



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Adriano Célio Magalhães Sampaio

UMA REVISÃO DAS POLÍTICAS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NO MUNDO:
SITUAÇÃO ATUAL, ANÁLISE COMPARATIVA E DESAFIOS PARA O BRASIL

Rio de Janeiro

2024

Adriano Célio Magalhães Sampaio

**UMA REVISÃO DAS POLÍTICAS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NO MUNDO:
SITUAÇÃO ATUAL, ANÁLISE COMPARATIVA E DESAFIOS PARA O BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Economia da Universidade
Federal do Rio de Janeiro como exigência para
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Econômicas.

Orientador: Professor Dr. Leandro Gomes da
Silva

Rio de Janeiro

2024

CIP - Catalogação na Publicação

S192r Sampaio, Adriano Célio Magalhães
Uma revisão das políticas de precificação de carbono no mundo: situação atual, análise comparativa e desafios para o Brasil / Adriano Célio Magalhães Sampaio. -- Rio de Janeiro, 2024.
54 f.

Orientador: Leandro Gomes da Silva.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Bacharel em Ciências Econômicas, 2024.

1. Precificação de carbono. 2. Imposto de carbono. 3. Sistema de comércio de emissões. 4. Emissões de carbono brasileiras. 5. Gases de efeito estufa. I. Silva, Leandro Gomes da, orient. II. Título.

ADRIANO CÉLIO MAGALHÃES SAMPAIO

UMA REVISÃO DAS POLÍTICAS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NO MUNDO:
SITUAÇÃO ATUAL, ANÁLISE COMPARATIVA E DESAFIOS PARA O BRASIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto de Economia da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Rio de Janeiro, 26/04/2024.

LEANDRO GOMES DA SILVA - Presidente
Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

KAIO GLAUBER VITAL DA COSTA
Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

THIAGO DE HOLANDA LIMA MIGUEZ
Doutor em Economia pela UFRJ

RESUMO

As políticas de precificação direta de Gases do Efeito Estufa (GEE) são valiosos mecanismos para promover um sinal de preço à sociedade para repensar hábitos, tecnologias e o processo produtivo, visando a redução das emissões globais de GEE. Após longos anos de pouca ação dos governos, os anos recentes registraram um aumento na implementação destes mecanismos, especialmente nas nações de renda elevada. Visando entender quais insights podem ser retirados das experiências em curso, inclusive para o planejamento de um mecanismo brasileiro, o presente trabalho analisou a base de dados do Carbon Pricing Dashboard, do Banco Mundial, que centraliza informações dos *Carbon Taxes* e *Emissions Trading Systems* (ETSSs) em vigor. Os resultados demonstram que os preços praticados para a tonelada de CO₂ equivalente, na maioria das iniciativas, estão aquém daquele defendido por diversos estudos e o percentual de emissões globais cobertas por tais mecanismos permanece baixo. Cerca de metade destes mecanismos cobrem apenas os gases de CO₂ dentro do conjunto de GEE. Os setores sobre os quais mais comumente são aplicados instrumentos de precificação são o de geração de eletricidade e aquecimento e a indústria. Por outro lado, setores como o agrícola, de resíduos e LULUCF, que no caso brasileiro, estão entre os maiores contribuidores para emissões de GEE, permanecem à margem das experiências em curso no mundo. Desta forma, pensar um instrumento de precificação de GEE que esteja alinhado à realidade das emissões nacionais será desafiador para as autoridades, inclusive pelo seu ineditismo.

Palavras-chave: Precificação de carbono; Imposto de carbono; Sistema de comércio de emissões; Emissões de carbono brasileiras; Gases de efeito estufa.

ABSTRACT

Direct pricing policies for Greenhouse Gases (GHG) are valuable mechanisms to promote a price signal to society to rethink habits, technologies and the production process, aiming to reduce global GHG emissions. After long years of little government action, recent years have seen an increase in the implementation of these mechanisms, especially in high-income nations. Aiming to understand what insights can be drawn from ongoing experiences, including for the planning of a Brazilian mechanism, this work analyzed the World Bank's Carbon Pricing Dashboard database, which centralizes information from Carbon Taxes and Emissions Trading Systems (ETSSs) in force. The results demonstrate that the prices charged for the ton of CO₂ equivalent, in most initiatives, are below that advocated by several studies and the percentage of global emissions covered by such mechanisms remains low. About half of these mechanisms cover only CO₂ gases within the GHG pool. The sectors to which pricing instruments are most commonly applied are electricity generation and heating and industry. On the other hand, sectors such as agriculture, waste and LULUCF, which in the Brazilian case are among the largest contributors to GHG emissions, remain outside the experiences underway in the world. Therefore, thinking about a GHG pricing instrument that is aligned with the reality of national emissions will be challenging for authorities, including due to its novelty.

Keywords: Carbon pricing; Carbon tax; Emissions trading system; Brazilian carbon emissions; Greenhouse gasses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 — Mapa mostrando as jurisdições com Carbon Taxes e ETSs implementados, sob consideração ou desenvolvimento, para o ano de 2023.....	28
Figura 02 — Preços da tonelada de CO2 nos mecanismos de Carbon Taxes para anos selecionados.....	35
Figura 03 — Preços da tonelada de CO2 nos mecanismos de ETS para anos selecionados.....	36
Figura 04 — Classificação dos setores analisados na base de dados do Carbon Pricing Dashboard.....	38
Figura 05 — Gases e Setores cobertos pelas iniciativas de precificação dos tipos Carbon Taxes (à esquerda) e ETSs (à direita)	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 — Participação nas emissões globais de GEE (2016)	19
Gráfico 02 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono (Carbon Tax e ETS) implementados no acumulado ao longo dos anos	24
Gráfico 03 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono implementados por tipo e jurisdição.....	25
Gráfico 04 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono em implementação.....	26
Gráfico 05 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono sob consideração ou sob desenvolvimento por ano no qual os estudos tiveram início.....	27
Gráfico 06 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono sob consideração ou sob desenvolvimento por ano no qual os estudos tiveram início.....	27
Gráfico 07 — Evolução do percentual de emissões cobertas desde a criação dos primeiros mecanismos de precificação direta de carbono.....	30
Gráfico 08 — Percentual das emissões globais cobertas por mecanismos de precificação direta de carbono por tipo de mecanismo (Carbon Tax e ETS)	30
Gráfico 09 — Preços praticados nas iniciativas de Carbon Taxes no ano de 2023 e preço médio do conjunto.....	33
Gráfico 10 — Preços praticados nas iniciativas de ETSs no ano de 2023 e preço médio do conjunto de dados.....	34
Gráfico 11 — Comparativo do nível de impostos sobre as emissões de CO ₂ – relacionadas ao uso de energia do setor rodoviário (painel A) e não rodoviário (painel B) nos anos de 2015 e 2018 para 44 países selecionados.....	43
Gráfico 12 — Participação percentual de 67 setores brasileiros nas emissões de CO ₂ nacionais.....	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
1.1 Pigou e Coase: as externalidades e os instrumentos de política ambiental.....	12
1.2 O problema das emissões de gases de efeito estufa: uma externalidade global negativa	16
2. PRECIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA	19
3. EXPERIÊNCIAS COMPARADAS DE POLÍTICAS DE PRECIFICAÇÃO DIRETA DE CARBONO	23
3.1 Das primeiras experiências à situação atual	23
3.2 Emissões cobertas.....	29
3.3 Preços.....	31
3.4 Gases e setores cobertos	37
4. INSIGHTS SOBRE A PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NO BRASIL	42
5. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

INTRODUÇÃO

As revoluções industriais inauguraram um período da história no qual a humanidade vem promovendo mudanças intensas no perfil das sociedades. Melhorias significativas na produção agrícola foram obtidas, evoluímos do transporte à tração animal para formas modernas, rápidas e ágeis de transportes terrestres, aquáticos e aéreos. Abandonamos o candeeiro e, cada vez mais, nós ligamos à eletricidade. Estamos na rede, conectados em comunicações em tempo real. Estas são algumas das vantagens obtidas com o que se costuma chamar de progresso.

Contudo, o tal progresso também tem seus malefícios. Entre eles, pode-se destacar as emissões de poluentes e a devastação ambiental, que até a primeira metade do século passado atuavam sem contraposição mais intensa. Já no quarto final do século XX, a questão ambiental ganhou importância crescente. Na década de 1970, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Ainda naquela década, o economista americano Willian Nordhaus apresentou estudos que relacionavam a questão climática com o crescimento econômico. Ao final da década de 1980 foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. E no último ano da década de 1980, a tragédia ocorrida com o petroleiro Exxon Valdez colocou a questão ambiental sob os holofotes.

