a limitação do aquecimento. Apresentação das evoluções realizadas por países em desenvolvimento e desenvolvidos, assumindo novos compromissos, com exceção dos Estados Unidos que se retiraram da conferência.	<b>COP 22 – 2016</b> • Marrocos – Marrakech • Ação climática e sustentabilidade reforçadas, com foco em energia renovável e implementação do Acordo de Paris. Iniciativas como o "Climate Vulnerable Forum" reforçaram a importância de manter a temperatura em 1,5°C. Nova meta estabelecida, trabalhar 100% com energias renováveis entre 2030 e 2050 e o reforço da importância dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.	<b>COP 23 – 2017</b> • Alemanha – Bonn • Foco na eliminação do uso do carvão e na transição energética por meio da Powering Past Coal Alliance, formado por um grupo de 170 países, cidadãos, regiões e organizações.	<b>COP 24 – 2018</b> • Polónia – Katowice • Regras detalhadas para a implementação do Acordo de Paris, conhecidas como o "Livro de Regras de Katowice". A alivista Greta Thunberg com 15 anos, por meio de uma ação coletiva em favor das medidas urgentes no combate as alterações climáticas, provoca o debate na cúpula e extra cúpula.	<b>COP 25 – 2019</b> • Espanha – Madri • COP sob presidência do Chile, realizada em Madri, destacou a necessidade de maior ambição e ação climática.	<b>COP 26 – 2021</b> • Reino Unido – Glasgow • COP em Glasgow enfatizou a urgência em ações climáticas e discussões sobre metas de redução de emissões a longo prazo, contou com a apresentação do relatório do Painel Governamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que alerta sobre cenários catastróficos com o aquecimento médio do planeta de 6°C.	<b>COP 27 – 2022</b> • Egito – Sharm El-Sheikh • Discussões sobre financiamento climático e responsabilidade pelas emissões, mas sem avanços no que tange o uso de combustíveis fósseis e sem data para o fim das emissões de gases do efeito estufa.	<b>COP 28 – 2023</b> • Emirados Árabes Unidos – Dubai • Criação do Fundo para Perdas e Danos, e a elaboração de um roteiro para transição dos combustíveis fósseis. Contudo, destacou-se a falta de ações efetivas.		

Fonte: elaboração própria com base nos dados ONU (2020) e ONU (2023).

A Rodada de Doha foi criada em 2001 pela Organização Mundial do Comércio (OMC) com o objetivo de tratar questões como subsídios agrícolas, serviços, direito de propriedade intelectual e questões ambientais, a fim de reduzir as barreiras comerciais em todo mundo e ter um livre comércio. Os integrantes dessa agenda são países ricos, desenvolvidos e os países em desenvolvimento com grande relevância

comercial. Nas negociações das rodadas do Uruguai e Doha, ao passo que os países desenvolvidos impuseram novas políticas agrícolas e protecionistas, Brasil, Argentina, Chile e Uruguai buscaram defender seus interesses através de um grupo de influência. Como resultado da ação desse grupo, foi observado um crescimento importante nas exportações de oleaginosas e açúcar, em oposição a deterioração da balança comercial europeia no mesmo período de análise (PRADO e CANESIN, 2011; CASTELLANO-ÁLVAREZ e RAMÍREZ, 2022).

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 por meio do artigo 225, determina que cabe ao poder público e à sociedade defender e preservar o meio ambiente para as gerações atuais e futuras, garantindo a todos o usufruto de forma equilibrada e saudável, reiterando que este é um direito de todos (BRASIL, 1988). A pauta ambiental vem sendo discutida desde a década de 1950, mas somente nos anos de 1980 o tema se tornou significativamente relevante devido à crescente preocupação mundial acerca do assunto. A política nacional do meio ambiente foi instituída pela Constituição Federal, com o objetivo de focar na recuperação de áreas degradadas, bem como na preservação dos ecossistemas, a fim de garantir o desenvolvimento socioeconômico, segurança e a integridade dos indivíduos. Além disso, previu a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e o Cadastro de defesa ambiental, e outras medidas que atendem aos critérios de organizações internacionais, impulsionando o progresso ambiental do país (SILVA, SILVA e BORGES, 2019).

A União Europeia estabeleceu a “Estratégia Europeia para os Plásticos”, em 2018, formando uma comissão com o propósito de abordar especificamente a problemática da poluição plástica originada nos processos de produção, consumo e pós-consumo, com o foco tanto na resolução de questões imediatas quanto o desenvolvimento de estratégias a longo prazo. As ações adotadas por esta comissão abrangem medidas relativas ao plástico de uso único, a reciclagem e a responsabilização de todos os participantes da cadeia produtiva. Além disso, engloba diversas iniciativas voltadas para a mitigação dos microplásticos, conscientização e educação do público em relação ao problema. Adicionalmente, por integrar o Plano de Ação da EU para a economia circular, a comissão aborda disposições relativas ao uso do plástico nesse contexto específico (EUROPEAN COMMISSION, 2018). A Lei Canadense de Proteção Ambiental criada em 1999, estabeleceu em 2022 a proibição para a fabricação, importação e venda nacional e internacional de plásticos de uso

único, no total são seis categorias de produtos como sacolas plásticas, utensílios para alimentação, talheres, porta anel, palitos e canudos (CANADA GAZETTE, 2022).

O PNUMA como integrante do sistema das Nações Unidas, está atualmente envolvido em 735 projetos distribuídos por 149 países. Destaca-se o Quênia, líder em número de projetos, com 26 iniciativas ativas em fase de implementação, representando 3,54% do total. O Brasil, por sua vez, participa com 9 projetos em fase de implementação (UN ENVIRONMENT OPEN DATA, 2022).

## 2.4 Imposto Pigouviano

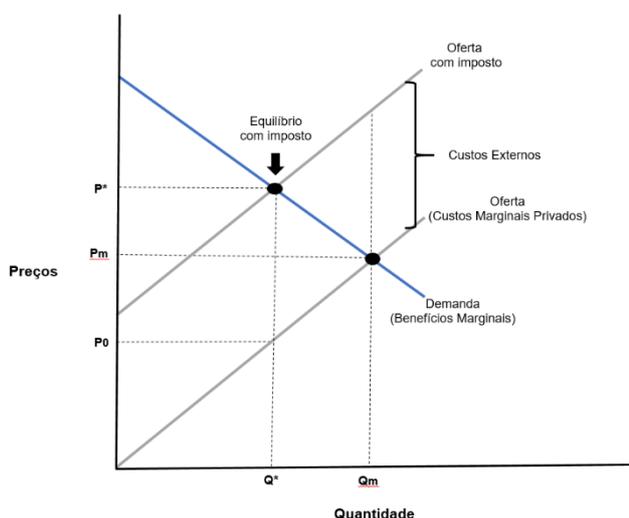
Arthur Cecil Pigou, economista inglês com formação em Cambridge, lançou em 1912 o seu trabalho 'Wealth and Welfare', a respeito da teoria do bem-estar e externalidades, que tem repercutido e encontrado aplicações desde então. Para Pigou, a externalidade pode ser negativa ou positiva e incide na diferença do produto marginal social e privado, o que inviabilizaria obter a maximização do bem-estar e da renda nacional. A abordagem explorada então pelo autor passaria por uma regulação governamental, uma vez que era necessário equilibrar os produtos marginais. Com isso, as externalidades negativas gerariam um tributo ao agente poluidor, e a externalidade positiva, por sua vez, geraria um benefício (SALLES e MATIAS, 2022)

O Princípio do Poluidor-Pagador (PPP) consiste em responsabilizar financeiramente o agente gerador da externalidade, através da mensuração dos custos externos associados. E ainda o agente poluidor não poderá receber nenhum tipo de incentivo governamental para controlar ou corrigir a poluição, sendo o próprio o único responsável (OECD, 1975).

Para Pigou a internalização dos custos ambientais através de um imposto é a forma mais efetiva de se corrigir o problema, uma vez que os custos marginais privados e os custos externos, seriam aplicados no preço final do bem ou serviço em questão. Na Figura 8, tem-se um exemplo de um mercado com a presença de externalidade negativa. Tem-se a curva de demanda, a curva de oferta, os custos externos e a curva de oferta com imposto. Esta última compreende os custos marginais privados somados aos custos externos, ou seja, os custos marginais sociais. O equilíbrio de mercado encontra-se nos pontos  $P_m$  e  $Q_m$  onde a curva de demanda intercepta a curva de oferta. No entanto, ao introduzir o imposto Pigouviano, um novo equilíbrio é estabelecido em  $P^*$  e  $Q^*$ , onde a curva de demanda e a curva de

oferta com imposto se cruzam. Isso nos leva à conclusão de que uma parcela do imposto incidiu sobre o consumidor, refletindo-se em alterações nos preços (HARRIS e ROACH, 2018).

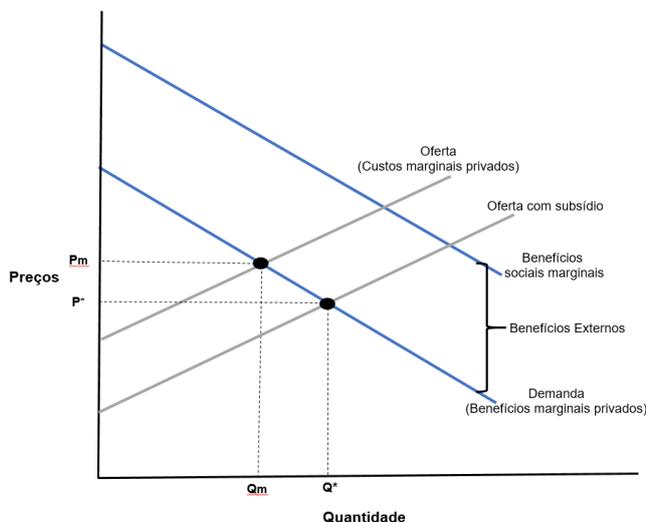
Figura 8 – Exemplo externalidade negativa e aplicação imposto Pigouviano



Fonte: elaboração própria com base nos dados de Harris e Roach (2018)

De acordo com Springel (2021), as externalidades positivas geram benefícios sociais à medida que uma unidade adicional do bem ou serviço é consumida. Dessa forma, a externalidade de rede mostra que, à medida que a adoção se amplia, maiores benefícios são colhidos. O estudo analisou os incentivos gerados pelo governo, e os resultados indicam que o subsídio teve um impacto positivo, resultando no aumento dos benefícios sociais. No entanto, os autores indicam que é fundamental considerar o contexto de aplicação desses subsídios, pois o estímulo do consumo pode gerar outros impactos. A internalização dos benefícios gerados, no caso explorado, foi efetiva ao evidenciar que as políticas públicas, quando bem elaboradas e aplicadas, geram retorno para a sociedade. Na Figura 9, observa-se a curva de demanda, benefícios externos, a curva de benefícios sociais marginais, a curva de oferta com subsídio e a curva de oferta. Em  $P^*$  e  $Q^*$ , ocorre uma redução nos preços e um aumento na quantidade ofertada, caracterizando um novo equilíbrio de mercado. Por outro lado, em  $P_m$  e  $Q_m$ , observa-se o oposto, com aumento nos preços e redução na quantidade ofertada (HARRIS e ROACH, 2018).

Figura 9 – Exemplo externalidade positiva e aplicação imposto Pigouviano



Fonte: elaboração própria com base nos dados de Harris e Roach (2018)

A aplicação do imposto Pigouviano é extensivamente estudada em vários cenários de externalidade para avaliar a eficácia das políticas públicas. No entanto, essa avaliação requer uma estratégia de pesquisa e análise que seja capaz de capturar adequadamente a dinâmica da evolução da externalidade em questão. No estudo conduzido por Cadoret, Galli e Padovano (2021), foram realizados testes empíricos tanto com o imposto Pigouviano, que tem como objetivo a redução da externalidade, quanto com o imposto Leviatã, cujo propósito é maximizar a receita. Os resultados revelaram que a aplicação de um tributo Pigouviano, foi mais eficaz na correção da externalidade. Além disso, verificou-se que, à medida que a alíquota do tributo aumentou a redução das externalidades cresceu. Essas constatações indicam que é viável incorporar políticas fiscais como meio para reduzir as externalidades.

Um estudo sobre políticas para a redução do uso de sacolas plásticas a nível nacional no Reino Unido e na Irlanda, concluiu que a aplicação de imposto impacta positivamente a externalidade. No caso da Irlanda, imediatamente após a aplicação do imposto ocorreu a redução de 90% da distribuição de sacos plásticos nos pontos de venda. Observou-se também a redução da poluição no ecossistema marinho de forma geral. Assim como nas praias, o número de sacolas encontradas reduziu expressivamente. A receita alcançada com o tributo foi destinada a um fundo ambiental que atua no fechamento do ciclo de vida do produto e promove ações educativas. A implementação do imposto foi procedida das interações com os

envolvidos, consumidores e varejistas, acompanhada de campanhas de educação e conscientização sobre o tema (LYONS, 2013).

## **2.5 Modelos de equilíbrio geral computável**

Os modelos de Equilíbrio Geral Computáveis (EGC) são ferramentas de simulação de cenários econômicos que permitem a análise de possíveis impactos relacionados a políticas de alocação de recursos e renda, além de políticas comerciais e ambientais. Os modelos EGC baseiam-se na teoria walsariana de equilíbrio geral, que aborda a economia concorrencial, compreendendo um sistema de equações que descrevem o comportamento dos agentes econômicos. Essas equações contemplam funções de demanda, oferta, equilíbrio de mercado, renda, restrições governamentais e políticas, e equações de balanço comercial. Esses sistemas de equações são resolvidos simultaneamente a fim de atingir o equilíbrio, e permitem avaliar os efeitos gerados por políticas sobre mercados de bens, serviços e fatores de produção de uma economia, oferecendo uma visão completa da dinâmica dos mercados e as interações dos agentes econômicos tanto em nível mundial quanto regional (WHALLEY, 1985; ROBINSON, 1989; HERTEL, 1997; FOCHEZATTO, 2005; DIXON e JORGENSON, 2012).

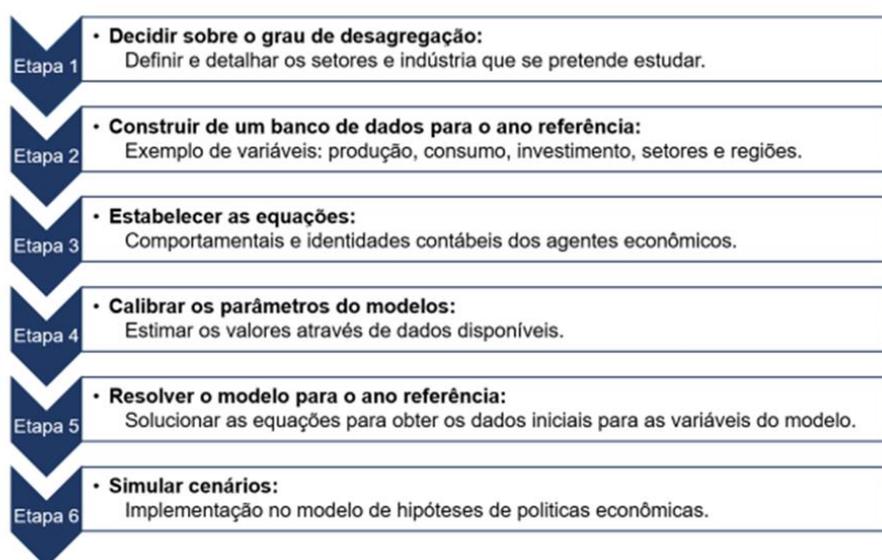
Os autores Whalley (1985), Robinson (1989) e Hertel (1997), utilizaram o modelo de Equilíbrio Geral Computável para analisar a distribuição de renda e a alocação de recursos. Whalley buscou compreender o impacto das condições de desregulamentação comercial, bem como das legislações fiscais e ambientais. Enquanto Robinson focou sua análise em países em desenvolvimento. Por sua vez, Hertel procurou examinar e avaliar os efeitos das políticas comerciais e ambientais em âmbito mundial.

Ginsburg e Robinson (1984) avaliaram modelos de equilíbrio, tanto parcial quanto geral, em um contexto de múltiplos setores. Com a finalidade de compreender a influência mútua entre a setores e a alocação eficiente dos recursos, visando um cenário de equilíbrio. Para desenvolver o modelo de EGC, várias fontes de dados são utilizadas como insumos, sendo a matriz de insumo-produto a principal delas. Esses dados são então organizados em uma matriz, denominada de Matriz de contabilidade social (*Social Accounting Matrix - SAM*). O objetivo dessa matriz é organizar as

informações de natureza econômica e social, de regiões e períodos específicos, a fim de viabilizar a criação de modelos que investigam como as atividades econômicas afetam os agentes (PYATT e ROUND, 1979; PYATT e ROUND, 1985).

A diversidade de modelos de EGC encontrados atualmente, conforme Fochezatto (2003) decorre dos atributos da economia que está sendo investigada. Uma vez que se faz necessário refletir o comportamento e o fechamento macroeconômico do contexto estudado. Para a construção de um modelo de EGC é necessário seguir seis etapas conforme a Figura 10:

Figura 10 – Etapas para a criação de um modelo EGC



Fonte: elaboração própria com base em Fochezatto (2003).

### 2.5.1 Análise ambiental por meio de modelos de EGC.

Os modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) têm sido empregados na avaliação de políticas, medidas de proteção e normas ambientais a fim de mitigar os problemas gerados pela poluição. Eles desempenham um papel importante como ferramenta de suporte aos tomadores de decisão, possibilitando a comparação de inúmeros cenários, aprimorando as análises teóricas e econométricas convencionais. Essa metodologia permite a análise de diversas variáveis de interesse, visando alcançar o equilíbrio entre procura, oferta e preço em diferentes mercados (WING e BALISTRERI, 2018; TAKEDA e ARIMURA, 2020, 2021; BANCHERI, 2022).

Estudos como de Babatunde, Begum e Said (2017) e An *et al.* (2023) destacam que modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) têm sido amplamente

empregados na investigação de potenciais políticas ambientais destinadas a correção e mitigação das externalidades negativas. Devido à escassez de dados macroeconômicos, há uma inclinação pela adoção de modelos EGC estáticos. Esses modelos foram utilizados em grande parte para a investigação em contextos nacionais, regionais e mundiais, constatou-se uma grande concentração de estudos focados em países como China, Estados Unidos, Índia e Austrália. Os tópicos de interesse incluem tributação, metas e comércio de emissões, fontes renováveis de energia e soluções para uma economia de baixo carbono.

O objetivo do estudo de Ciaschini *et al.* (2012) foi investigar, por meio de da aplicação de um modelo de EGC, os impactos de uma reforma ambiental na redução das emissões de gases de efeito estufa e no alcance de um duplo dividendo. O modelo EGC refletiu as relações financeiras entre os agentes econômicos de duas regiões e setores distintos. O estudo identificou que a aplicação de um imposto verde, progressivo e proporcional, na região centro-norte geraria redução nas emissões e na taxa de desemprego. Porém, nas Ilhas do Sul, houve um aumento na taxa de desemprego e uma redução no nível de produção.

No estudo de Ling *et al.* (2017), o EGC dinâmico foi aplicado para investigar quais seriam os impactos de reformas fiscais ambientais, por meio da simulação de cenários com a inclusão de imposto sobre o carbono. Foi desenvolvido um modelo EGC multissetorial com o objetivo de analisar os efeitos decorrentes da tributação do carvão na China. Diferentes hipóteses de imposto foram simuladas no modelo, fundamentadas em taxas *ad valorem*, as quais foram comparadas à política tributária vigente, baseada em pesos. Os resultados alcançados indicaram que, ao adotar uma reforma baseada em taxas *ad valorem*, o PIB chinês seria impactado negativamente no curto prazo, com a ocorrência de queda de produtividade em diversos setores. Este problema, contudo, seria resolvido no longo prazo. Os benefícios alcançados melhorariam a composição energética e reduziram as emissões de poluente.

Takeda e Arimura realizaram estudos com o objetivo de avaliar a reforma fiscal ambiental no Japão e posteriormente a reutilização das receitas fiscais. Os cenários analisados incluíram: (1) a redução do valor consolidado para a família, caracterizando este cenário como um imposto puro sobre o carbono. Os demais cenários refletem hipóteses de reformas ambientais, com redução nas taxas de (2) rendimentos individuais, (3) corporativos e (4) consumo. Somente para o primeiro estudo, foi analisado o cenário envolvendo a redução nas taxas de segurança social. Os

resultados indicaram que os cenários de reforma tributária ambiental proporcionaram resultados melhores em comparação ao imposto de carbono puro, gerando o aumento do bem-estar e redução de emissões. A redução dos impostos corporativos foi o melhor cenário para o PIB e a renda nacional. Por fim, a análise revelou que em alguns casos foi possível verificar resultado positivo nos dividendos duplos (TAKEDA e ARIMURA, 2020; TAKEDA e ARIMURA, 2021).

Freire-González e Ho (2018), desenvolveram um modelo de EGC para avaliar a eficiência econômica e ambiental decorrente de uma reforma fiscal ambiental na Espanha. O estudo incidiu sobre 39 indústrias e abrangeu 31 tipos de poluentes distintos, focando em setores essenciais como, energia, água, transportes e resíduos. A premissa central do modelo envolveu o aumento imposto e redução de subsídios para as indústrias em questão, bem como a realocação novas receitas geradas para reduzir os impostos sobre trabalho, capital e consumo. Os resultados alcançados mostram que a reforma fiscal ambiental tem potencial não apenas de mitigar as emissões de todos os poluentes analisados, mas também reduzir o consumo de carvão, petróleo e gás. Além dos benefícios econômicos e ambientais identificados, a reforma indica a possibilidade de alcançar duplo dividendo através da reciclagem de receitas e um aumento do PIB após cerca de 4 anos da implementação da reforma.

Com o aumento da produção e do consumo de plástico, a questão da poluição plástica se acentuou ao longo do tempo, conforme já exposto em vários estudos apresentados. Em especial, a clara contribuição do setor têxtil para a poluição plástica, por meio da utilização de fibras sintéticas de origem fóssil na confecção dos produtos. Portanto, uma abordagem potencial para corrigir essa externalidade é reduzir a fabricação de plásticos, e este estudo busca, por meio da implementação de uma política tarifária ambiental, verificar se tal medida realmente diminuiria a magnitude da produção e quais seriam os desdobramentos econômicos de tal procedimento.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem metodológica baseada na implementação de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), multirregional, multisetorial e estático, com o intuito de avaliar os impactos decorrentes da introdução de um imposto verde sobre a utilização de fibras de origem fóssil (plástico) pela indústria têxtil e de vestuário. A estrutura metodológica é delineada em três segmentos principais, conforme descrito a seguir.

Inicialmente, o Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEG), conforme desenvolvido por Teixeira, Pereira e Gurgel (2013), é empregado para fornecer uma análise intrincada das interações econômicas nas cinco principais macrorregiões do Brasil, bem como com seus parceiros comerciais internacionais mais significativos. Este modelo destaca-se pela sua capacidade de desagregar e examinar minuciosamente a produção e distribuição de bens e serviços, englobando tanto as esferas globais quanto regionais, e oferecendo insights detalhados sobre as complexas dinâmicas econômicas.

A segunda parte da metodologia concentra-se na agregação dos dados referentes aos países, regiões, setores econômicos, fatores de produção, além da definição dos parâmetros essenciais do modelo EGC. Este processo é fundamental para a configuração do modelo de acordo com as especificidades do estudo em questão, permitindo uma simulação precisa dos cenários propostos.

Por fim, a terceira etapa consiste na simulação de diversos cenários de choques tarifários para analisar os efeitos potenciais de um imposto verde sobre o volume de utilização de plástico pela indústria têxtil e de vestuário. Esta abordagem possibilitará avaliar as consequências econômicas e ambientais de tais políticas, fornecendo uma base sólida para compreender melhor as estratégias mais eficazes de redução do uso de plástico. Indiretamente, espera-se a minimização do impacto ambiental, especialmente no que se refere à poluição por plásticos.

A metodologia proposta neste estudo, portanto, busca integrar rigor teórico e aplicabilidade prática na análise dos efeitos de políticas ambientais sobre a economia, utilizando o modelo de EGC como ferramenta central de investigação.

### 3.1 Modelo PAEG

Criado em 1992 por Thomas W. Hertel, professor de economia agrícola na Universidade Purdue, nos Estados Unidos, o Global Trade Analysis Project (GTAP) visa melhorar a qualidade das análises dos pesquisadores. Para isso, utiliza um banco de dados que inclui informações de matrizes insumo-produto de diversos países e pode incorporar dados específicos sobre produção, consumo e serviços para análises de segmentos particulares. O GTAP é composto por uma rede global de pesquisadores e formuladores de políticas, proporcionando o desenvolvimento de ferramentas e recursos para a realização de estudos. Instituições renomadas como ONU e Banco Mundial já se beneficiaram de estudos baseados em dados do GTAP (GTAP, 2019).

Conforme Brooke *et al.* (1998) o *General Algebraic Modelling System* (GAMS) é um software de modelagem que abarca diversas linguagens e bibliotecas que buscam modelar e resolver problemas de matemática e otimização linear e não-linear. Thomas Rutherford desenvolveu o *Mathematical Programming System for General Equilibrium* (MPSGE) que é uma biblioteca com funções e modelos matemáticos computacionais, para análises de equilíbrio geral. O MPSGE funciona dentro do GAMS como um subsistema de programação que suporta a criação e gestão dos modelos, sem a necessidade de criar componentes de forma isolada. Com isso, o MPSGE demonstra a capacidade de englobar modelos matemáticos de vários níveis de complexidade, facilitando aos pesquisadores a análise do comportamento dos agentes econômicos sob um amplo espectro de condições e políticas. Dado que o sistema permite modelar blocos de funções de demanda, oferta e equilíbrio, indicando de forma estruturada os objetos de estudo, tais como: os setores, as *commodities*, os consumidores, as variáveis auxiliares, as funções de produção e de demanda, além de variável auxiliar com condição de equilíbrio associada (RUTHERFORD, 1999).

O PAEG foi desenvolvido nesse contexto de *GTAP in GAMS*, uma vez que utiliza a base de dados do GTAP em ambiente de desenvolvimento GAMS. Segundo Teixeira, Pereira e Gurgel (2013), o PAEG é um modelo econômico estático que abrange múltiplas regiões de forma detalhada e desagregada. Ele integra dados de várias matrizes de insumo-produto na base de dados do GTAP, com o propósito de refletir os variados cenários econômicos existentes e compreender os fluxos de transações econômicas globais. Por meio da simulação de cenários, o modelo

quantifica os efeitos diretos e indiretos alcançados, permitindo uma investigação com maiores detalhes das regiões cinco macrorregiões brasileiras e de países de interesse, observando os fluxos comerciais, níveis de produção e comportamento dos agentes econômicos.

O PAEG tem a estrutura fundamental do GTAP, e para o propósito deste estudo ser alcançado, foi utilizado o PAEG na versão 6, com banco de dados 11.0 do GTAP que contém informações da economia mundial referentes ao ano de 2019. O Quadro 1 apresenta os índices de conjunto de dados, demonstrando a constituição do modelo do PAEG.