O mundo chegou à última década do século XX com a ciência da necessidade de reduzir suas emissões de gases poluentes. Políticas que visassem incentivar os agentes econômicos a promover a redução de suas próprias emissões passaram a ser cada vez mais defendidas. Entre elas, está a precificação das emissões de carbono. Algumas iniciativas deste tipo surgiram ainda nos primeiros anos da década de 1990, via impostos sobre carbono, em alguns países nórdicos. Nos anos 2000 ganharam maior destaque as soluções via mercado de carbono. Contudo, foi apenas nos anos 2010 que estas medidas começaram a se consolidar. Nos últimos cinco anos houve uma maior adesão de países e entes subnacionais aos instrumentos de precificação de carbono. Também se elevaram as pressões da sociedade, dos governos onde já há medidas do tipo e de organizações internacionais para que mais países também caminhem neste sentido. Como representação deste último rol, cita-se o FMI que passou a defender a criação, pelos países, de um imposto sobre o carbono emitido nos processos produtivos.

Desta forma, o presente trabalho pretende formular um caminho no qual seja possível analisar a proposta do FMI. Ao longo dele, é apresentada uma discussão da justificativa e

relevância deste tema no contexto atual, situando como o tema vem sendo tratado no debate público e a visão de importantes *policy makers*. Na sequência, é feita uma melhor delimitação do tema, com um breve resgate histórico, uma conceituação das formas de precificação de carbono mais comumente utilizadas, passando pela identificação de “em que pé estamos” quanto a precificação de carbono no mundo e finalizando com a identificação dos principais *insights* que podem ser identificados da análise das políticas de precificação direta de carbono já implementadas.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A sociedade cobra cada vez mais medidas enérgicas de combate às mudanças climáticas. Tais cobranças também ocorrem nas relações intra e entre países. A chegada de Biden à presidência dos Estados Unidos (EUA) trouxe a expectativa de uma guinada no papel desempenhado pelo governo americano na questão climática. O próprio Biden, durante a campanha, diversas vezes lembrou que ele participou de um dos primeiros projetos de lei ambiental nos EUA. Em 1896, quando era senador, apresentou o projeto de lei "*Global Climate Act of 1986*" (Ato do Clima Global de 1986, em tradução livre), que previa, entre outras coisas, criar uma força tarefa científica para estudar o desenvolvimento sustentável (FRANZÃO, 2020). O economista do FMI, Ian Parry, em entrevista em 2020 apontou que a União Europeia estuda a instituição de impostos de carbono na fronteira (CAETANO, 2020). Se aplicado, atuaria como meio de pressão sobre os países que não adotaram políticas de precificação do carbono. Até líderes conservadores têm começado a aderir a pauta ambiental, como foi o caso do ex-primeiro ministro britânico Boris Johnson, que no último trimestre de 2020 apresentou um plano de descarbonização. Conforme aponta Fonteles (2020), Johnson estava apostando na revolução verde para a criação de até 250.000 empregos, redução da emissão de gases poluentes e a adaptação de uma economia digna do século 21.

Conforme pode ser observado na plataforma *Carbon Pricing Dashboard*, do Banco Mundial, nos últimos 5 anos quase dobrou o número de países que possuem algum tipo de iniciativa de precificação de carbono. Muitos destes mecanismos têm foco nos setores de transporte e energético, possivelmente, em função destes setores terem suas matrizes com elevada participação de combustíveis fósseis, o que os tornam importantes contribuidores para as emissões globais de carbono.

Desta forma, entender a forma como a precificação do carbono impactaria nos setores econômicos brasileiros, dado os seus respectivos níveis de emissões de carbono e suas interrelações, poderá ajudar a planejar o desenho de políticas ambientais que combatam a externalidade climática e as eventuais necessidades de políticas mitigatórias auxiliares, de modo a se caminhar em sintonia com as demandas globais de transição para uma economia de baixo carbono.

1.1 Pigou e Coase: as externalidades e os instrumentos de política ambiental.

Mankiw (2013) define externalidade como “*o impacto das ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outras que não participam daquelas ações*”. De modo muito similar, mas se utilizando de termos mais econômicos, Pindyck (2006) define externalidade como a “*ação de um produtor ou consumidor que afeta outros produtores ou consumidores, mas que não é considerado no preço de mercado*”. Ambos autores classificam as externalidades como falhas de mercado que impedem que o equilíbrio de mercado maximize o benefício total para a sociedade como um todo. Ademais, as externalidades podem ser negativas, quando impõem custos, ou positivas, quando provêm benefícios a terceiros não diretamente envolvidos na relação produção-consumo.

Salles e Matias (2022) defendem que o conceito de externalidade deriva dos trabalhos de Arthur Cecil Pigou e Ronald Harry Coase. A abordagem destes autores influenciou, posteriormente, os autores que a partir da década de 1970 vieram a constituir a escola da Economia Ambiental. Ademais, os trabalhos de Pigou e Coase também estão nos fundamentos teóricos de muitas políticas ambientais adotadas no mundo.

De maneira resumida, conforme é apresentado por Salles e Matias (2022), Pigou defende que o bem-estar econômico - a parcela do bem-estar social que pode ser relacionada de alguma forma com uma medida monetária - é influenciado por três variáveis, a saber, a eficiência econômica, a justiça distributiva e a estabilidade econômica. Com respeito à eficiência econômica, para Pigou, ela consistiria basicamente no aumento do dividendo nacional, e este seria máximo quando os produtos líquidos marginais privados e sociais forem iguais. Nas situações em que os produtos marginais líquidos privados e sociais não forem iguais, o livre mercado teria falhado em seu objetivo de promover uma distribuição dos recursos produtivos de modo que o dividendo nacional fosse máximo. Desta forma, seria necessário a adoção de instrumentos normativos a fim de elaborar políticas econômicas que amenizem as falhas de mercado, visando restabelecer as condições de concorrência perfeita. Tais interferências no funcionamento do sistema econômico seriam bem-vindas a fim de elevar o dividendo nacional e, consequentemente, o bem-estar econômico. Para Pigou, esta interferência consistiria na intervenção estatal por meio de subsídios e impostos.

Já para Coase, ainda conforme expõem Salles e Matias (2022), a abordagem pigouviana só considera um lado do problema - os custos que A causam em B - e deixam de

considerar os danos que A teria ao ter que recompensar B. Ocorre que Coase adota critério de eficiência distinto de Pigou. Enquanto Pigou fundamenta sua visão no critério de Pareto - quando não há nenhuma possibilidade de se melhorar a posição de pelo menos um dos agentes envolvidos numa relação econômica sem que com isso a posição de um outro agente seja piorada (Costa, 2005) - Coase se apoia no critério de Kaldor-Hicks - focado na maximização da utilidade coletiva. Desta forma, na visão de Coase, quando A é obrigado a recompensar B, os danos que recaem sobre A fruto dessa compensação a B podem reduzir o produto social total e, com isso, não ser uma solução maximizadora. Assim, antes de determinar sobre qual agente recai a responsabilização pelos danos causados, seria necessário comparar os produtos sociais totais de cada situação factível. Ao Estado caberia a definição dos direitos de propriedade relativos à utilização do fator de produção causador da externalidade. Só a partir desta definição se poderia discutir se há ou não responsabilização pelos danos causados.

Salles e Matias (2022) expõem ainda que Coase define três abordagens possíveis para lidar com os custos de transação no problema das externalidades: a internalização da produção pela firma (numa solução que pode ser entendida como equivalente à negociação direta ou judicialmente mediada entre as partes envolvidas), a regulação direta pelo governo (por meio de leis ou de agências regulatórias) e, por fim, não fazer nada (quando os custos da regulação governamental fossem maiores que seus ganhos). Coase argumenta que a opção a ser escolhida dependerá de cada caso em específico, o que seria uma contraposição ao defendido por Pigou que, segundo a visão de Coase, advogaria pela atuação estatal em qualquer situação.

Apesar de poder parecer algo distante, as externalidades estão mais presentes no dia-a-dia das pessoas do que a maioria consegue imaginar. Para ilustrar isso, são construídos alguns exemplos a seguir sobre um tipo de externalidade que afeta milhões de pessoas, especialmente aquelas que vivem em centros urbanos - a poluição sonora.

Em um primeiro exemplo, imaginemos que um salão de festas foi instalado em uma quadra residencial. O proprietário do salão lucra com a locação do espaço para eventos noturnos (como aniversários, shows e etc.). O salão não possui isolamento acústico, desta forma, sempre que ocorre algum evento no local, o barulho produzido pela música tocando e um aglomerado de pessoas conversando e cantando atrapalha o sono dos moradores vizinhos. Neste caso, o barulho configura uma externalidade. O responsável por ela - o salão de festas - e suas vítimas - os moradores vizinhos - estão claramente definidos. E a solução é também facilmente identificável - uma reforma do salão de festas promovendo um tratamento acústico, de modo a

não permitir (ou reduzi-lo até um nível X aceitável pelas partes) que o barulho interno “vaze” para o ambiente externo ao salão. Contudo, tal reforma tem um custo.