Quadro 1 – Índices de conjuntos da base de dados

<b>Índice</b>	<b>Descrição</b>
i, j	Setores e bens
r, s	Países e regiões
f ∈ m	Fatores de produção de mobilidade livre dentro de dada região: trabalho qualificado, trabalho não-qualificado e capital
f ∈ s	Fatores de produção fixos: terra e outros recursos naturais

Fonte: elaboração própria com base em Gurgel, Teixeira e Pereira (2010).

### 3.1.1 Identidades Contábeis Macroeconômicas de funcionamento do PAEG

De acordo com Gurgel, Teixeira e Pereira (2010), a elaboração da estrutura geral do modelo PAEG exigiu a definição das variáveis econômicas, como ilustrado no Quadro 2.

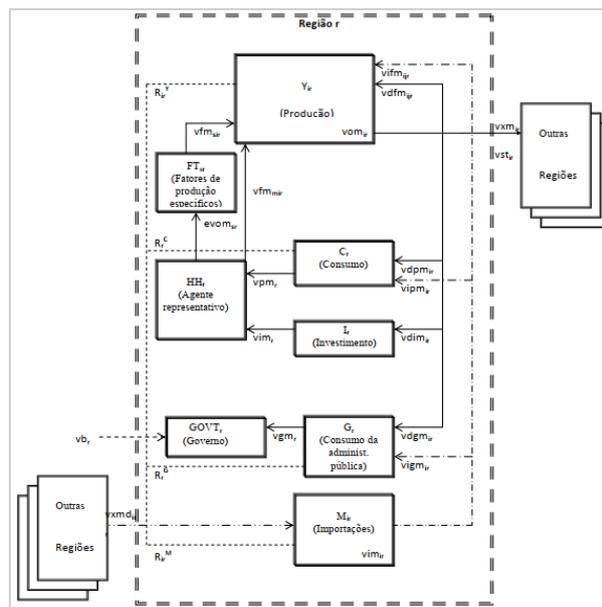
Quadro 2 – Variáveis do modelo econômico

Variáveis	Descrição
$Y_{ir}$	Produção do bem i região r
r	Regiões
$C_r$	Consumo privado
$I_r$	Investimento
$G_r$	Consumo público
$M_{jr}$	Importações do bem j região r
$HH_r$	Agente consumidor representativo (ou domicílio)
$GOVT_r$	Setor público ou governo
$FT_{sr}$	Atividade com utilização de fatores de produção específico com a alocação para setores particulares

Fonte: elaboração própria com base em Gurgel, Teixeira e Pereira (2010).

Ainda para Gurgel, Teixeira e Pereira (2010) para concluir a estrutura geral do modelo PAEG, foi necessária a criação dos fluxos de fatores. A Figura 11, ilustra o fluxo criado. Onde as linhas sólidas ou pontilhadas de forma irregular indicam mercados de fatores e de bens. Por sua vez, linhas pontilhadas e regulares simbolizam os pagamentos de impostos. Além disso, os mercados de bens, tanto importados como domésticos, são representados pelas linhas verticais ao lado direito da figura.

Figura 11 – Fluxos no PAEG



Fonte: Gurgel, Pereira e Teixeira (2010)

### 3.1.2 Funções de Identidade: equilíbrio no mercado de bens e fatores

A função de produção doméstica ( $vom_{ir}$ ) é a primeira equação apresentada através da Equação 1, onde as exportações são dadas por ( $\sum_s vxmd_{irs}$ ) os serviços de transporte internacional por ( $vst_{ir}$ ), a demanda intermediária ( $\sum_j vdfm_{ijr}$ ), o consumo privado ( $vdpm_{ir}$ ), os investimentos ( $vdim_{ir}$ ) e finalmente o consumo do governo ( $vdgm_{ir}$ ).

$$vom_{ir} = \sum_s vxmd_{irs} + vst_{ir} + \sum_j vdfm_{ijr} + vdpm_{ir} + vdgm_{ir} + vdim_{ir} \quad (1)$$

A Equação 2 é a identidade contábil referente a demanda por bens importados ( $vim_{ir}$ ), que é resultante da soma do consumo intermediário ( $\sum_j vifm_{ijr}$ ), do consumo privado ( $vipm_{ir}$ ) e do consumo do governo ( $vigm_{ir}$ ).

$$vim_{ir} = \sum_j vifm_{ijr} + vipm_{ir} + vigm_{ir} \quad (2)$$

Para a produção de  $Y_{ir}$  é necessário incluir os insumos intermediários tanto domésticos quanto importados, como os fatores de produção móveis ( $vfm_{fir}$ ,  $f \in m$ ) e o consumo do agente público ( $vigm_{ir}$ ). Os agentes representativos recebem a renda obtida com os fatores de produção. Com isso o equilíbrio nos mercados de fatores é dado pela Equação 3, abaixo, onde o valor do pagamento dos fatores é relacionado com a renda destes.

$$\sum_i vfm_{fir} = evom_{fr} \quad (3)$$

O equilíbrio nos mercados pressupõe que demanda e oferta sejam iguais. Diante disso, a Equação 4 nos indica que equilíbrio nos mercados internacionais ocorrem quando as exportações do bem  $i$  na região  $r$  que é dado por ( $vxm_{ir}$ ), e às importações do mesmo bem por todos os parceiros comerciais é ( $\sum_s vxmd_{irs}$ ) são iguais.

$$vxm_{ir} = \sum_s vxmd_{irs} \quad (4)$$

No contexto de serviços de transporte internacionais aplicam-se condições de equilíbrio semelhantes, onde a oferta agregada do serviço de transporte  $j$ ,  $vt_j$ , é igual

ao valor dos serviços de transporte nas exportações ( $\sum_r vst_{jr}$ ), conforme a Equação 5 abaixo.

$$vt_j = \sum_r vst_{jr} \quad (5)$$

Já no mercado de serviços de transporte, o equilíbrio entre oferta e demanda iguala a oferta desses serviços à soma total dos fluxos bilaterais de serviços de transporte adquiridos nas importações de bens dado por ( $\sum_f evom_{fr}$ ), conforme a Equação 6.

$$vt_j = \sum_f evom_{fr} \quad (6)$$

### 3.1.3 Equações de restrição orçamentária: balanço da renda

A letra R representa renda do governo, formado pela soma total das receitas geradas por impostos e transferências. Os fluxos de impostos são compostos por: impostos indiretos na produção e exportação dado por ( $R_{ir}^Y$ ), do consumo dado por ( $R_r^C$ ), da demanda do governo dado por ( $R_r^G$ ) e finalmente das importações dado por ( $R_{ir}^M$ ). A receita governamental também inclui impostos diretos ao agente representativo, representado por  $R_r^{HH}$ , bem como as transferências do exterior por  $vb_r$ . A restrição orçamentária do governo é dada pela Equação 7 logo abaixo.

$$vgm_r = \sum_i R_{ir}^Y + R_r^C + R_r^G + \sum_i R_{ir}^M + R_r^{HH} + vb_r \quad (7)$$

A restrição orçamentária do agente representativo demonstrado na Equação 8, relaciona a renda dos fatores de produção dado por ( $evom_{fr}$ ), descontada dos pagamentos de impostos ( $R_r^{HH}$ ), com as despesas de consumo e investimento privado.

$$\sum_f evom_{fr} - R_r^{HH} = vpm_r + vim_r \quad (8)$$

### 3.1.4 Condições de Lucro Zero e estrutura de decisão

Nas equações anteriores, é possível observar que existem dois tipos de condição para ocorrer a consistência da base de dados contida nas matrizes de insumo-produto e contabilidade social. A primeira é o equilíbrio de mercado, que para existir necessariamente a oferta deve igual à demanda para todos os bens e fatores de produção e o balanço da renda quando a renda líquida é igual à despesa líquida. Ainda há um terceiro conjunto de identidades que aborda os lucros operacionais líquidos nos setores da economia.

Segundo Nazareth, Gurgel e Vieira (2019), os modelos PAEG e GTAP, consideram competição perfeita e retornos constantes à escala, o que indica que os custos com insumos intermediários e fatores de produção se igualem ao valor da produção, e os lucros econômicos, a zero. Essa condição mencionada se emprega aos setores produtivos e atividades, podendo ser observadas através da aplicação das equações 9 a 15, relacionadas a seguir.

$$Y_{ir}: \sum_f vfm_{fir} + \sum_j (vifm_{jir} + vifm_{jir}) + R_{ir}^Y = vom_{ir}; \quad (9)$$

$$M_{ir}: \sum_s \left( vxmd_{isr} + \sum_j vtwr_{jisr} \right) + R_{ir}^M = vim_{ir}; \quad (10)$$

$$C_r: \sum_i (vdpm_{ir} + vipm_{ir}) + R_{ir}^C = vpm_r; \quad (11)$$

$$G_r: \sum_i (vdpm_{ir} + vigm_{ir}) + R_{ir}^G = vgm_r; \quad (12)$$

$$I_r: \sum_i vdim_{ir} = vim_r; \quad (13)$$

$$FT_{fr}: evom_{fr} = \sum_i vfm_{fir} \quad f \in s; \quad (14)$$

$$YT_j: \sum_r vst_{jr} = vt_j = \sum_{irs} vtwr_{jirs} \quad (15)$$

### 3.1.5 Cálculo do Bem-estar e PIB

A mensuração dos resultados no modelo PAEG é realizada por meio de parâmetros e cálculos que permitem identificar os impactos da política estudada. A *proxy* para avaliar os ganhos de bem-estar foi a medida de variação equivalente comumente utilizada em estudos que empregam o PAEG (GURGEL, 2002; PEREIRA, 2011; NAZARETH, 2017). Essas mudanças no bem-estar podem ser representadas em termos percentuais e em valor monetário, assim como é possível perceber alterações na produção, fluxos comerciais e preços relativos da economia. A utilidade em termos de consumo é dada pela Equação 16, onde um valor positivo proporciona um aumento no bem-estar, bem como um valor negativo uma redução no bem-estar.

$$VE = \frac{U^f - U^i}{U^i} RF^i \quad (16)$$

O Produto Interno Bruto – PIB é o cálculo pelo lado da despesa, conforme é possível observar na Equação 17. Quando positivo, ocorreu uma melhora na economia, quando negativo um cenário de contração na produção de bens e serviços.

$$Y = C + I + G + X - M \quad (17)$$

No quadro 3, são detalhadas as variáveis que compõem as equações do Bem-estar e do PIB.

Quadro 3 – Variáveis do Bem-estar e do PIB

	Variáveis	Descrição
Bem-estar	VE	Variação equivalente
	$U^f$	Nível de utilidade final
	$U^i$	Nível de utilidade inicial
	$RF^i$	Rendas das famílias no equilíbrio inicial
PIB	$Y$	Produto Interno Bruto -PIB
	$C$	Consumo privado
	$I$	Investimentos
	$G$	Gastos do governo
	$X$	Exportações
	$M$	Importação

Fonte: elaboração própria com base em FORTINI *et al.* (2019)

### 3.1.6 Fechamento Macroeconômico

Conforme Gurgel, Pereira e Teixeira (2010), o fechamento macroeconômico do modelo PAEG considera alguns aspectos. A mobilidade dos fatores: a oferta total é inalterada, contudo, pode existir mudanças entre os setores; Especificidade de fatores: determinados fatores de produção não podem ser transferidos para outros setores; Flexibilidade de preços e pleno emprego: o modelo assume a ausência de desemprego e permite reajustar os preços para alcançar o equilíbrio entre oferta e demanda; Investimento e fluxos de capitais fixos: investimentos, fluxos de capitais e saldo de balanço de pagamento são fixos; Ajustes na taxa real de câmbio: adequações são necessárias para acomodar as alterações nos fluxos devido as mudanças nos preços internacionais; Variações no consumo do governo e receitas de impostos: o modelo considera essas mudanças em decorrências das variações econômicas que o afetam.

### 3.1.7 Agregação regional e setorial do modelo

Neste estudo, foi utilizado o PAEG na versão 6, juntamente com o banco de dados do GTAP a versão 11.0, que contém dados da economia de 2017. A agregação de setores é composta por 19 atividades abrangendo agropecuária, manufaturados e serviços, as quais fazem parte da matriz de Insumo Produto (MIP) do modelo. Os fatores de produção incluem cinco categorias, capital, trabalho não qualificado,

trabalho qualificado, terra e recursos naturais. O estudo contemplou um total de 23 regiões, incluindo a criação de uma região 'mundo' para análise. O Quadro 4 oferece maiores detalhes do modelo completo do PAEG.

Quadro 4 – Agregação regional e setorial do modelo PAEG, versão 6.