Para Pigou, este custo caberia ao proprietário do salão, uma vez que é o seu negócio o causador da externalidade. A partir da abordagem de Coase, se não existem custos de transação, o proprietário do salão e os vizinhos (aqui representados por sua associação de moradores) podem negociar diretamente entre si. Assim, caso os moradores tenham o direito ao sono tranquilo e o salão só possa funcionar se não afetar este direito, o proprietário do salão teria interesse em arcar pela reforma para continuar operando. Ao contrário, caso o salão tenha o direito de funcionar, independente de se isso afeta o sono dos vizinhos, a associação de moradores teria interesse em arcar com a reforma para que seus associados tenham um sono tranquilo. Quando os direitos de propriedade não estão bem definidos, a definição da responsabilidade pelo custo da reforma poderia se dar pela via judicial. Neste caso, haveria custos de transação. Todavia, como os agentes envolvidos (proprietário do salão e associação de moradores) estão claramente identificados, os custos de transação não seriam muito elevados, permitindo a opção judicial.

Agora, no segundo exemplo, imaginemos que no lugar de um salão de festas o barulho fosse ocasionado por um conjunto de pessoas que se reúnem para confraternizar noites adentro em uma praça pública. Algumas pessoas levam instrumentos musicais, vendedores ambulantes comercializam bebidas e alimentos, músicos de rua se apresentam tentando obter algumas gorjetas. A aglomeração de pessoas, os instrumentos musicais e as pessoas conversando e cantando produzem o barulho que prejudica o sono dos moradores do entorno dessa praça. Neste caso, como não é possível promover o isolamento acústico da praça pública, uma possível solução seria isolar acusticamente as residências do entorno da praça. Todavia, isto teria um custo ainda mais elevado do que aquele do primeiro exemplo. Ademais, tanto o público, como os vendedores ambulantes e músicos de rua que frequentam a praça podem variar ao longo dos dias. Nesta situação, os agentes afetados pela externalidade - os moradores do entorno da praça - continuam sendo identificáveis. O mesmo não se pode dizer dos agentes causadores. E mesmo que fosse possível identificá-los, o custo de transação envolvido na negociação com um número tão grande de pessoas imporia sérias limitações tanto à livre negociação entre os agentes como a opção judicial.

Por fim, no terceiro exemplo, imaginemos agora que o barulho não vem de pessoas e festas, mas sim de veículos (carros, motos, ônibus, caminhões e etc.) que circulam no trânsito. Tais veículos foram projetados levando-se em conta apenas a dirigibilidade e o conforto para

os condutores, e pouca ou nenhuma atenção foi dada no projeto para o barulho produzido pelos motores e escapamentos. Nesta situação, não apenas a identificação do agente causador da externalidade é praticamente impossível de ser feita (menos ainda, mensurada), como a dos agentes afetados também se torna bastante complexa pois o problema não está mais circunscrito a um local em específico, e a forma como ele afeta a pessoas pode variar em função de se o imóvel do morador está localizado em uma avenida, rua ou travessa; do fluxo de veículos neste local; da velocidade média que os veículos circulam em cada local; de se o imóvel é de frente pra rua, nos fundos ou está localizado em uma vila; de se é uma casa ou um prédio; sendo um prédio, do andar no qual está o apartamento; enfim, uma quantidade extremamente elevada de variáveis.

Conforme Lustosa e Young (2013), em uma situação de grande quantidade de indivíduos e/ou empresas afetadas, não é possível realizar um acordo amigável entre as partes. Logo, quando a externalidade causa um custo social de tal forma que o mercado não consegue se ajustar sem intervenção, é necessária a atuação do estado e/ou instituições responsáveis, via instrumentos de política ambiental, com o intuito de reduzir os custos causados por essas externalidades.

Lustosa e Young (2013) apontam que a função da política ambiental é a de internalizar o custo externo ambiental, e podem ser classificados em três grupos: instrumentos de comando e controle (controle ou proibição de produto, controle de processo, proibição ou restrição de atividades, especificações tecnológicas, controle do uso de recursos naturais, padrões de poluição para fontes específicas), instrumentos de comunicação (difusão de informações, acordos, criação de redes, sistemas de gestão ambiental, selos ambientais, marketing ambiental) e instrumentos econômicos (taxas e tarifas, subsídios, certificados de emissão transacionáveis, sistemas de devolução de depósitos).

Retornando ao segundo exemplo, considerando a natureza difusa dos agentes causadores da externalidade, o que elevaria muito os custos de transação, tornando pouco factível a negociação livre ou a via judicial propostas por Coase, uma opção de política ambiental a ser adotada poderiam ser políticas de comando e controle. A regulação estatal poderia proibir a utilização de instrumentos musicais e similares naquela praça (caixas de som e outros) após um determinado horário, impondo multas a quem desobedecesse, e restringir ou proibir a atuação de ambulantes não previamente autorizados. A primeira reduziria o barulho de modo mais direto pela eliminação dos instrumentos. A segunda teria por objetivo gerar um desincentivo a ida ou a permanência mais longa na praça, uma vez que sem opções (ou com

opções restritas) para comprar bebidas e comidas, parte do público buscaria alternativas de locais para confraternizar. A redução do público frequentador também ajudaria na redução do barulho.

No caso do terceiro exemplo, uma combinação de políticas de comando e controle e de instrumentos econômicos poderia ser adotada. A regulação estatal poderia fixar padrões de emissão de ruídos para os motores e impor a adoção de padrões tecnológicos que promovessem melhor tratamento dos ruídos oriundos dos escapamentos dos veículos. Contudo, tal modelo de regulação não geraria incentivos aos fabricantes de reduzirem os ruídos dos veículos abaixo do limite estabelecido pelos padrões. Assim, em adição a tais regulações, subsídios poderiam ser oferecidos a modelos de veículos que conseguissem reduzir abaixo dos padrões impostos pela regulação, permitindo a redução de seu preço de venda e tornando-os mais atrativos para o consumidor. Com o tempo, visando obter maiores ganhos com os subsídios, novos padrões tecnológicos poderiam ser desenvolvidos levando a motores mais leves, com menos atrito e menor emissão de ruídos.

1.2 O problema das emissões de gases de efeito estufa: uma externalidade global negativa

Desde a Revolução Industrial, quando o carvão passou a alimentar as máquinas a vapor e substituiu a madeira como principal fonte energética do mundo, a humanidade vem paulatinamente aumentando seus índices de emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Algum tempo depois, o surgimento do motor à combustão interna abriu caminho para que o petróleo e seus derivados assumissem o protagonismo na matriz energética. A popularização dos automóveis no primeiro quarto do século XX teve papel importante neste movimento. Adicionalmente, como aponta Lustosa e Young (2013), o processo de crescimento urbano desordenado, aliado ao crescimento das atividades industriais e agrícolas, e a ausência de uma infraestrutura adequada, também trouxeram problemas ambientais significativos.

Neste contexto, a intensificação da poluição da atmosfera por GEE, notadamente o carbono, e as preocupações sociais com os efeitos dessa poluição para as pessoas, ecossistemas e a economia fizeram a ciência econômica, cada vez mais, dar atenção ao tema das externalidades negativas associadas às emissões de gases do efeito estufa.

Tal qual a poluição sonora de veículos discutida no tópico anterior, a poluição da atmosfera provocada por GEE envolve um número muito grande de agentes causadores, como também de “vítimas” dessa externalidade. Todavia, no caso da poluição da atmosfera, a coisa ganha contornos por demais complexos.

Para começar, na maioria dos casos, os efeitos da poluição da atmosfera são, à exceção de situações extremas localizadas, menos perceptíveis para os agentes atingidos. Os efeitos sobre as temperaturas médias globais se dão de modo lento e geram mudanças nos padrões climáticos que, para a maioria da população, não são de fácil conexão. Mesmo seu efeito direto sobre as pessoas, como por exemplo por meio do desenvolvimento de doenças respiratórias, só irá se manifestar após muitos anos de exposição.

Os efeitos negativos da poluição são também, de tal modo disseminados entre a população e dispersos no espaço, que podem ocasionar a sensação de normalidade. Por exemplo, o CO₂ emitido diariamente pelos escapamentos dos veículos é aspirado diariamente por todos que transitam nos centros urbanos, independente de classe, gênero, raça e condição social. Fazem parte do dia-a-dia da vida nos centros urbanos que muitos habitantes nem mais o percebem como algo negativo, até serem chamados atenção para eles. Mas também contribuem para o aquecimento da atmosfera, alteração de padrões climáticos e a ocorrência mais frequente e intensa de eventos extremos em locais distantes de onde foram emitidos. E tais eventos extremos - como chuvas intensas, cheias e deslizamentos de terra - acabam castigando com maior intensidade aqueles que vivem em regiões mais vulneráveis, que geralmente são pessoas de condições sociais mais baixas.