Regiões			Setores			
1	Brasil	BRA	Agricultura	1	Arroz em casca	pdr
2	Brasil - Região Norte	NOR		2	Cana de açúcar	c_b
3	Brasil - Região centro-oeste	COE		3	Grãos de cereais	gro
4	Brasil - Região Sul do Brasil	SUL		4	Leite cru	rmk
5	Brasil - Região Nordeste	NDE		5	Outros produtos agrícolas	agr
6	Brasil - Região Sudeste	SDE		6	Produtos alimentícios	foo
7	Mundo	WORLD		7	Produtos de origem animal	oap
8	Estados Unidos	USA		8	Sementes oleaginosas	osd
9	China	CHN	Manufatura	9	Outras manufaturas	man
10	Índia	IND		10	Produtos de madeira	lum
11	União Europeia	EUR		11	Publicação de produtos de papel	ppp
12	África	AFR		12	Químicos, indústria da borracha e plástico	crp
13	Austrália e Nova Zelândia	ANZ	Serviços	13	Têxteis	tex
14	Canadá	CAN		14	Vestuário	wap
15	Japão	JPN	Fatores de Produção	15	Construção	cns
16	México	MEX		16	Eletricidade, fabricação e distribuição de gás e água	siu
17	Oriente Médio	MES		17	Serviços	ser
18	Países com rápido desenvolvimento na Ásia	ASI		18	Transporte	otp
19	Resto da Ásia	RAS		19	Trocas	trd
20	Resto da Europa	REU	Rússia	1	Capital	
21	Resto das Américas	ROA		2	Trabalho qualificado	
22	Resto do Mercosul	RMS		3	Trabalho não qualificado	
				4	Terra	
				5	Recursos naturais	

Fonte: elaboração própria com base em PAEG versão 6

### 3.2 Cenários do estudo

Com o objetivo de investigar quais os possíveis efeitos econômicos e ambientais da aplicação de um imposto verde, foram elaborados três cenários, o primeiro com um aumento de imposto no consumo intermediário doméstico e importado, o segundo cenário com um aumento de imposto doméstico à produção e por fim, o terceiro cenário adota-se um imposto ao consumo doméstico e importado dos agentes privados. Os setores em que serão aplicados os choques são Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP), o Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP), uma vez que conforme Textile Exchange's (2023) a produção global de fibra sintética para indústria da moda, têxtil e de vestuário, bem como para outras indústrias têxteis em 2022 foi de 75 milhões de toneladas, a projeção para 2030 é de uma produção aproximada 147

de milhões de toneladas, enquanto a utilização de fibras sintéticas recicladas não chegou a 1% em todo mundo no ano de 2022. Ainda conforme Engelhardt (2023) 60% da produção mundial de fibras sintéticas são utilizadas para a confecção de vestuário, com isso a indústria têxtil foi classificada como uma das principais intensivistas em plástico e principais poluidoras em plástico (WHITE e WINCHESTER, 2022). A análise será realizada a nível Mundo, uma vez que não existe uma política ambiental no contexto mundial e conforme os resultados alcançados na última 28ª Cúpula do Clima da ONU, COP28, realizada em dezembro de 2023, em Dubai nos Emirados Árabes Unidos. Apesar do extenso debate sobre a exploração de petróleo, gás e carvão, o documento produzido como resultado, não definiu como será conduzida a pauta de mitigação da exploração, se será uma “redução gradual” ou “eliminação gradual”, tão pouco, como se dará a conduta de países mais desenvolvidos (ONU, 2023). Para entender o contexto brasileiro, a análise será desagregada nas cinco macrorregiões uma vez que a participação na produção do setor têxtil e vestuário se dá de forma distinta entre as regiões, conforme o estudo Brasil Têxtil 2023, a região Sudeste apresenta maior participação 40,3%, contudo de 2018 a 2022 perdeu 8% de participação. Em contrapartida, as regiões Sul e Nordeste ganharam participação, 8% e 5%, respectivamente apresentando um resultado de 31,3% e 24,7% (IEMI, 2023). O Quadro 5 apresenta maiores detalhes dos cenários planejados.

Quadro 5 – Cenários simulados

Cenários	Descrição	Parâmetros	Setor	Imposto (%)	Choque
A	Imposto ao consumo intermediário doméstico e importado (%)	$rtfd(i,j,r)$ $rtfi(i,j,r)$	CRP; TEX; WAP	30	$rtfd("crp","tex",r)=rtfd0("crp","tex",r)+0.30$ $rtfd("crp","wap",r)=rtfd0("crp","wap",r)+0.30$ $rtfi("crp","tex",r)=rtfi0("crp","tex",r)+0.30$ $rtfi("crp","wap",r)=rtfi0("crp","wap",r)+0.30$
B	Impostos domésticos à produção (%)	$rto(i,r)$	TEX; WAP	2	$rto("wap",r)=rto0("wap",r)+0.02$ $rto("tex",r)=rto0("tex",r)+0.02$
C	Imposto ao consumo doméstico e importado dos agentes privados (%)	$rtpd(i,r)$ $rtpi(i,r)$	TEX; WAP	4	$rtpd("tex",r)=rtpd0("tex",r)+0.04$ $rtpd("wap",r)=rtpd0("wap",r)+0.04$ $rtpi("tex",r)=rtpi0("tex",r)+0.04$ $rtpi("wap",r)=rtpi0("wap",r)+0.04$

Fonte: Elaborado pela autora a partir do PAEG versão 6.

### 3.2.1 Cenário A

O cenário A consiste na aplicação de um imposto verde no consumo intermediário do bem: Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP), consumido nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP). Para isso, os parâmetros utilizados foram:  $rtfd(i,j,r)$ , que corresponde ao imposto no consumo intermediário doméstico e o  $rtfi(i,j,r)$  que por sua vez corresponde ao imposto ao consumo intermediário importado. As regiões analisadas foram: Mundo, Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Diversas alíquotas de imposto foram testadas para determinar o cenário mais efetivo na redução do uso de plástico na indústria têxtil e no vestuário. Visando uma comparação adequada que alcançasse reduções similares tanto no PIB quanto no Bem-Estar Social, conduziu-se uma simulação aderente a esta estratégia, elevando o imposto para 30%.

### 3.2.2 Cenário B

O cenário B admitindo um aumento no imposto à produção doméstica, o objetivo deste cenário foi alcançar a mesma redução no Bem-estar e PIB do cenário anterior. O cenário avaliou os setores têxtil (TEX) e vestuário (WAP), nas regiões: Mundo, Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Com isso, o percentual do choque aplicado neste cenário foi de 2%

### 3.2.3 Cenário C

O cenário do choque C diz respeito ao imposto incidente sobre o consumo das famílias, e da mesma forma que no cenário anterior o objetivo deste cenário foi obter a mesma redução no Bem-estar e PIB do cenário A nos setores: têxtil (TEX) e vestuário (WAP), nas regiões: Mundo, Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Com isso, o percentual do choque aplicado neste cenário foi de 4%.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção detalha os impactos dos choques tributários ambientais implementados. Aqui, examinamos como tais medidas influenciam o bem-estar social, a produção industrial, o Produto Interno Bruto (PIB) e a estrutura de preços. Os cenários serão analisados sob uma perspectiva global, discutindo os resultados obtidos para identificar o cenário mais eficaz em atingir o objetivo do estudo: a redução do uso do plástico na indústria têxtil e de vestuário. Posteriormente examinaremos de forma desagregada os resultados dos cenários A, B e C no Brasil, examinando as especificidades de cada uma das cinco macrorregiões, a fim de compreender os impactos regionais desses choques tributários.

Os cenários simulados foram, o A com a aplicação de imposto de 30% no consumo intermediário do bem, Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP), na produção dos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP). O cenário B teve a aplicação do imposto à produção doméstica nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP) de 2%. E por fim, no choque C o imposto foi incidente sobre o consumo das famílias nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP) com o percentual de 4%.

### 4.1 Cenários Global

Nesta subseção, detalharemos os impactos decorrentes da implementação dos cenários de choques globais. Inicialmente, focaremos nos efeitos relacionados ao Produto Interno Bruto (PIB) e ao Bem-Estar Social. Em seguida, direcionaremos nossa análise para a esfera da Produção Industrial. Especificamente, examinaremos os setores de Químicos, borracha e plástico (CRP), Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP), complementando com uma avaliação do setor: Outros produtos agrícolas (AGR) e os principais exportadores têxteis, os Estados Unidos, China, Índia e Europa. O objetivo é compreender os desdobramentos provocados pelos choques ambientais nos diversos segmentos industriais e principais parceiros comerciais.

#### 4.1.1 Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar no Mundo

Os efeitos econômicos observados da perspectiva do PIB nos cenários A e B foram muito próximos em variação percentual, uma queda no PIB de 0,05%, enquanto em variação absoluta os cenários também apresentaram um PIB negativo, com um montante de UD\$ -41,05 e UD\$ -41,07 bilhões de dólares ao ano, para os cenários A e B, respectivamente. Já o cenário C em relação teve uma queda do PIB superior aos cenários anteriores resultando em um montante negativo de UD\$ -43,56 bilhões de dólares ao ano.

Em relação ao Bem-Estar os cenários A e B, apresentaram resultados similares -0,14% resultando em valor de UD\$ -67,16, UD\$ -67,71 bilhões de dólares ao ano, respectivamente. Por outro lado, o cenário C teve um decréscimo de 0,11%, mas a queda apresentada em valor absoluto foi bem distinta aos demais cenários, cerca de UD\$ -54,14 bilhões de dólares ao ano. Este cenário indica que o prejuízo ao Bem-Estar Social é tão grande quando comparado a retração do PIB. A Tabela 1 apresenta os efeitos obtidos no que tange o PIB e o Bem-Estar, por meio da simulação dos cenários no contexto Mundial.

Tabela 1 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB, o Bem-Estar e a Produção Industrial a nível Mundial

Cenário	PIB		Bem-Estar	
	%	UD\$ (bilhões)	%	UD\$ (bilhões)
<b>A</b>	-0,05	-41,05	-0,14	-67,16
<b>B</b>	-0,05	-41,07	-0,14	-67,71
<b>C</b>	-0,05	-43,56	-0,11	-54,14

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

#### 4.1.2 Efeitos sobre a Produção setorial no Mundo

Observando a produção industrial, todos os cenários apresentam uma queda significativa, bem como os setores analisados, evidenciando que um imposto ambiental emerge como uma possível solução para reduzir a produção de setores poluentes.

O setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP), no cenário A apresentou maior queda com -0,151%. Enquanto nos cenários B e C os resultados

foram próximos, -0,08% e -0,07%, respectivamente. O setor têxtil (TEX) por sua vez, no cenário A teve redução de -2,03%, a maior retração da produção ocorreu no cenário B onde o imposto verde aplicado foi de 2% na produção doméstica, do próprio setor têxtil (TEX) e vestuário (WAP) e o resultado alcançado foi de -2,149 %. E no cenário C apresentou a redução de 2,05%. Em relação ao setor vestuário (WAP), no cenário A apresentou a menor redução, -2,06%, no cenário B -2,48% e no cenário C onde o imposto aplicado foi 4% sobre o consumo das famílias, o setor apresentou a maior queda na produção, de -2,683%. Isso pode indicar que, ao avaliar a produção de vestuário com o objetivo de reduzir a utilização de fibras sintéticas de origem fóssil, é interessante implementar o imposto verde diretamente sobre o consumo.

Ao analisar o setor Outros produtos agrícolas (AGR) observamos uma tendência de redução no nível de produção, similar ao que se verificou nos demais setores. No cenário A o setor AGR teve a menor queda -0,06%, o que indica uma leve retração no volume de produção do setor quando um imposto verde é aplicado na produção do CRP, o que pode indicar uma possível migração da demanda para outros tipos de fibras e fios. Já no cenário B o setor apresentou a maior retração, com -0,11%, o que pode sugerir que um aumento de impostos nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP), afeta negativamente os setores relacionados, fornecedores de matérias – primas essenciais para a confecção dos produtos destes setores taxados. Conforme o estudo de Napper e Thompson (2016), os três itens que participaram do experimento de lavagem um tinha a composição de 100% poliéster, outro era 100% acrílico e o último era composto por uma mistura 65% poliéster e 35% algodão. Por fim o cenário C, onde o imposto incide sobre o consumo das famílias, a queda é muito similar a apresentada pelo setor CRP, sendo 0,08, que pode refletir que mesmo tendo aumento, o consumidor ainda irá consumir, porém em menor volume. Os dados exibidos na Tabela 2 ilustram os impactos observados na produção setorial.

Tabela 2 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre a produção a nível Mundial dos setores TEX, WAP, CRP e AGR

Cenário	Setores			
	CRP	TEX	WAP	AGR
<b>A</b>	-0,15	-2,03	-2,06	-0,06
<b>B</b>	-0,08	-2,15	-2,48	-0,11
<b>C</b>	-0,07	-2,03	-2,68	-0,08

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

#### 4.1.3 Efeitos da aplicação do imposto verde sobre os principais países exportadores

Conforme Engelhardt (2023), as economias dos Estados Unidos, China, Índia e Europa são líderes no que tange as exportações têxteis. As projeções futuras da OECD (2022) confirmam que essa liderança deve se seguir. Assim, uma análise detalhada dessas regiões é relevante para avaliar as tendências econômicas e os efeitos subsequentes no setor têxtil global.

#### 4.1.4 Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar sobre os principais países exportadores

No contexto do PIB, todos os países com exceção da China, apresentam queda similar aos resultados obtidos pela região Mundo, porém em menor magnitude. A China é o maior exportador têxtil e apresentou um resultado positivo nos cenários A e B de 0,004% e 0,001%, respectivamente. E no C onde o choque aplicado foi sobre o consumo das famílias, a China teve uma queda de -0,11% que corresponde a UD\$-13,45 bilhões de dólares ao ano, que pode indicar uma sensibilidade do consumidor chinês. A Europa alcançou os piores resultados nos cenários A e B com um impacto negativo no PIB superior a UD\$ 15 bilhões de dólares ao ano, com variação percentual negativa de aproximadamente 0,09%. Os Estados Unidos, sendo o segundo maior exportador, apresentaram um comportamento homogêneo entre os cenários, com uma redução no PIB de 0,04% a 0,01%, e a Índia no cenário B apresentou o menor

recuo do PIB dentre os cenários gerados, -0,01% que corresponde a uma redução da ordem de UD\$ 0,29 bilhões de dólares ao ano.