Outra característica muito peculiar da poluição é que ela possui efeitos intergeracionais - a degradação ambiental de hoje, a redução da biodiversidade pela extinção de espécies e os processos de desertificação de biomas associadas às mudanças climáticas, e a elevação da intensidade e frequência de eventos extremos serão herdados pelas gerações futuras - e transnacionais - os efeitos da poluição e das alterações nos padrões climáticos não reconhecem arbitrárias convenções geográficas, atingindo não só países que, historicamente, pouco contribuíram para os níveis de emissões passados e atuais, como até pondo em risco a existência de países insulares, como é o caso de Tuvalu, do Ministro Simon Kofe que impactou a COP 26 ao fazer um pronunciamento gravado de dentro do mar, como forma de chamar atenção para o risco que seu país corre. Tuvalu é formado por um conjunto de nove ilhas no pacífico e estando seu ponto mais alto a apenas cinco metros acima do nível do mar. Além de Tuvalu, Maldivas, Ilhas Marshall, Nauru e Kiribati também correm risco de desaparecer até 2100 conforme

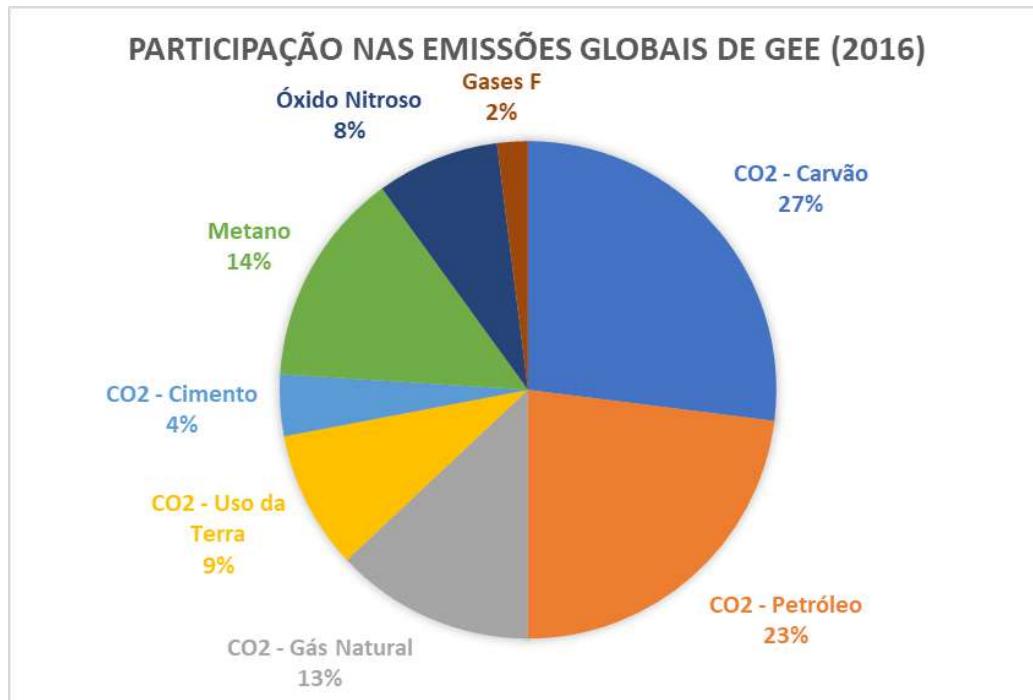
visão do IPCC (Matarazzo, 2024). Mas eles não são os únicos. A população global estimada exposta a inundações fluviais e costeiras deverá aumentar de 992 milhões em 2010 para 1,3 bilhões em 2050, com os ativos correspondentes aumentando de 46 trilhões de dólares para 158 trilhões de dólares. Os terrenos urbanos expostos a inundações aumentarão de 44.000 km² em 2010 para 72.000 km² em 2050, com os danos correspondentes aumentando de 27 trilhões de dólares para 80 trilhões de dólares nesse período (World Bank, 2016).

2. PRECIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA

É nesse cenário que a Política Ambiental aparece como ferramenta fundamental para auxiliar o poder público na elaboração de medidas que visem mitigar os efeitos negativos advindos deste processo. Entre as diversas medidas está a precificação das emissões de carbono advindas do processo produtivo, como forma de fazer com que o agente poluidor arque com os custos sociais oriundos de suas atividades econômicas. Essa responsabilização dos agentes privados pelo custo social da poluição gerada por eles é o que Lustosa e Young (2013) chamam de princípio do poluidor-pagador.

Vale citar que as emissões de CO₂ correspondem a três quartos do total de GEE. E aquelas advindas da combustão de combustíveis fósseis são responsáveis por uma parcela dominante (63%) e crescente das emissões globais de GEE e são as mais práticas de controle imediatamente (FMI, 2019).

Gráfico 01 — Participação nas emissões globais de GEE (2016)



Fonte: Le Quéré et al. (2018); e Tollefson, (2018 *apud* FMI, 2019). A categoria petróleo inclui a aviação internacional e as emissões marítimas. As emissões de metano provêm de indústrias extractivas, aterros sanitários e agricultura; o óxido nitroso é proveniente de processos agrícolas e industriais; e gases fluorados (F-) são usados em refrigerantes e aerossóis. “Uso da terra” refere-se às emissões líquidas de CO₂ provenientes de práticas florestais e agrícolas. CO₂ = dióxido de carbono.

Apesar de parecer um tema recente, a precificação do carbono já é discutida há cerca de meio século. Na década de 1970, William Nordhaus escreveu uma série de artigos visando

debater as relações entre as questões ambientais e o desenvolvimento econômico. Em um de seus trabalhos, Nordhaus (1977) já ponderava a precificação do carbono, na forma de uma taxa sobre o carbono, como um caminho de implementação de uma política global em um nível descentralizado voltada a controlar as emissões de CO₂ na atmosfera. Ele então calculou o custo da tonelada de carbono na forma de uma taxa progressiva projetada até o ano de 2100.

Segundo Bailey (2002, *apud* Niccoletti e Lefèvre, 2016) a precificação explícita, ou seja, aquela realizada por meio de tributos ou mecanismos de comércio de emissões (neste trabalho definido no termo em inglês *cap-and-trade*), resulta em maior custo-efetividade. Isso em função dela prover maior flexibilidade para que sejam atingidas as metas de mitigação.

A precificação de carbono pode se dar em dois modelos principais:

Cap-and-trade: Define-se o limite de emissão de CO₂ que cada empresa tem direito. Caso a empresa necessite exceder este limite, precisará comprar licenças de emissão de outras empresas. Estas licenças poderão ser negociadas em mercado e seu preço flutuará com a demanda.

Carbon Tax: Aplica-se uma taxa fixa por tonelada de CO₂ emitido por empresa. O montante da taxa pode variar de acordo com a indústria ou setor em questão, mas para uma mesma indústria, é fixa no tempo.

Apesar do termo mercado ter ficado mais associado ao sistema *cap-and-trade*, ambas são mecanismos de mercado. No *Carbon Tax*, o preço da emissão de uma tCO₂e é definido pelo órgão competente e, em seguida, o mercado define a quantidade de GEE emitida. No *Cap-and-trade*, cabe ao órgão regulador definir a quantidade a ser emitida (ou “teto” de emissões) para que o mercado defina o preço da tonelada (Niccoletti e Lefèvre, 2016).

Em qualquer dos casos, assumindo um padrão tecnológico dado, logo após a criação do imposto, haveria um custo adicional de produção que seria incorporado ao preço do produto ou serviço oferecido pela firma, o que elevaria seu preço de venda. Este processo deve ser especialmente intenso nos setores energético e de transportes. Com o tempo, as firmas podem ser impelidas a migrar para tecnologias menos intensivas em emissões de carbono, de modo a reduzir o impacto do imposto sobre seu produto ou serviço.

Em entrevista recente, o economista responsável pela área de economia ambiental do FMI, Ian Perry, declarou que a via do imposto representa:

“... um mecanismo assertivo, capaz de prover uma estimativa de preço de longo prazo, o que é importante para os investimentos em tecnologias desse tipo. Também gera receita aos governos, que podem investir na busca dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [compromissos ambientais da Organização das Nações Unidas] e permite a redução de outros impostos. Do ponto de vista técnico, é mais direto” (CAETANO, 2020).

Indo nesta linha, o FMI dedicou sua edição de outubro de 2019 da publicação Monitor Fiscal ao tema “Como mitigar as mudanças climáticas”. Nele, o órgão defende a criação de um imposto sobre carbono no valor de US\$ 75 por tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) emitido.

Porém, tal caminho possui seus custos. Segundo o IMF (2019), a aplicação de um imposto sobre carbono no valor de US\$ 75/tCO₂e levaria a um aumento de 53% na eletricidade e 20% na gasolina a preços projetados para 2030. No G20, a taxa de US\$ 75 elevaria o custo da energia em 43% e da gasolina em 14% nos países considerados (IMF, 2019). Já no caso do Brasil, segundo La Rovere (apud GANDRA, 2017), colocar uma taxa de US\$ 40 a tonelada de CO₂ equivaleria a aumentar em R\$ 0,20 o litro da gasolina, em R\$ 0,32 o litro do diesel, e aumentar o botijão de 13 quilos de gás em R\$ 5.

Por fim, vale salientar também a característica indexadora dos custos energéticos. Uma energia mais cara pode implicar na transmissão desse custo ao setor produtivo e, posteriormente, ao produto final, com impacto sobre a inflação e a competitividade dos itens de exportação nacionais. Outro impacto da precificação do carbono diz respeito à sua propensão a uma regressividade tributária. Segundo Marques et al (2020), a imposição de uma alíquota sobre carbono penalizaria os mais pobres, aumentando a desigualdade de renda no país. A elevação dos custos de produção dos bens tende a ser repassada aos preços finais dos produtos (FREMSTAD; PAUL, 2019, apud MARQUES et al, 2020), e os mais pobres em geral comprometem uma maior proporção de sua renda com o consumo. Essa maior penalização aos mais pobres foi demonstrada em trabalhos¹ do Centro de Pesquisa em Macroeconomia das Desigualdades (Made/USP).

¹ Para maiores detalhes ver Marques et al. (2020). No mesmo sentido, Fremstad e Paul (2019). Já o International Monetary Fund (2019) aponta em sentido diferente.

Desta forma, ao se entender como se dariam os impactos da criação de um imposto sobre carbono nos custos de um setor tão essencial, como o energético, seria possível fornecer informações para que os *policy makers* planejem melhor a aplicação do instrumento, de modo a buscar ações complementares que reduzam os impactos sobre a competitividade do país no comércio internacional e a regressividade sobre os mais pobres.

3. EXPERIÊNCIAS COMPARADAS DE POLÍTICAS DE PRECIFICAÇÃO DIRETA DE CARBONO

Os dados utilizados para a análise comparativa deste capítulo foram obtidos da base de dados do *Carbon Pricing Dashboard*, um painel online mantido pelo Banco Mundial, com o apoio de organizações e governos. O Painel fornece as informações mais recentes disponíveis sobre iniciativas de precificação direta de carbono existentes e emergentes – *Emissions Trading Systems* (ETS), *Carbon Taxes* e *Carbon Crediting* – em todo o mundo.

O presente trabalho está focado nas iniciativas ETSs e *Carbon Taxes*, para as quais foi feita a opção por manter suas nomenclaturas, ao longo do texto, na forma inglesa.

Os dados presentes no Painel do Banco Mundial sobre os ETSs são fornecidos pela *International Carbon Action Partnership* (ICAP), um fórum internacional para governos e autoridades públicas que implementaram ou planejam implementar sistemas de comércio de emissões (ETS). Já os dados de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de 2021 são provenientes do banco de dados comunitário de GEE EDGAR (*Emissions Database for Global Atmospheric Research*), versão 7 (2022), quando disponível, ou dos dados de emissões mais recentes de fontes oficiais para serem consistentes entre as jurisdições. Para os casos das jurisdições ao nível de províncias e territórios do Canadá e de estados dos EUA, são utilizadas fontes governamentais dos próprios países.

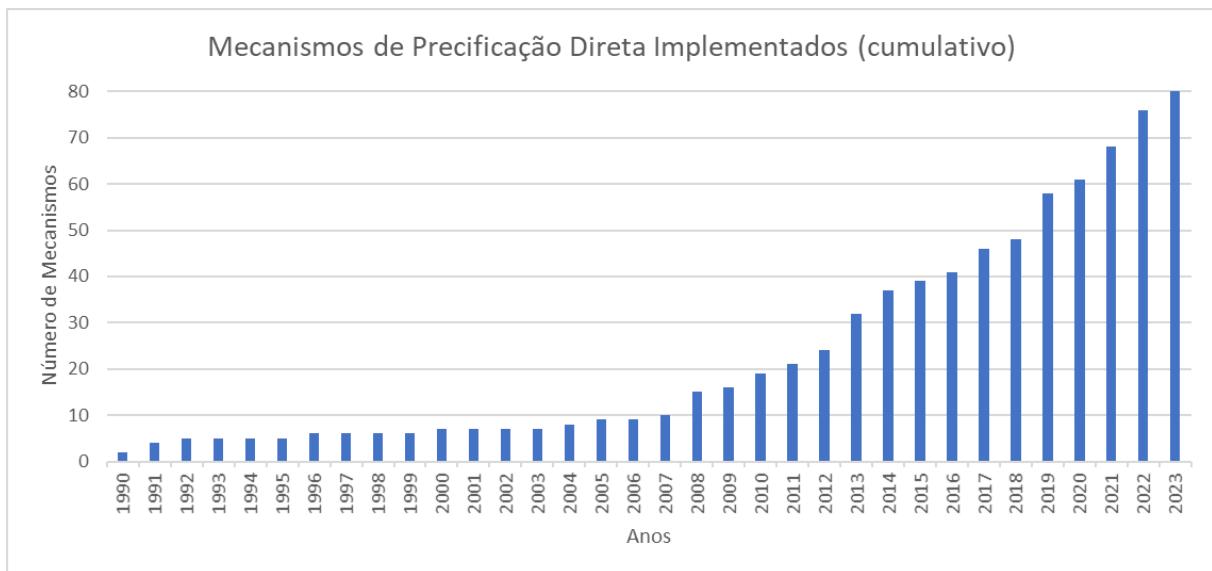
A última data de atualização dos dados presentes no *Dashboard* do Banco Mundial é de 1º de abril de 2023. Durante o tratamento dos dados para a análise de alguns fatores (preços, cobertura das emissões, seja em relação ao percentual das emissões globais cobertas, seja em relação aos setores sobre os quais a iniciativa se aplica, evolução histórica, entre outros), identificou-se a ausência de informações para algumas iniciativas. Tais situações são relatadas e explicadas ao longo do texto.

3.1 Das primeiras experiências à situação atual

A partir dos dados analisados, observa-se que as primeiras experiências concretas de precificação de carbono surgiram apenas no início da década de 1990, em sua maioria na Escandinávia (Gráfico 02). De 1990 a 2004, foram criadas 08 iniciativas de precificação de carbono, todas do tipo *Carbon Tax*. Em 2005, ano marcado pela entrada em vigor do Protocolo

de Kyoto (que havia sido assinado em 1997), surge a primeira experiência *cap-and-trade*, o *European Union Emissions Trading System* (EU ETS).

Gráfico 02 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono (*Carbon Tax* e ETS) implementados no acumulado ao longo dos anos



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Até então, todas as experiências de precificação de carbono existentes haviam sido desenhadas em nível nacional ou regional (abarcando um conjunto de países de uma determinada região). Mas em 2007 a Província de Alberta, no Canadá, inova com a implementação da *Alberta TIER*.

Até a realização da 21^a sessão anual da Conferência das Partes (COP 21), ocorrida entre novembro e dezembro de 2015, o montante de iniciativas de precificação de carbono (contando tanto imposto sobre carbono como os mecanismos de comércio de emissões) implementadas já chegava a 39, tanto de entes nacionais como subnacionais. Uma delas foi abolida em 2014 - a *Australia CPM*, um sistema de comércio de emissões de jurisdição nacional que havia sido implementado apenas dois anos antes.

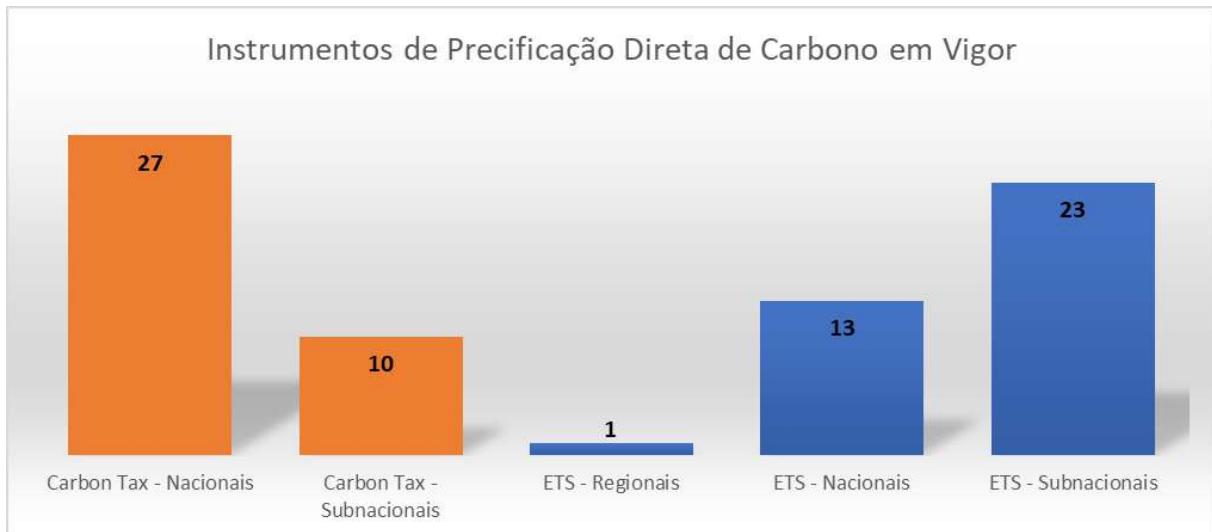
A COP 21 ficou marcada por ter sido a Conferência na qual foi selado o Acordo de Paris, um acordo considerado por muitos como um divisor de águas no que concerne aos compromissos da comunidade internacional com a questão climática. Quando observamos os dados (Gráfico 02), nota-se que nos anos que sucederam o Acordo de Paris até 1º de abril de 2023, data da última atualização da base de dados do *Carbon Pricing Dashboard*, ou seja, em apenas 07 anos e 03 meses, o número de iniciativas de precificação de carbono implementadas dobrou.