Analisando o Bem-Estar Social, constatamos que ocorreu um declínio do bem-estar generalizado e em maior escala quando comparado ao cenário mundial. A análise do percentual de variação do Bem-Estar Social revela que a Índia e China foram os países que tiveram a maior redução em todos os cenários. E no que tange valor absoluto, Estados Unidos e a Europa também tiveram perdas significativas. No cenário A, a perda acumulada desses quatro países foi de UD\$ -44,62 bilhões de dólares ao ano, muito próximo do valor alcançado a nível Mundial, o que sugere que estes países têm grandes relevância no contexto têxtil, especialmente quando a matéria prima é de origem fóssil. A Europa, China e Estados Unidos foram países com maior perda de Bem-Estar Social em valor, UD\$ 15, 14 e 8 bilhões de dólares ao ano, respectivamente. O cenário B alcançou uma perda acumulada de todos os países de UD\$ 41,76 bilhões de dólares ao ano, com China, Europa e Estados Unidos com maior redução. O Cenário C, em que o imposto aplicado é no consumo, o Bem-Estar Social acumulado dos quatros países apresentou a menor retração, UD\$ 30,82 bilhões de dólares ao ano. Com a Índia apresentando um resultado levemente maior de queda, o que pode sugerir que o aumento nos preços faz com que o Bem-Estar Social indiano reduza mais, mostrando uma sensibilidade maior. A Tabela 3 apresenta os dados completos.

Tabela 3 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB, o Bem-Estar e a Produção Industrial a nível Mundial

Cenários	Regiões	PIB		Bem-Estar	
		%	UD\$ (bilhões)	%	UD\$ (bilhões)
A	China	0,004	0,50	-0,29	-14,82
	Estados Unidos	-0,04	-8,14	-0,07	-8,80
	Europa	-0,09	-15,91	-0,15	-15,38
	Índia	-0,06	-1,64	-0,34	-5,61
B	China	0,001	0,10	-0,35	-17,90
	Estados Unidos	-0,04	-8,05	-0,05	-6,66
	Europa	-0,10	-16,80	-0,15	-15,02
	Índia	-0,01	-0,29	-0,13	-2,18
C	China	-0,11	-13,45	-0,22	-11,26
	Estados Unidos	-0,01	-2,09	-0,04	-5,18
	Europa	-0,07	-11,24	-0,11	-10,62
	Índia	-0,09	-2,24	-0,23	-3,77

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

#### 4.1.5 Efeitos sobre a Produção setorial sobre os principais países exportadores

Em relação à produção industrial dos setores, nota-se uma queda acentuada em todos os países, bem como um aumento nos preços.

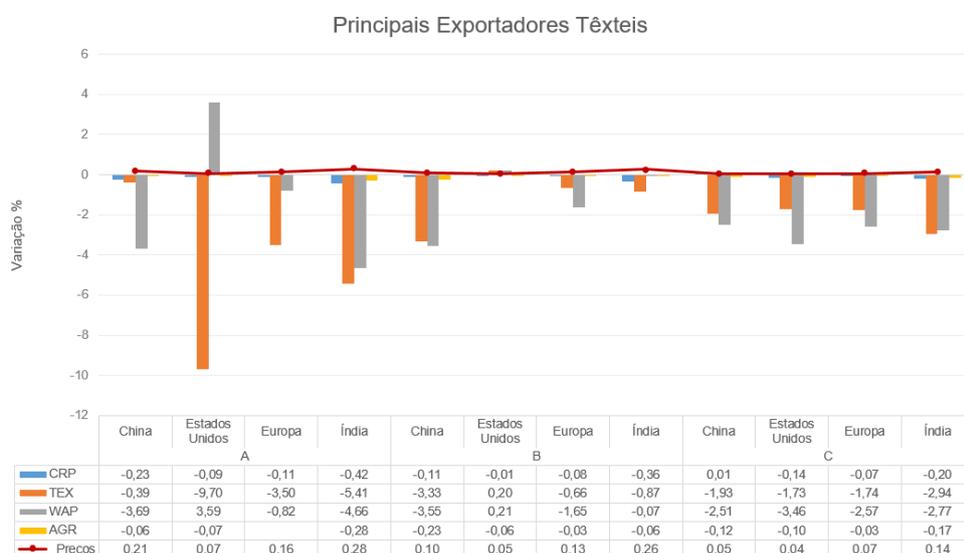
No cenário A, observando o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) o país com maior redução na produção foi a Índia com -0,42%, já no setor têxtil (TEX) os Estados Unidos alcançaram uma redução na produção de -9,70%, sugerindo que as fibras sintéticas são uma fonte de matéria prima bem relevante para a produção americana. Em contrapartida, o setor de vestuário (WAP) apresentou resultado positivo nos Estados Unidos de 3,59%, indicando que possivelmente são utilizadas outras fibras para a confecção de produtos de vestuário, regiões como Índia e China alcançaram as maiores quedas de produção, -4,66% e -3,69%, respectivamente. Os dados apresentados no capítulo 2 acerca dos volumes de exportação desses países, apoiam os resultados alcançados nesse cenário. Outros produtos agrícolas (AGR) apresentou a maior queda de produção na Índia -0,28% e nos Estados Unidos e China os resultados foram próximos, -0,07% e -0,06%, respectivamente. Em relação à preços, todos os países apresentaram aumento, com destaque para Índia e China que foram as mais impactadas, 0,28% e 0,21%, respectivamente. Este fato sugere que o impacto no Bem-Estar Social, assim como a queda na produção de ambos os países pode estar vinculado ao aumento de preços.

No cenário B onde a aplicação do imposto verde ocorreu na produção doméstica dos setores têxtil e vestuário, o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) a Índia teve a maior queda entre os países, 0,36%, Os Estados Unidos apresentou a menor queda na produção, -0,01%. No setor Têxtil (TEX) a China apresentou a maior retração na produção de -3,33%, enquanto os Estados Unidos apresentaram um crescimento de 0,20%. Assim como no setor têxtil, o setor de Vestuário (WAP) a China e os Estados Unidos alcançaram os maiores resultados, a China apresentou uma queda de -3,55% e os Estados Unidos por sua vez, um crescimento de 0,20%. No setor, Outros produtos agrícolas (AGR) a China teve uma retração de 0,23%, enquanto a Europa decresceu 0,03%. Esses resultados sugerem que a produção de Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP) dos Estados Unidos não tem a mesma sensibilidade a aplicação de imposto verde como a indústria chinesa, uma vez

que apresentaram comportamentos opostos. Analisando o cenário de preços a Índia apresentou o maior crescimento 0,26%, seguido da Europa com 0,13%.

O cenário C onde a implementação do imposto verde foi sobre o consumo das famílias, o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) apresentou a maior retração na Índia e Estados Unidos, -0,20% e -0,14%, respectivamente. Em contraste, a China, apresentou um leve aumento de 0,01%. No setor Têxtil (TEX) todos os países apresentaram declínios na produção, a Índia novamente teve o pior desempenho, com uma retração de -2,94% seguido pela China com -1,93%. No setor de Vestuário (WAP) os Estados Unidos tiveram a maior redução de produção, -3,46% e os demais países alcançaram um patamar de -2,51% a -2,77%. O setor, Outros produtos agrícolas (AGR) a maior redução na produção foi da Índia com -0,17% seguido da China e Estados Unidos, com -0,12% e -0,10%. Analisando os preços a Índia apresentou o maior crescimento, 0,14%, enquanto os demais países ficaram em torno de 0,04% a 0,07%.

Figura 12 – Variação % da produção setorial e dos preços dos principais países exportadores



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

## 4.2 Cenários Brasil

Conforme já observado por IEMI (2023), há uma concentração da indústria têxtil no país, principalmente nas regiões Sudeste e Sul. Nos estados de São Paulo, Santa

Catarina, Minas Gerais e Rio de Janeiro, são encontradas a infraestrutura ideal e o acesso à mão de obra qualificada, fatores necessários para o crescimento e desenvolvimento do setor. Os resultados regionais são importantes pois como já observado, temos comportamentos distintos entre as regiões.

#### 4.2.1 Efeitos sobre o PIB e o Bem-Estar no Brasil

O Brasil de forma agregada apresentou queda em PIB e no Bem-Estar Social em todos os cenários. Com maior retração do PIB no cenário C de UD\$ -0,84 bilhões de dólares ao ano, e maior queda no Bem-estar Social no cenário B UD\$ -2,81 bilhões de dólares ao ano.

Analisando o PIB no Cenário A, a região Sudeste apresentou a maior redução dentre as regiões -0,026% que corresponde a UD\$ - 0,42 bilhões de dólares ao ano, a região Norte apresentou o segundo pior cenário, -0,033% cerca de UD\$ - 0,06 bilhões de dólares ao ano, as regiões Nordeste e Centro-Oeste apresentaram resultados próximos UD\$ -0,05 e UD\$ -0,06 bilhões de dólares ao ano. Em contrapartida a região Sul apresentou um crescimento de 0,031% que gerou um ganho de PIB de UD\$ 0,16 bilhões de dólares ao ano. O Bem-Estar apresentou uma redução na soma das cinco macrorregiões de UD\$ -1,79 bilhões de dólares ao ano, onde a região Sudeste respondeu uma perda total de Bem-estar de UD\$ -1,18 bilhões de dólares ao ano, corresponde a cerca de 65% do total do país. Já a região Sul respondeu por uma redução de UD\$ - 0,27 bilhões de dólares ao ano, correspondendo a 15% do total do país. As regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste juntas acumularam uma perda no Bem-estar de UD\$ - 0,337 bilhões de dólares ao ano, representando 19% do total do país.

O cenário B em relação ao PIB juntas as cinco grandes regiões do Brasil acumularam uma perda de UD\$ -0,45 bilhões de dólares ao ano, e no que tange o Bem-Estar Social, o cenário apresentou o maior declínio, com uma redução UD\$-2,81 bilhões de dólares ao ano. A região Sudeste apresentou a maior perda do cenário, UD\$ -0,50 bilhões de dólares ao ano. Em oposição, a região Sul apresentou um crescimento no PIB de 0,078% que corresponde a um montante de UD\$ 0,41 bilhões de dólares ao ano. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste perderam UD\$ 0,36 bilhões de dólares ao ano. A perda do Bem-Estar da região Sudeste foi de UD\$ -1,31

bilhões de dólares ao ano, isso corresponde a cerca 47% da perda total de Bem-Estar do país no cenário B. A região Sul teve uma redução de UD\$ -0,73 bilhões de dólares ao ano, corresponde a uma redução de 0,19%. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste perderam 0,14%, 0,11% e 0,09% do seu Bem-Estar, gerando uma redução total de UD\$ -0,77 bilhões de dólares ao ano. Neste cenário onde o imposto verde é aplicado na produção do setor têxtil (TEX) e vestuário (WAP), é possível observar que o fato de ter a concentração das indústrias têxteis nas regiões Sudeste e Sul os resultados de PIB e Bem-Estar Social foram mais impactados.

O cenário C teve uma redução no PIB de UD\$ -0,84 bilhões de dólares ao ano e no Bem-Estar de UD\$ -1,95 bilhões de dólares ao ano. A região Sul apresentou a maior queda no PIB UD\$ -0,39 bilhões de dólares ao ano, corresponde a 46% do total alcançado pelas cinco macrorregiões. A Região Sudeste teve uma perda de UD\$ -0,27 bilhões de dólares ao ano, que corresponde a -0,02%. As regiões do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, tiveram um resultado acumulado de UD\$ -0,18 bilhões de dólares ao ano. Avaliando o Bem-Estar Social, a região Sudeste tem o maior impacto no de UD\$ -0,82 bilhões de dólares ao ano, -0,07%, enquanto a região Norte teve o menor impacto absoluto de UD\$ -0,13 bilhões de dólares ao ano, porém a representatividade desta queda foi de 0,11%, a segunda maior do cenário, o que pode indicar que alterações nos preços em decorrência de tributos pode impactar o comportamento e o Bem-Estar Social dos consumidores desta região. A região Sul perdeu UD\$ -0,56 bilhões de dólares ao ano, cerca de -0,15%. As regiões Centro-Oeste e Nordeste acumularam UD\$ -0,44 bilhões de dólares ao ano, percentualmente uma queda de -0,07% e -0,08%, respectivamente. As análises dos dados revelaram impactos regionais distintos decorrentes da estratégia do imposto verde aplicado, a exemplo das regiões Sudeste e Sul que concentram grande parte da produção têxtil do país, apresentaram resultados contrastantes em relação ao PIB em vários cenários estudados. A Tabela 4 expõem mais detalhes dos cenários e resultados obtidos.

Tabela 4 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre o PIB e o Bem-Estar -

## Brasil

Cenários	Regiões	PIB		Bem-Estar	
		%	UD\$ (bilhões)	%	UD\$ (bilhões)
A	Centro Oeste	-0,02	-0,06	-0,04	-0,10
	Nordeste	-0,01	-0,05	-0,05	-0,16
	Norte	-0,03	-0,06	-0,06	-0,08
	Sudeste	-0,03	-0,42	-0,10	-1,18
	Sul	0,03	0,16	-0,07	-0,27
B	Centro Oeste	-0,03	-0,11	-0,09	-0,21
	Nordeste	-0,04	-0,15	-0,11	-0,39
	Norte	-0,06	-0,10	-0,14	-0,18
	Sudeste	-0,03	-0,50	-0,11	-1,31
	Sul	0,08	0,41	-0,19	-0,73
C	Centro Oeste	-0,02	-0,07	-0,07	-0,15
	Nordeste	-0,01	-0,06	-0,08	-0,28
	Norte	-0,03	-0,05	-0,11	-0,13
	Sudeste	-0,02	-0,27	-0,07	-0,82
	Sul	-0,07	-0,39	-0,15	-0,56

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

#### 4.2.2 Efeitos sobre a Produção setorial e os Preços no Brasil

Os efeitos da aplicação do imposto verde no que tange a produção setorial ocorreu de forma distinta. No cenário A o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) teve um aumento de produção na região Norte de 0,02% e na região Sul uma queda de -0,31%. Já o setor Têxtil (TEX), apresentou uma queda acentuada somente na região Sudeste de -4,90%, as demais regiões tiveram crescimento, possivelmente esta queda possa estar ligada ao fato de nessa região existir a concentração industrial. Destaque para a região Nordeste com um crescimento de 4,17%, que pode estar vinculado ao único resultado positivo apresentado no setor de Outros produtos agrícolas (AGR) de 0,18%. O setor de Vestuário (WAP) apresentou resultados positivos com destaque para as regiões Centro-Oeste e Norte, onde tiveram um crescimento de 2,66% e 2,65%. Os preços apresentaram uma tendência de crescimento, especialmente nas regiões Sul e Nordeste, onde ambas tiveram um crescimento de 0,20%.