Todavia, neste período também houve a extinção² de 4 iniciativas, todas de jurisdição subnacional - *Ontario CaT* (2018), *Alberta Carbon Tax* (2019), *Baja California Carbon Tax* (2021) e *Tamaulipas Carbon Tax* (2023). É de se destacar que três delas foram extintas apenas um ano após sua implementação, e a quarta dois anos após sua implementação.

De 1990 a 2005, os mecanismos de *Carbon Tax* reinaram soberanos, quando só então surgiu o primeiro ETS. Nos pouco mais de 15 anos seguintes, prevaleceu a implementação de mecanismos ETSs, equilibrando o balanço geral. E como será demonstrado mais à frente, nos próximos anos, há a possibilidade de os ETSs passarem a ser dominantes como mecanismos de precificação de carbono no mundo.

Atualmente, de acordo com os dados presentes na plataforma *Carbon Pricing Dashboard*, existem ao todo 74 instrumentos de precificação de carbono em vigor no mundo (Gráfico 03). Destes, 37 são instrumentos de *Carbon Tax*, sendo 27 deles de jurisdição nacional e 10 de jurisdição subnacional. Quanto aos sistemas de comércio de emissões, o número total é também de 37 em vigor, mas aqui, com maior participação dos instrumentos de jurisdição subnacionais - 01 regional, 14 nacionais e 24 subnacionais.

Gráfico 03 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono implementados por tipo e jurisdição

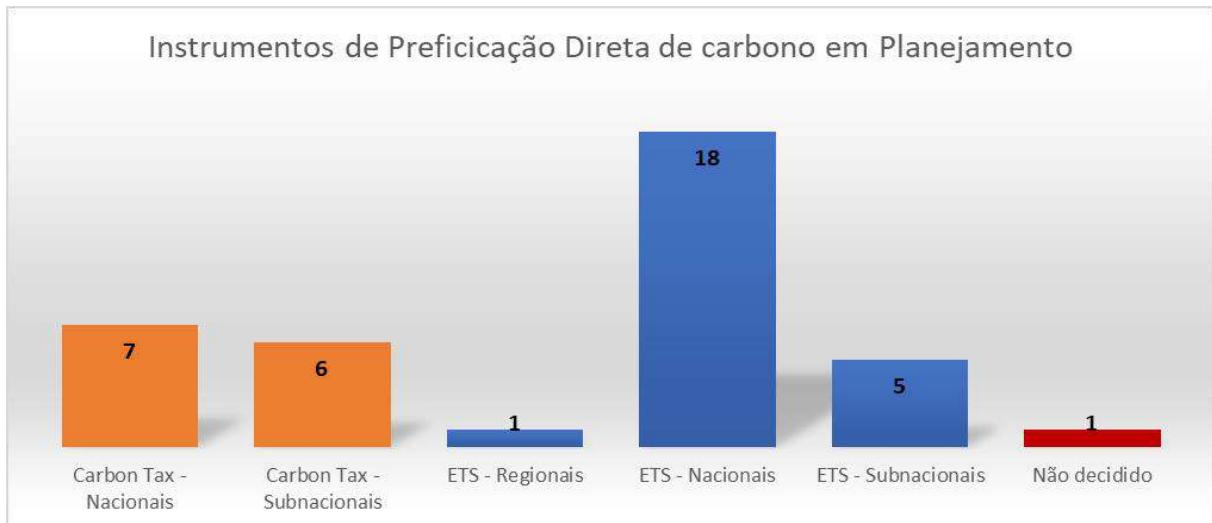


Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

² A base de dados encontra-se em inglês. Nela é utilizado o termo “Abolished”. Aqui, optou-se por traduzir como ‘extinto’. Segundo nota no site do Painel do Banco Mundial, um instrumento “Extinto” é aquele que anteriormente correspondia à definição de “Implementado”, mas que já não está em vigor.

Outros 38 mecanismos de precificação direta de carbono se encontram classificados como estando sob consideração ou desenvolvimento³. Conforme demonstra o gráfico 04, quase o dobro deles é do tipo ETS, sendo 01 regional, 18 nacionais e 5 subnacionais. Entre eles, encontra-se o Brasil, onde desde 2022 está sob consideração a implementação de um ETS de jurisdição nacional, tema que será melhor detalhado mais à frente. Quanto aos *Carbon Taxes*, 07 são nacionais e 06 são subnacionais. Um último, em Brunei, na Ásia, ainda não decidiu qual tipo de mecanismo de precificação será modelado (THE WORLD BANK, 2023).

Gráfico 04 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono em implementação



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Os mecanismos de precificação que a mais tempo encontram-se classificados como sob consideração e sob desenvolvimento datam de 2016, sendo eles o *Chile ETS*, *Thailand ETS*, *Turkiye ETS*, *Taiwan-China ETS*, *Colombia ETS*, *Japan ETS* e *Ukraine ETS*. À exceção do *Taiwan-China ETS*, todos os demais de jurisdição nacional.

Apesar do tempo relativamente longo no qual os projetos citados encontram-se em estudo sem uma definição acerca de sua implementação, o gráfico 05 demonstra que eles podem ser entendidos como pontos fora da curva, uma vez que quase dois terços dos projetos em estudo datam dos últimos três dos oito anos analisados.

³ Segundo nota no painel do Banco Mundial, os instrumentos de precificação de carbono são considerados: “Implementados” uma vez que tenham sido formalmente adotados por meio de legislação e as obrigações de conformidade estejam em vigor e executadas; “Em desenvolvimento” se o governo estiver a trabalhar ativamente para a implementação de um instrumento específico de precificação do carbono, um mandato pode ter sido estabelecido, mas as entidades reguladas ainda não enfrentam obrigações de conformidade, e isto foi formalmente confirmado por fontes oficiais do governo; ou “Em consideração” se o governo tiver anunciado a sua intenção de trabalhar para a implementação de um instrumento de precificação do carbono e isso tiver sido formalmente confirmado por fontes oficiais do governo.

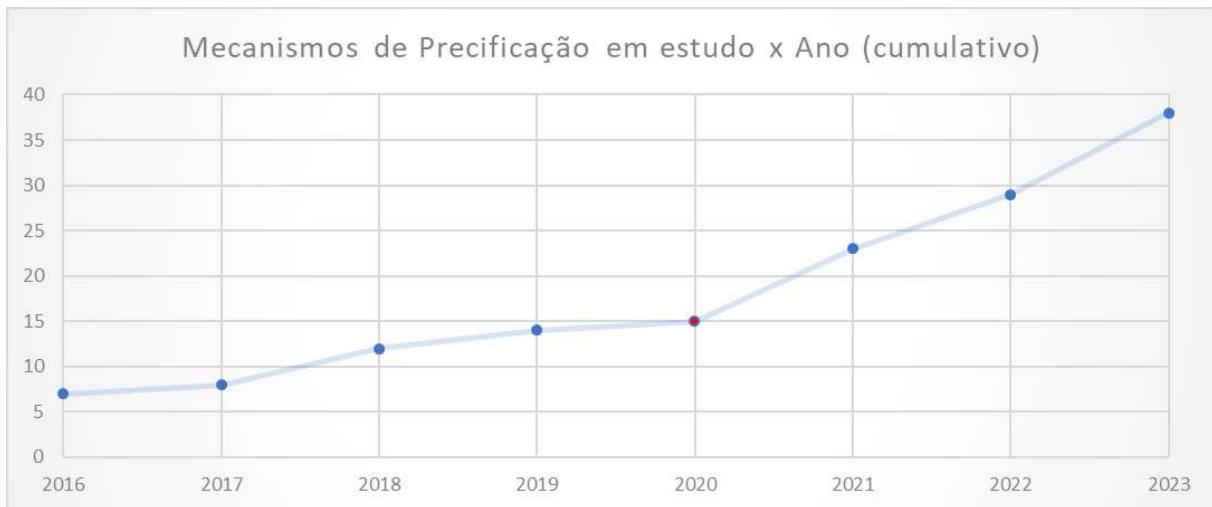
Gráfico 05 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono sob consideração ou sob desenvolvimento por ano no qual os estudos tiveram início



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Adicionalmente, o gráfico 06 demonstra a tendência de aumento no número de instrumentos que entraram nas categorias sob consideração ou em desenvolvimento após o ano de 2020.

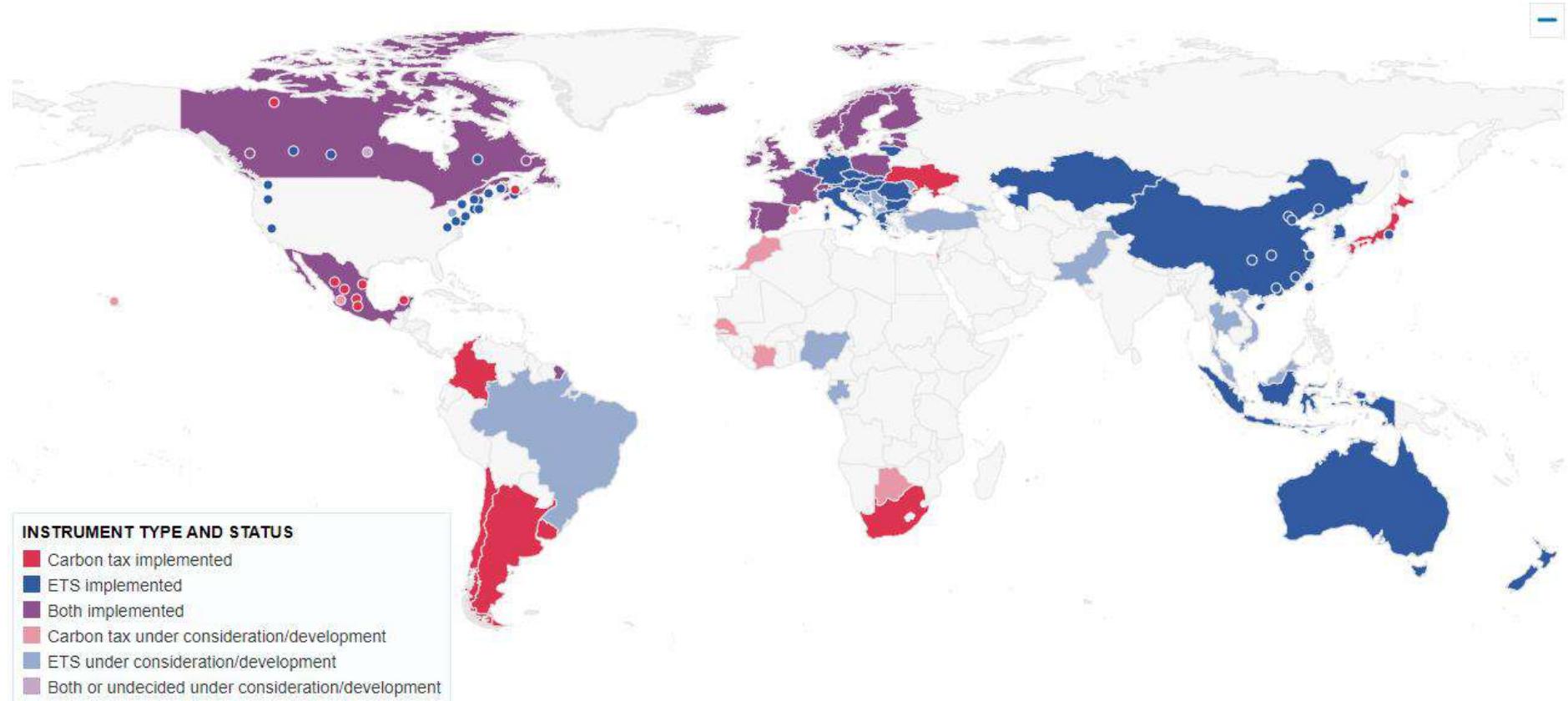
Gráfico 06 — Número de instrumentos de precificação direta de carbono sob consideração ou sob desenvolvimento por ano no qual os estudos tiveram início



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

A figura 01 é um exemplo de um mapa extraído da plataforma do Banco que contém todas as iniciativas de precificação de carbono no mundo e seu status atual. Como informado na metodologia, aqui foi utilizado o dado mais atualizado, de 2023. Desta forma, o mapa representa o contexto para aquele ano.

Figura 01 — Mapa mostrando as jurisdições com *Carbon Taxes* e ETSs implementados, sob consideração ou desenvolvimento, para o ano de 2023



Fonte: Baixado da ferramenta *Carbon Pricing Dashboard*, do Banco Mundial (2024).

Observa-se que na América do Sul, Central, África e Oriente Médio, os poucos países que já precificam carbono, o fazem por meio de *Carbon Tax*. No Brasil, Nigéria, Gabão e Turquia está apenas sob consideração a implementação de um ETS. Ademais, em nenhuma localidade destas regiões possui ou está analisando a implementação de mecanismos de precificação de jurisdição subnacional.

Por outro lado, o Canadá, os estados da costa leste e da região da Nova Inglaterra e Meio-Atlântico (Nova Iorque e estados vizinhos) dos EUA, boa parte da Europa, Japão, Austrália e Nova Zelândia já possuem algum mecanismo de precificação de carbono. Em alguns casos, em roxo na figura 01, possuem ambos.

Outro ponto que se observa no mapa é que a atuação de jurisdições subnacionais atuando na implementação de políticas de precificação de carbono está praticamente restrita à América do Norte e China. Na Europa, continente do globo com mais países com algum mecanismo de precificação de carbono vigente ou em estudo, a única indicação de um mecanismo subnacional é a *Catalonia Carbon Tax*, a qual se encontra classificada como sob consideração desde 2018.

3.2 Emissões cobertas

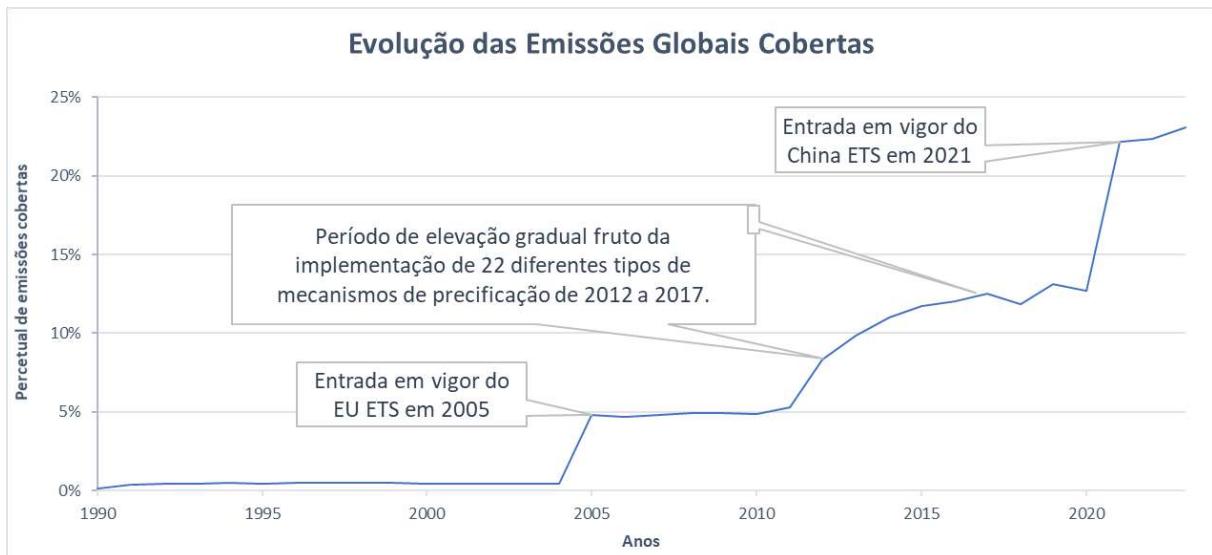
O gráfico 07 mostra a evolução das emissões globais cobertas desde a criação dos primeiros mecanismos de precificação em 1990⁴.

Se observa a existência de dois “saltos” bem marcados, o primeiro em 2005, quando entrou em vigor o *EU ETS*, e o segundo em 2021, muito provavelmente devido à entrada em vigor do *China National ETS*. Isto demonstra a importância destes dois mecanismos na transformação das condições de mercado quando de sua entrada em vigor. O *EU ETS* abrange o maior número de nações de renda média e alta, e *China National ETS* apesar de abranger um único país, este trata-se do maior emissor de CO₂, respondendo sozinho por quase 30% das emissões globais.

⁴ Na base de dados, não havia unidade de medida para os dados da aba “emissões de conformidade” de onde foram extraídas as informações para elaboração da gráfico 08. Todavia, como o objetivo é o de mostrar a evolução ao longo dos anos na cobertura, tal ausência de informação não compromete a análise.

Já no período de 2012 a 2017 há uma elevação gradual na cobertura, fruto da implementação de algumas dezenas de instrumentos de precificação em vários entes nacionais e subnacionais.