No cenário B o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) teve queda somente as regiões Sul -0,30% e Sudeste -0,13, nas demais regiões tiveram crescimento. Os setores Têxtil (TEX), Vestuário (WAP) e Outros produtos agrícolas (AGR) apresentaram queda em todas as regiões. Com destaque para a região Sul que acumulou as maiores perdas de produção nos setores: Têxtil (TEX) de -3,75% e

no de Vestuário (WAP) de -1,09%. No setor de Outros produtos agrícolas (AGR) a região Nordeste apresentou o pior resultado, -0,15%. Em relação à preços, o cenário B apresentou um aumento nos preços, porém em menor escala quando comparado ao cenário A. Destacando as regiões Norte e Nordeste com os maiores aumentos 0,08% e 0,07%. Neste cenário, a implementação do imposto verde sobre a produção nos setores têxtil e de vestuário resultou em uma redução generalizada da produção em todas as regiões. Principalmente, nas regiões com maior atividade industrial obtiveram as maiores quedas.

No cenário C a produção de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) decresceu somente na região Nordeste onde teve uma redução de -0,04%. O setor Têxtil (TEX) em geral apresentou redução de nível de produção, com a região Norte apresentando a maior queda -2,17%, enquanto as regiões Sudeste e Sul tiveram resultados próximos, -1,47% e -1,48%. Em relação ao setor de Vestuário (WAP) as regiões apresentaram redução homogênea na produção com destaque para a região Nordeste com uma retração de -2,81%. Já o setor, Outros produtos agrícolas (AGR) teve aumento de produção nas regiões Centro-Oeste e Sul de 0,01% e 0,11%, respectivamente. Observamos uma redução de preços na região Sul de - 0,01% e as regiões Norte e Nordeste tiveram ambas um aumento de 0,07%. Com os dados obtidos nesse cenário, é possível perceber que ocorreu uma maior retração no setor de Vestuário (WAP), ainda que os preços alcançados não apresentem o maior aumento obtido entre os cenários analisados. Isso sugere que a aplicação do imposto verde atinge de forma diferente as regiões. A Tabela 5 detalha esses resultados.

Tabela 5 – Efeitos da aplicação do imposto verde sobre Produção Industrial e os Preços - Brasil

Cenários	Regiões	Produção Industrial				Preços
		CRP	TEX	WAP	AGR	
A	Centro Oeste	-0,07	2,64	2,66	-0,08	0,17
	Nordeste	-0,10	4,17	1,18	0,18	0,20
	Norte	0,02	2,55	2,65	-0,04	0,15
	Sudeste	-0,19	-4,90	1,36	-0,05	0,12
	Sul	-0,31	0,38	1,05	-0,18	0,20
B	Centro Oeste	0,05	-1,05	-0,34	-0,02	0,04
	Nordeste	0,09	-1,94	-0,71	-0,15	0,07
	Norte	0,09	-1,68	-0,42	-0,06	0,08
	Sudeste	-0,13	-2,35	-0,58	-0,02	0,06
	Sul	-0,30	-3,75	-1,09	-0,11	0,07
C	Centro Oeste	0,04	-1,86	-2,61	0,01	0,01
	Nordeste	-0,04	-1,99	-2,81	-0,11	0,07
	Norte		-2,17	-2,62	-0,03	0,07
	Sudeste	0,00	-1,47	-2,61	-0,01	0,03
	Sul	0,17	-1,48	-2,17	0,11	-0,01

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

#### 4.2.3 Discussão

Este estudo concentrou-se na aplicação de um imposto verde, visando especificamente a mitigação do uso de fibras sintéticas de origem fóssil na indústria têxtil. O Quadro 6, apresenta um resumo dos cenários apresentados, onde a cor indica a classificação do cenário para o contexto aplicado. A cor verde indica que os resultados do cenário atenderam ao propósito do estudo. Já amarelo sugere que os resultados alcançados não atendem integralmente. E por fim, vermelho aponta que o cenário não atende ao objetivo do estudo. As cinco macrorregiões do Brasil, foram analisadas individualmente e apresentadas de forma agregada no quadro.

Analisando os cenários através do quadro, podemos perceber que para a região Mundo, o cenário A seria melhor opção quando analisamos do ponto de vista do PIB, do nível de produção do setor Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP). O cenário B seria a melhor opção somente do ponto de vista do nível de produção do setor Têxtil (TEX). E o cenário C seria uma opção adequada no que tange o Bem-Estar Social e o nível de produção do setor Vestuário (WAP). Para as regiões do Brasil, o cenário A seria uma boa opção no contexto do Bem-Estar Social, do PIB, e do nível de produção do setor Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP). O cenário B seria uma boa opção somente quando é analisado a redução no nível de produção do setor Têxtil (TEX). E o cenário C, seria uma boa opção para o nível de produção do setor Vestuário (WAP).

Quadro 6 – Quadro comparativo de cenários.

CENÁRIO	Bem-estar (%)		PIB (%)		CRP		TEX		WAP	
	Mundo	Brasil	Mundo	Brasil	Mundo	Brasil	Mundo	Brasil	Mundo	Brasil
A	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
B	Vermelho	Vermelho	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo
C	Verde	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos resultados do estudo (2024).

Com isso, o cenário que melhor atenderia a este critério a nível Mundial é o **C** pois apresenta a menor queda dentre os cenários do Bem-Estar Social 0,14%, que resultada em UD\$ -54,14 bilhões de dólares ao ano. Dessa forma, tem-se uma perda atenuada de bem-estar para os consumidores, cerca de UD\$ 13 bilhões de dólares ao ano a menos, quando comparado aos demais cenários estudados, além de uma queda no PIB -0,05%, que corresponde a UD\$ -43,56 bilhões de dólares ao ano, resultado muito próximo ao alcançado nos demais cenários. Ainda, a análise dos resultados mostra uma diminuição generalizada nos níveis de produção industrial em todos os setores, com o setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) apresentando uma redução de 0,07%, com destaque para o setor de vestuário (WAP) a maior redução na produção, dentre os cenários analisados -2,68% e o setor Têxtil (TEX) com -2,05%. No que tange o recorte geográfico do Brasil, o melhor cenário seria o **A**, onde, ocorre uma redução do Bem-Estar Social de UD\$ -1,79 bilhões de dólares ao ano, bem como uma redução do PIB de UD\$ -0,43 bilhões de dólares ao ano. A produção do setor de Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) teve a maior redução comparado aos demais cenários, ficando as regiões Sul e Sudeste com a maior queda -0,31% e -0,19% respectivamente. O setor Têxtil (TEX) apresentou redução na região do Sudeste de -4,90%.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi identificar as medidas mais eficientes, visando a redução da utilização de fibras sintéticas de origem fóssil pela indústria têxtil e de vestuário. Essa abordagem metodológica ofereceu uma análise profunda e detalhada dos desdobramentos e impactos econômicos resultantes da aplicação do choque tributário, oportunizando o debate sobre políticas ambientais e suas implicações para a indústria têxtil, que em razão do consumo intensivo de fibras sintéticas de origem fóssil, torna-se um grande agente poluidor.

Inicialmente foi testado uma taxa de incremento de 15% do imposto no consumo intermediário do bem, Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP), na produção dos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP), observou-se resultados insatisfatórios comparado ao propósito deste estudo. Evolui-se então para o cenário A, através de um aumento da taxa para 30%, alcançando um resultado satisfatório de redução no nível de produção e um menor impacto no Bem-Estar Social e PIB. Nos cenários B e C, buscou-se atingir o mesmo patamar de redução no PIB e no Bem-Estar Social, a fim de ter cenários comparáveis. Com isso, no cenário B foi aplicado o percentual de 2% na produção doméstica, nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP). E por fim, no cenário C foi aplicado o percentual de 4% no imposto incidente sobre o consumo das famílias nos setores Têxtil (TEX) e Vestuário (WAP).

No recorte geográfico Mundial o cenário C apresentou maior afinidade ao propósito do estudo, alcançando reduções importantes nos níveis de produção dos setores: Químicos, indústria da borracha e plástico (CRP) de -0,07%, do setor Têxtil (TEX) de -2,05% e de Vestuário (WAP) -2,68%, com uma queda no PIB de UD\$ -43,56 bilhões de dólares ao ano e o menor impacto no Bem-Estar Social de UD\$ -54,14 bilhões de dólares ao ano. Já no recorte do Brasil, o cenário A apresentou resultados mais aderentes, onde ocorreu uma queda nos níveis de produção dos setores, com redução do Bem-Estar Social de cerca de UD\$ -1,79 bilhões de dólares ao ano e do PIB de UD\$ -0,43 bilhões de dólares ao ano. Com isso, foi possível identificar que uma intervenção econômica específica da implementação de um imposto verde, pode ser encarado como uma estratégia para reduzir a produção de plásticos pelo setor têxtil, uma vez que observamos a queda de produção nos cenários analisados.

Este estudo contribui com a literatura empírica pois detalha os impactos de um imposto verde na indústria têxtil e de vestuário, com o propósito de reduzir a utilização

do plástico. Para isso utilizou um modelo de equilíbrio geral computável, avaliando as regiões de forma desagregada através do PAEG, que permitiu observar os desdobramentos dos experimentos nas cinco macrorregiões do Brasil, bem como a nível global através da criação da região Mundo. Além da análise específica dos setores mais importantes para a cadeia de produção da indústria têxtil. Permitindo compreender que para cada estratégia de aplicação de um imposto verde existe um conjunto de resultados alcançados que refletem o comportamento dos agentes econômicos no contexto simulado. Essa análise da conjuntura econômica é importante para ter clareza dos possíveis impactos e benefícios prometidos com a aplicação de tal estratégia.

No que tange às limitações do estudo, além da contribuição para a avaliação de políticas ambientais com o propósito de diminuir a utilização do plástico, outras análises são de grande valia, como por exemplo identificar possíveis impactos em outras regiões que apresentam grande potencial de produção e comercialização de fibra sintética de origem fóssil, e avaliar o desdobramento dos choques em outros tipos de fibras naturais e sintéticas.

Conforme já explorado nesse estudo a indústria têxtil é intensiva no consumo de fibras sintéticas de origem fóssil, o volume de produção de plástico aumenta a cada ano, medidas de contorno como reciclagem, bem como a circularidade de fibras ainda apresentam baixa adesão. A produção de plástico em 2060 deverá chegar a 1,231 bilhão de toneladas. Inúmeras evidências comprovam que a poluição por plásticos não prejudica somente o meio ambiente, mas já está por afetar a saúde humana. Identificou-se a presença de nanoplásticos em placenta humana, estudos apontaram que a poluição por nanoplásticos pode contribuir para o agravamento de doenças neurodegenerativas, como Parkinson. Cientistas observaram uma desordem na evolução de moluscos, como os Mexilhões. Identificou-se que dez rios, localizados majoritariamente no continente asiático, têm grande impacto no despejo de poluição plástica nos oceanos.

Entidades internacionais e órgãos de proteção ambiental buscam construir estratégias para a mitigação deste problema, mas o fato é que nenhuma ação efetiva emerge destas agendas de negociação, vide os esforços realizados anualmente pela COP, sendo a COP28 muito emblemática, onde sociedade civil, organizações sem fins lucrativos e líderes países vulneráveis uniram esforços para construir uma estratégia para reduzir a produção de combustíveis de origem fósseis e saíram com a

aprovação da elaboração de um roteiro para transição dos combustíveis fósseis. Então ações como, adotar novas fontes de fibras com menor impacto ambiental é uma saída para reduzir a utilização do plástico na indústria têxtil e de vestuário, assim como desenvolver produtos com matérias primas de qualidade, internalizar os custos das externalidades geradas, medidas que visam a redução do impacto ambiental na cadeia produtiva, são ações que estão ao alcance das empresas. Em contrapartida, ao alcance dos governos estão a aplicação de tributos com o propósito de reduzir a produção e consumo, como experimentado neste estudo, uma vez que não existe uma política de ordem mundial que aborde essa questão. Existem políticas específicas em países como a Irlanda que proibiu a produção de itens de uso único, que gerou benefícios e impactos positivos além do estimado inicialmente. Existem medidas aplicáveis para ambos os agentes econômicos, o que se faz necessário é entender os desafios que estão além do que é visível, incluir práticas sustentáveis nos processos produtivos, a adequação às mudanças regulatórias e a inovação contínua em produto para manter a competitividade no mercado global.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2020 Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. São Paulo, 2021. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2020>. Acesso em: 21 set. 2022.

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2021: As indústrias de transformação e reciclagem de plástico no Brasil. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2021>. Acesso em: 21 set. 2022.

AN, Kangxin; ZHANG, Shihui; ZHOU, Jiabin; WANG, Can. How can computable general equilibrium models serve low-carbon policy? A systematic review. *Environmental Research Letters*, v. 18, n. 3, p. 033002, 2023. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/acbbe2>. Acesso em: 05 fev. 2024.

ARORA, Pranay; ARORA, Naveen. COP27: a summit of more misses than hits. *Environmental Sustainability*, v. 6, n. 1, p. 99-105, 2023. Disponível em: [10.1007/s42398-023-00261-0](https://doi.org/10.1007/s42398-023-00261-0). Acesso em 11 fev. 2024.

ARPIA, A. A; CHEN, W; UBANDO, A. T; NAQVI, S. R; CULUBA, A. B. Microplastic degradation as a sustainable concurrent approach for producing biofuel and obliterating hazardous environmental effects: A state-of-the-art review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 148, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421013455?via%3Dihub>. Acesso em: 21 set. 2022.

BABATUNDE, K. A; BEGUM, R. A; SAID, F. F. Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 78, p. 61-71, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.064>. Acesso em: 05 fev. 2024.

BANCHERI, S. Water and Economy-Wide Modeling: An Overview. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*, 2022. Disponível em: doi: [10.1093/acrefore/9780199389414.013.611](https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.611). Acesso em: 05 fev. 2024.

BATOR, F.M. The anatomy of market failure. *The Quarterly Journal of Economics*. V. 72, issue 3, p. 351-379, 1958. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1882231>. Acesso em 15 jan. 2024.

BEAUDOIN, S.; SIMARD, P.; CHALOUX, Annie. La 27e Conférence des Parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques: un bilan critique. *Canadian Journal of Political Science*, v. 56, p. 474-482, 2023. Disponível em: [10.1017/S0008423923000264](https://doi.org/10.1017/S0008423923000264). Acesso em 11 fev. 2024.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 31 out. 2022.

BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERAUS, A.; Raman, R. GAMS: a user's guide. GAMS Development Corporation, 262 p., 1998. Disponível em: <https://www.gams.com/docs/pdf/GAMSUsersGuide.PDF>. Acesso em: 08 fev. 2024.

CADORET, I; GALLI, E; PADOVANO, F. Environmental taxation: Pigouvian or Leviathan?. *Journal of Industrial and Business Economics*, v. 48, p. 37–51, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40812-020-00149-8>. Acesso em: 09 nov. 2022.

CANADA GAZETTE. Single-use Plastics Prohibition Regulations: SOR/2022-138. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Parte II, v. 156, n. 13, 2022. Disponível em: <https://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2022/2022-06-22/html/sor-dors138-eng.html>. Acesso em: 14 jan. 2024.

CASTELLANO-ÁLVAREZ F, J; RAMÍREZ, R. R. Relevance of the Uruguay and Doha Rounds in the Evolution of International Agricultural Trade: The Case Study of Latin American Countries and Continental Products. *Economies*, 11(1):2-2, 2022. Disponível em: doi: 10.3390/economies11010002. Acesso em: 24 fev. 2024.

CIASCHINI, M; PRETAROLI, R; SEVERINI, F; SOCCI, C. Regional double dividend from environmental tax reform: An application for the Italian economy. *Research in Economics*, v.66. n.3, p.273–283, 2012. Disponível em: 10.1016/j.rie.2012.04.002. Acesso em: 21 nov. 2022.

DE FALCO, F; COCCA, M; AVELLA, M; THOMPSON, R. C. Microfiber Release to Water, Via Laundering, and to Air, via Everyday Use: A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters. *Environmental Science & Technology*. V.54, ed. 6, 3288-3296, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.9b06892>. Acesso em 14 jan. 2024

DE FALCO, F; PACE, E; COCA, M; AVELLA, M. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, v. 9, n. 6633, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332730640\\_The\\_contribution\\_of\\_washing\\_processes\\_of\\_synthetic\\_clothes\\_to\\_microplastic\\_pollution](https://www.researchgate.net/publication/332730640_The_contribution_of_washing_processes_of_synthetic_clothes_to_microplastic_pollution). Acesso em: 06 nov. 2022.

DIXON, P; JORGENSON, D. Handbook of Computable General Equilibrium Modeling. Newnes: Boston, MA, EUA, 2012.

ENGELHARDT, A. Global Fiber Industry: From Red in 2022 to Dark Red This Year. *Textile Technology*, [online], 2023. Disponível em: <https://www.textiletechnology.net/fibers/trendreports/global-fiber-industry-from-red-in-2022-to-dark-red-this-year-34693>. Acesso em: 3 de jan. 2024.

EUROPEAN COMMISSION, Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Brussels, 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>. Acesso em: 14 jan 2024.

FENDALL, L. S; SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, v. 58, p. 1225–1228, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19481226>. Acesso em: 03 dez.2023.

FOCHEZATTO, A. Construção de um modelo de equilíbrio geral computável regional: aplicação ao Rio Grande do Sul. Texto para Discussão N° 944. [S.l.], 2003.

FOCHEZATTO, A. Modelos de equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: Uma revisão da literatura. *Revista Análise*, v. 16 n. 1, p. 113-136, jan./jul. 2005. Disponível em:

<https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/face/article/view/267>. Acesso em: 05 nov. 2022.

FORTINI, R. M.; PONTES, R. P.; NAZARETH, M.S.; TROTTER, I. S. Efeitos econômicos potenciais de uma regra tributária ambiental no Brasil: Evidências de um modelo de equilíbrio geral. In: ANPEC Sul, 12, 2019, Maringá. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/333485581\\_Efeitos\\_economicos\\_potenciais\\_de\\_uma\\_regra\\_tributaria\\_ambiental\\_no\\_Brasil\\_Evidencias\\_de\\_um\\_modelo\\_de\\_equilibrio\\_geral](https://www.researchgate.net/publication/333485581_Efeitos_economicos_potenciais_de_uma_regra_tributaria_ambiental_no_Brasil_Evidencias_de_um_modelo_de_equilibrio_geral). Acesso em: 23 set.2022.

FREIRE-GONZÁLEZ, J; HO, M. S. Environmental Fiscal Reform and the Double Dividend: Evidence from a Dynamic General Equilibrium Model. *Sustainability*, v. 10, n. 501, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10020501>. Acesso em: 23 set.2022.

FULLER, R.; LANDRIGAN, P.J.; BALAKRISHNAN, K.; BATHAN, G.; BOSE-O'REILLY, S.; BRAUER, M.; CARAVANOS, J.; CHILES, T.; COHEN, A.; CORRA, L.; CROPPER, M.; FERRARO, G.; HANNA, J.; HANRAHAN, D.; HU, H.; HUNTER, D.; JANATA, G.; KUPKA, R.; LANPHEAR, B.; LICHTVELD, M.; MARTIN, K.; MUSTAPHA, A.; SANCHEZ-TRIANA, E.; SANDILYA, K.; SCHAEFLI, L.; SHAW, J.; SEDDON, J.; SUK, W.; TÉLLEZ-ROJO, M.M.; YAN, C. Pollution and health: a progress update. *Lancet Planet Health: Review*, v. 6, n. 6, p. E535-E547, jun/2022. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0). Consultado em: 19 nov. 2022.

GAYLARDE, C; BAPTISTA-NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Plastic microfibre pollution: how important is clothes laundering?. *Heliyon*, v. 7, n. 5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07105>. Acesso em: 06 nov. 2022.

GEYER, R; JAMBECK J. R; LAW K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, v. 3, n. 7, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 08 fev. 2024.

GINSBURG, V.; ROBINSON, S. Equilibrium and prices in multisector models. in: Syrquin, M; Taylor, L; Westphal, L. E. eds. *Economic structure and performance*. New York: Academic. 1984.

GOLWALA, H; ZHANG, X; ISKANDER, S. M; SMITH, A. L. Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. *Science of The Total Environment*, v. 769, n. 144581 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720381122>. Acesso em: 21 set. 2022.

GRIMOND, W; WARDEN, J. fast fashion's plastic problem: Sustainability and material usage in online fashion. BRIEFING, v. 010, 2021. Disponível em: <https://www.thersa.org/globalassets/reports/2021/fast-fashions-plastic-problem>. Acesso em: 21 set. 2022.

GTAP, Global Trade Analysis Project. About GTAP: Global Trade Analysis Project, 2019. Disponível em: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/about/project.asp>. Acesso em: 05 nov. 2022.

GURGEL, A. C. Impactos econômicos e distributivos de mudanças nas relações comerciais da economia brasileira na presença de economias de escala. 2002. 198 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GURGEL, A.C.; PEREIRA, M.W.G.; TEIXEIRA, E.C. A estrutura do PAEG. PAEG Technical Paper No.1, 2010. Viçosa: DER/UFV.

HANDL, G. Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano (declaración de Estocolmo), de 1972, y declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, de 1992. United Nations Audiovisual Library of International Law, 2012 Disponível em: [https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche\\_s.pdf](https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche_s.pdf). Acesso em: 31 out. 2022.

HARRIS, J. M.; ROACH, B., A. Environmental and Natural Resource Economics. Contemporary Approach. Routledge, 2018. p. 42-86.

HERTEL, T. W. Global Trade Analysis: Modeling and Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

IEMI – Inteligência de Mercado. Resenha Brasil Têxtil 2023. São Paulo: IEMI, 2023. Disponível em: <https://iemi.com.br/brasil-textil-2023/>. Acesso em 13 fev. 2024.

JAMBECK, J. R; GEYER R; WILCOX C; SIEGLER T. R; PERRYMAN, M; ANDRADY, A; NARAYAN R; LAW K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science. V. 347, ed 6223, p. 768-771, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1038/ncomms15611>. Acesso em 15 jan. 2024

JORGENSON, D.W.; GOETTLE, R.J.; HO, M.S.; WILCOXEN, P.J. Double Dividend: Environmental Taxes and Fiscal Reform in the United States. MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2013.

KUPFER, D; HASENCLEVER, L. Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. 3º edição, São Paulo: Atlas, 2020.

LEBRETON, L.C., ZWET J. v. d; DAMSTEEG, J. W; SLAT, B; ANDRADY, A; REISSER, J. River plastic emissions to the world's oceans. Nature Communications. 8, n.15611, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>. Acesso em: 15 jan. 2024

LING, T; JIARUI, S; LEAN, Y; QIN, B. Economic and environmental influences of coal resource tax in China: A dynamic computable general equilibrium approach.

Resources Conservation and Recycling, v. 117, p. 34-44, 2017. Disponível em: [10.1016/J.RESCONREC.2015.08.016](https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2015.08.016). Acesso em 05 fev. 2024.

LIU, Z; SOKRATIAN, A; DUDA, A. M; XU, E; STANHOPE, C; FU, A; STRADER, S; LI, H; YUAN, Y; BOBAY, B. G; SIPE, J; BAI, K; LUNDGAARD, I; LIU, N; HERNANDEZ, B; BOWES, R. C; MILLER, S. E; WEST, A. B. Anionic nanoplastic contaminants promote Parkinson's disease-associated  $\alpha$ -synuclein aggregation. SCIENCE ADVANCES. Vol 9, nº 46, 2023. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.adi8716>. Acesso em: 20 jan. 2024.

LUI, J.; LIANG, J.; DING, J.; ZHANG, G.; ZENG, X.; YANG, Q.; ZHU, B.; GAO, W. Microfiber pollution: an ongoing major environmental issue related to the sustainable development of textile and clothing industry. Environment, Development and Sustainability, v. 23, p. 11240–11256, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01173-3>. Acesso em: 22 nov. 2022.

LYONS, L. (2013). Reducing plastic bag use in the UK and Ireland. DYNAMIX Policy Mix Evaluation. 2013. Disponível em: [http://dynamix-project.eu/sites/default/files/Plastic%20bags\\_Ireland%20and%20UK.pdf](http://dynamix-project.eu/sites/default/files/Plastic%20bags_Ireland%20and%20UK.pdf). Acesso em: 29 jan. 2024.

MEIJER L. J. J; EMMERIK, T; ENT R; SCHMIDT C; LEBRETON, L. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. Science Advances. v. 7, n. 18, 2021. – processed by Our World in Data. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 8 fev. 2024.

MONTAGNER, C. C; DIAS, M. A; PAIVA, E. M; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. Química Nova, v. 44, p. 1328–1352, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/VJ58TBjHVqDZsvWLckcFbTQ/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

NAPPER, I. E; BARRETT, A. C; THOMPSON, R. C. The efficiency of devices intended to reduce microfibre release during clothes washing. Science of The Total Environment, v. 738, 2020, 140412. ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140412>. Acesso em: 14 jan. 2024.

NAPPER, I.E; THOMPSON, R. C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. Marine Pollution Bulletin, v. 112, n. 1–2, p. 39-45, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>. Acesso em: 13 jan. 2024.

NAZARETH, M. S. Federalismo fiscal market-preserving: uma análise de equilíbrio geral computável para o Brasil. 2017. 90 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011

NAZARETH, M. S; GURGEL, A.C; VIEIRA, W. C. Testando a Validade da Proposição do Federalismo de Preservação do Mercado: Uma Análise Empírica. Jornal de Estudos Económicos, 45 (3), 123-145, 2019. DOI: <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/140063>. Acesso em 09 fev. 2024.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060, OECD Publishing, Paris, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>. Acesso em: 17 set. 2022.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options, OECD Publishing, Paris, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>. Acesso em: 17 set. 2022.

OECD, Plastic use - projections. [Dataset]. Processed by Our World in Data, 2022. Global Plastics Outlook - Plastics use by region - projections [original data]. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 08 fev. 2024

OECD, Recycled. [Dataset]. In: OUR WORLD IN DATA, 2023. Global Plastics Outlook - Plastics waste by region and end-of-life fate [original data]. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 08 fev. 2024

OECD. The polluter pays principle: definition, analysis, implementation. Paris, 1975. 117p.

ONU, Organização das Nações Unidas. 2023. COP28 termina com apelo à “transição” dos combustíveis fósseis. ONU News. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 11 fev. 2024.

ONU, Organização das Nações Unidas. Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. 1972. Disponível em: [https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche\\_ph\\_s.pdf](https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche_ph_s.pdf). Acesso em: 31 out. 2022.

ONU, Organização das Nações Unidas. ONU e o meio ambiente. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 11 fev. 2024.

PEREIRA, M. W. G. Efeitos de políticas tributárias e de liberalização comercial sobre a competitividade setorial das macrorregiões brasileiras. 2011. 148 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Assembleia do Meio Ambiente aprova acordo para acabar com poluição plástica até 2024, 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/03/1781522>. Acesso em: 09 nov. 2022.

PRADO, H. S. A; CANESIN, C. H. A Rodada Doha e a ineficiência do multilateralismo comercial: impactos domésticos no Mercosul. In: 3º ENCONTRO NACIONAL ABRI 2011, 3., 2011, São Paulo. Proceedings online. Associação Brasileira de Relações Internacionais, Instituto de Relações Internacionais – USP. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000122011000200024&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000122011000200024&lng=en&nrm=abn). Acesso em: 24 fev. 2024.

PYATT, G; ROUND, J. Social accounting matrices for development planning. The Review of Income and Wealth. The World Bank. Série:23, n. 4. 1979. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/fr/762461468103482342/pdf/REP74000Social0development0planning.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

PYATT, G; ROUND, J.(eds). Social Accounting Matrices: A basis for planning. The World Bank. 1985. Disponível em:  
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/919371468765880931/pdf/Social-accounting-matrices-a-basis-for-planning.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

RAGUSA, A.; SVELATO. A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C.A.; BAIOTTO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*. *Environment International*, v. 146, n. 106274, 2021. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297?via%3Dihub>. Acesso em: 23 set. 2022.

RAO Y; XIE J; XU X. Facilitating “migrant-local” tacit knowledge transfer in rural tourism development: A longitudinal case study. *Tourism Management*. V. 100, 2024, ISSN 0261-5177. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104836>. Acesso em: 15 jan 2024.

ROBINSON, S. Multisectoral Models. In: CHENERY, H.; SRINIVASAN, T.N. (Ed.). *Handbook of Development Economics*, Vol. II. Amsterdam: North-Holland, 1989.

RUTHERFORD, T. F. Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax. *Computational Economics* 14, 1999, p. 1-46. Disponível em:  
<https://www.mpsge.org/mpsge/syntax.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2024.

SALLES, A. O. T; MATIAS, A. L. Uma análise da teoria das externalidades de Pigou e Coase e suas aplicações na abordagem teórica da Economia Ambiental. *Informe Econômico (UFPI)*, v. 44, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/2764-1392.2753>. Acesso em: 09 nov. 2022.

SCHMIDT, C; KRAUTH, T; WAGNER, S. Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12246–12253. 2017. Disponível em: <https://doi:10.1021/acs.est.7b02368>. Acesso em: 05 jan. 2024.

SILVA, L. M. B; SILVA, J. P; BORGES, M. M. A. L. Do global ao contexto nacional: evolução da política ambiental brasileira. *Revista brasileira gestão ambiental sustentável*. v. 6, n. 14, p. 593-608, 2019. Disponível em:  
<http://revista.ecogestaobrasil.net/v6n14/v06n14a01a.html>. Acesso em: 31 out. 2022.

SPRINGEL, K. Network Externality and Subsidy Structure in Two-Sided Markets: Evidence from Electric Vehicle Incentives. *American economic journal: economic policy*. Vol. 13, nº. 4, 2021. Disponível em:  
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.20190131>. Acesso em: 28 jan. 2024.

STENTON, M; HOUGHTON, J. A.; KAPSALI, V; BLACKBURN, R. S. The Potential for Regenerated Protein Fibres within a Circular Economy: Lessons from the Past Can Inform Sustainable Innovation in the Textiles Industry. *Sustainability*, v. 13, n. 2328, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13042328>. Acesso em: 21 set. 2022.

STODDART, Mark C. J.; TINDALL, David B.; BROCKHAUS, Maria; KAMMERER, Marlene. Conference of the Parties Meetings as Regularly Scheduled Critical Events for Global Climate Governance: Reflecting on COP 26 and the Glasgow Climate Pact. *Society & Natural Resources*, v. 36, n. 4, p. 442-450, 2023. Disponível em: 10.1080/08941920.2023.2175284. Acesso em 11 fev. 2024.

TAKEDA, S.; ARIMURA, T.H. A computable general equilibrium analysis of environmental tax reform in Japan with a forward-looking dynamic model. *Sustain Sci*, v. 16, p. 503-521, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00903-4>. Acesso em: 05 fev. 2024.

TAKEDA, S; ARIMURA, T. H. A Computable General Equilibrium Analysis of Environmental Tax Reform in Japan. 2020. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3593471>. Acesso em: 05 fev. 2024.

TEIXEIRA, E, C; PEREIRA, M. W. G; GURGEL, A. C. A Estrutura do PAEG. Campo Grande: Life Editora. 2013.

TEXTILE EXCHANGE. Materials Market Report 2023. Textile Exchange, 2023. Disponível em: <https://textileexchange.org/knowledge-center/documents/materials-market-report-2023/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

TIETENBERG, T; LEWIS, L. Environmental and natural resource economics. Routledge, 2018.

UN ENVIRONMENT OPEN DATA. Disponível em: <https://open.unep.org/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

UNEP, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Towards a Pollution-Free Planet: Background Report. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2017. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38522/k2200647\\_-\\_unep-ea-5-l-23-rev-1\\_-\\_advance.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38522/k2200647_-_unep-ea-5-l-23-rev-1_-_advance.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 17 out. 2022.

WALKINSHAW, C; TOLHURST, T.J; LINDEQUE, P.K; THOMPSON, R. C; COLE, M. Impact of polyester and cotton microfibers on growth and sublethal biomarkers in juvenile mussels. *Microplastics and Nanoplastics*, v. 3, n. 5, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s43591-023-00052-8>. Acesso em: 14 jan. 2024.

WHALLEY, J. Trade Liberalization among Major World Trading Areas. Cambridge: MIT Press, 1985.

WHITE, D; WINCHESTER, N. The Plastic Intensity of Industries in the USA: The Devil Wears Plastic. *Environmental Modeling & Assessment*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10666-022-09848-z>. Acesso em: 23 set. 2022.

WING, Ian Sue; BALISTRERI, Edward J. Computable General Equilibrium Models for Policy Evaluation and Economic Consequence Analysis. In: CHEN, Shu-Heng; KABOUDAN, Mak; DU, Ye-Rong (eds.). *The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance*. Oxford: Oxford University Press, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199844371.013.7>. Acesso em: 7 fev. 2024.

WTO'S, World Trade Organization. World Trade Statistical Review 2021. World Trade Organization, 2021. Disponível em: [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/wts2021\\_e/wts21\\_toc\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2021_e/wts21_toc_e.htm). Acesso em: 22 nov. 2022.

## APÊNDICE A - EVOLUÇÃO DA COP - CONFERÊNCIA DAS PARTES

Quadro 7 – Evolução da COP - Conferência das Partes.

COP	Ano	País Sede	Cidade	Resumo dos Acordos
1	1995	Alemanha	Berlim	Estabelecido o Mandato de Berlim, com obrigações diferenciadas para países. Fazendo parte dos países ricos e membros da OCDE, não precisaram atender as obrigações extras.
2	1996	Suíça	Genebra	Declaração de Genebra reforçou a responsabilidade dos Estados na redução de emissões, mas sem acordos vinculativos.
3	1997	Japão	Kyoto	Protocolo de Kyoto estabelecido, definição de metas de redução de emissões para os países desenvolvidos.
4	1998	Argentina	Buenos Aires	Adoção do Plano de Ação de Buenos Aires para implementar o Protocolo de Kyoto.
5	1999	Alemanha	Bonn	Discussão sobre o Plano de Ação de Buenos Aires e o impacto do uso humano das terras e florestas.
6	2000	Holanda/Alemanha	Haia / Bonn	Discussões sobre os mecanismos de implementação do Protocolo de Kyoto, com destaque para a flexibilidade dos mecanismos. Tendo os Estados Unidos colocando-se como Estado observador, sem necessidade de seguir as metas.
7	2001	Marrocos	Marrakech	Acordo de Marrakech, estabelecimento de regras detalhadas para implementar o Protocolo de Kyoto e mecanismos de financiamento através da criação do Fundo Espacial para a mudança do clima (SCCF).
8	2002	Índia	Deli	Importante participação do setor privado e Organizações não governamentais (ONGs) através de plano de ações para o desenvolvimento sustentável e a transferência de tecnologia, focado em países industrializados e em desenvolvimento.
9	2003	Itália	Milão	Avanços no Fundo para o Clima e Fundo para Países Menos Desenvolvidos (SCCF) e no Fundo para Países Menos Desenvolvidos (LDCF), além de projetos de reflorestamento.
10	2004	Argentina	Buenos Aires	Discussão sobre a implementação do Protocolo de Kyoto e preparação para o segundo período de compromisso.
11	2005	Canadá	Montreal	Primeira COP após a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, em pauta impacto do desmatamento nas emissões de gases do efeito estufa (GEE) e foco em atrair países que não o ratificaram.
12	2006	Quênia	Nairóbi	Conceito de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD) introduzido pela proposta brasileira com o objetivo de reduzir as emissões de países em desenvolvimento.
13	2007	Indonésia	Bali	Plano de Ação de Bali ratificado por Austrália e aceito por Estados Unidos. Criação da base para negociações futuras e inclusão de todos os países nos compromissos e preparação do segundo Protocolo de Kyoto.
14	2008	Polônia	Poznan	Foco no auxílio aos países menos desenvolvidos e reconhecimento da necessidade de mais ambição nas metas climáticas. Brasil, China, Índia e México se demonstraram abertos para assumir responsabilidades na redução nas emissões GEE, mesmo sem estarem na pauta de países responsáveis.
15	2009	Dinamarca	Copenhague	COP de Copenhague destacou-se pelo acordo político de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C, compromisso de países industrializados em subsidiarem USD 10 bilhões ao ano, entre 2010 e 2020, e USD 100 bilhões após 2020 para países mais vulneráveis mitigarem os efeitos das mudanças climáticas. Compromisso do Brasil em reduzir entre 36,1% e 38,9% a emissão de GEE até 2020.
16	2010	México	Cancún	Acordos de Cancún, estabelecendo compromissos mais claros para a segunda fase do Protocolo de Kyoto e fundos verdes para o clima, com grande atuação de Brasil, México e Reino Unido.
17	2011	África do Sul	Durban	Com protagonismo da União Europeia a intenção de desenvolver um novo acordo climático para todos os países a redução de GEE. Com a formalização das regras para países industrializados, mais Brasil, China e África do Sul, com oposição de Rússia, Japão e Canadá sem comprometer-se com as metas.
18	2012	Qatar	Doha	Extensão do Protocolo de Kyoto até 2020 e compromisso de financiamento dos países desenvolvidos.
19	2013	Polônia	Warsaw	Inúmeros conflitos entre países industrializados e em desenvolvimento em decorrência das metas de emissões de GEE. Criação do mecanismo de perdas e danos associados aos impactos das mudanças climáticas.
20	2014	Peru	Lima	O Chamado de Lima para a Ação Climática serviu como base para o Acordo de Paris, onde os estados deveriam apresentar ações para manter o aumento da temperatura menos que 2°C.
21	2015	França	Paris	Acordo de Paris estabelecido, marcando um compromisso global para a redução de emissões e a limitação do aquecimento. Apresentação das evoluções realizadas por países em desenvolvimento e desenvolvidos, assumindo novos compromissos, com exceção dos Estados Unidos que se retiraram da conferência.

22	2016	Marrocos	Marrakech	Ação climática e sustentabilidade reforçadas, com foco em energia renovável e implementação do Acordo de Paris, iniciativas como o "Climate Vulnerable Forum" reforçaram a importância de manter a temperatura em 1,5°C. Nova meta estabelecida, trabalhar 100% com energias renováveis entre 2030 e 2050 e o reforço da importância dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.
23	2017	Alemanha	Bonn	Foco na eliminação do uso do carvão e na transição energética por meio da Powering Past Coal Alliance, formado por um grupo de 170 países, cidadãos, regiões e organizações.
24	2018	Polônia	Katowice	Regras detalhadas para a implementação do Acordo de Paris, conhecidas como o "Livro de Regras de Katowice". A ativista Greta Thunberg com 15 anos, por meio de uma ação coletiva em favor as medidas urgentes no combate as alterações climáticas, provoca o debate na cúpula e extra cúpula.
25	2019	Espanha	Madri	COP sob presidência do Chile, realizada em Madri, destacou a necessidade de maior ambição e ação climática.
26	2021	Reino Unido	Glasgow	COP em Glasgow enfatizou a urgência em ações climáticas e discussões sobre metas de redução de emissões a longo prazo, contou com a apresentação do relatório do Painel Governamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que alerta sobre cenários catastróficos com o aquecimento médio do planeta de 6°C.
27	2022	Egito	Sharm El-Sheikh	Discussões sobre financiamento climático e responsabilidade pelas emissões, mas sem avanços no que tange o uso de combustíveis fósseis e sem data para o fim das emissões de gases do efeito estufa.
28	2023	Emirados Árabes Unidos	Dubai	Criação do Fundo para Perdas e Danos, da Declaração sobre Clima e Saúde, e do Global Cooling Pledge, visando reduzir as emissões de resfriamento em 68%. Assinatura da Declaração COP28 sobre Agricultura, Alimentação e Clima, e a elaboração de um roteiro para transição dos combustíveis fósseis. União de esforços de organizações em fins lucrativos, países vulneráveis e entidades civis. Contudo, destacou-se a falta de ações efetivas.

Fonte: elaboração própria com base nos dados ONU (2020) e ONU (2023).