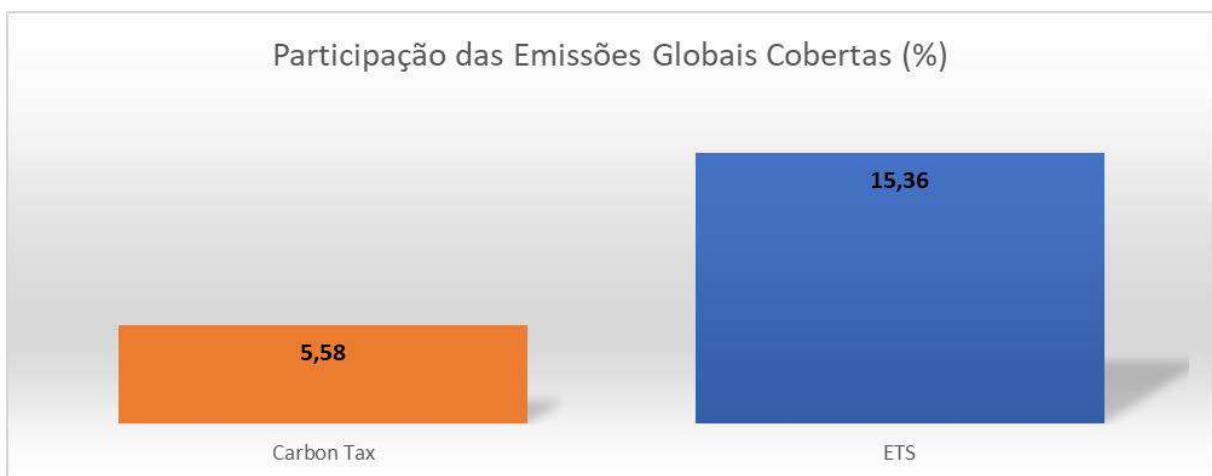
Gráfico 07 — Evolução do percentual de emissões cobertas desde a criação dos primeiros mecanismos de precificação direta de carbono



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Apesar da equivalência quanto ao número de instrumentos de *Carbon Tax* e de ETS, quando se cruza dos dados da participação das emissões globais que estão cobertas por algum mecanismo de precificação com o tipo de instrumento, o resultado encontrado é que os ETS implementados cobrem quase três vezes mais emissões do que o *Carbon Tax* (Gráfico 08).

Gráfico 08 — Percentual das emissões globais cobertas por mecanismos de precificação direta de carbono por tipo de mecanismo (*Carbon Tax* e ETS)



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Este resultado é fruto, em grande parte, da *China National ETS*, que cobre 8,92% das emissões globais de gases de CO₂. O *China National ETS* é de longe o que apresenta a maior cobertura de emissões de todos. O segundo é o *Japan Carbon Tax*, com 1,72% das emissões globais cobertas. E o terceiro é o *Korea ETS*, que cobre 1,01% das emissões globais. Todos os demais mecanismos cobrem menos de 1% das emissões globais.

O *China National ETS* foi implementado em 2021. Sua aplicação se dá apenas sobre emissões de CO₂ do setor energético, incluindo a produção combinada de calor e eletricidade e centrais elétricas cativas de outros setores. Ademais, não estão incluídas as entidades que emitem menos de 26.000 tCO₂ anualmente. Tais fatos demonstram o quanto a matriz energética chinesa é emissora de carbono. A projeção é que o mercado nacional cubra mais de quatro bilhões de MtCO₂ (4×10^{15} tCO₂).

Quatro instrumentos - *Durango Carbon Tax*, *RGGI*, *Australia Safeguard Mechanism* e *Montenegro ETS* - não possuíam dados disponíveis na base do *Carbon Pricing Dashboard*. Com exceção do *RGGI*, os demais foram implementados em 2022/2023, o que pode explicar os dados ainda estarem indisponíveis, dado que a última atualização, como mencionado na metodologia, foi em 1 de abril de 2023.

3.3 Preços

Uma parte fundamental no debate sobre a precificação do CO₂ é a determinação de um valor para as emissões, medidas como tonelada de CO₂ equivalente. Ainda em 1977, Nordhaus apontou para uma taxa progressiva ao longo do tempo. A partir de sua proposta, o preço da tonelada de CO₂ começaria a valores bem baixos, US\$ 0,17/ton em 1980, e iria subindo para US\$ 1,02/ton em 2000, US\$ 8,04/ton em 2020, US\$ 67,90/ton em 2040 e chegando a US\$ 87,15/ton em 2100, todos, a preços de 1975.

Os trabalhos mais recentes apontam para valores bem superiores. Em 2013, a administração do então presidente Barack Obama estimou o Custo Social do Carbono em US\$ 37 por tonelada de CO₂ (SHELANSKI, 2013). Moore e Diaz (2015) apontaram que este valor estaria subestimado. Para isso, partiram de uma versão amplamente utilizada do *Integrated Assessment Model* (IAM), um modelo computacional utilizado para calcular o impacto econômico das mudanças climáticas e incluíram algumas adaptações para que o modelo levasse em conta resultados empíricos que apontam que as mudanças climáticas podem ter efeitos sobre

o crescimento econômico para além do ano da análise (THAN, 2015). A partir do novo modelo - *Dynamic Integrated Climate-Economy* (DICE) – uma versão mais ampla do IAM, os autores encontraram que uma tonelada adicional de CO₂ emitida em 2015 pode reduzir o bem-estar social líquido em até US\$ 220 (MOORE e DIAS, 2015).

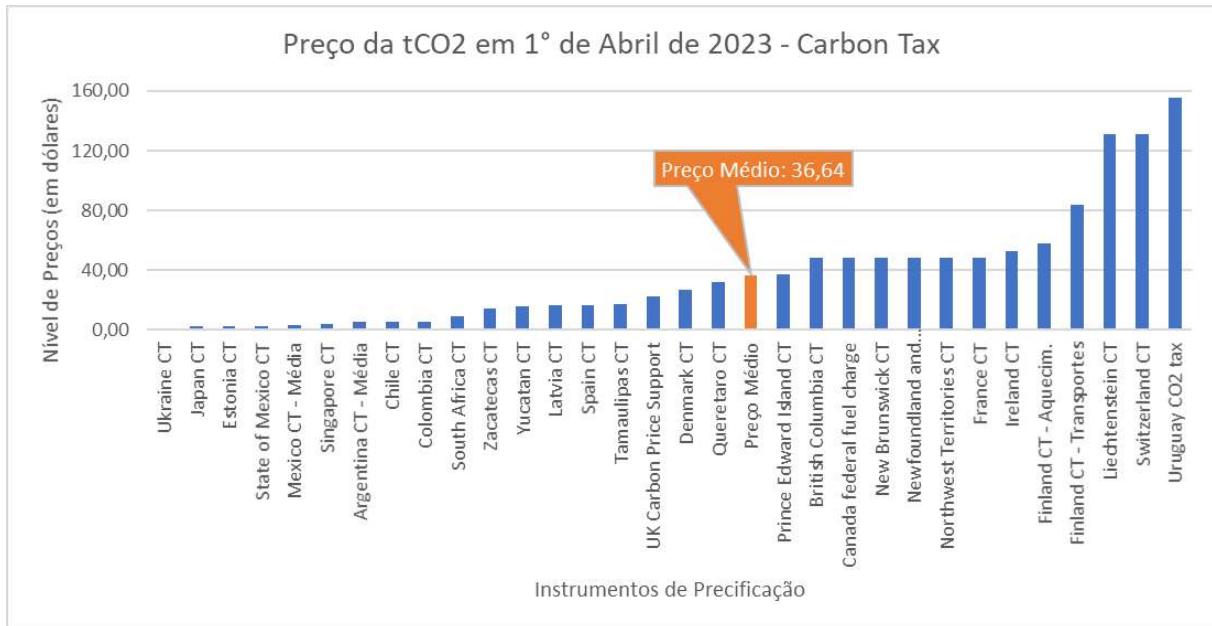
Em 2019, o Fundo Monetário Internacional (FMI) publicou um estudo onde propôs a criação de uma taxa de US\$ 75/ton de CO₂ como meio de atingir as metas do Acordo de Paris (MONITOR FISCAL, 2019). Após a publicação do relatório, alguns economistas taxaram o valor proposto como insuficiente. Em entrevista ao *The Washington Post*, Kenneth Gillingham, professor da Universidade de Yale e ex-membro do Conselho de Consultores Econômicos do governo Obama disse que esperava um valor próximo a US\$ 100 por tonelada, enquanto Nordhaus foi ainda mais longe e apontou que uma taxa sobre carbono de US\$ 300 ou mais poderia ser necessária (MOONEY; FREEDMAN, 2019).

Na base de dados da plataforma *Carbon Pricing Dashboard*, do Banco Mundial, 11 das 74 iniciativas de precificação de carbono implementadas não contam com informação acerca do nível de preços definido para a tonelada de carbono equivalente (tCO₂e). A *Tamaulipas Carbon Tax*, implementada em 2022, sofreu uma derrota judicial em 2023, com a determinação de sua extinção. Todavia, constava na base de dados o preço indicado para 2023. Desta forma, optou-se por mantê-la na análise. Duas iniciativas foram implementadas recentemente prevendo fases distintas, na qual a primeira fase previa a distribuição sem ônus das licenças e/ou sem impacto econômico às entidades reguladas, sendo o descumprimento das metas punido por mecanismos não financeiros. Desta forma, para a análise de preços, e considerando estas iniciativas ainda estarem em uma fase de transição, optou-se pela exclusão delas desta análise. Três iniciativas de *Carbon Tax* possuem diferentes níveis de preços, de acordo com o tipo de combustível a ser taxado. Em duas delas - *Argentina Carbon Tax* e *Mexico Carbon Tax* - a quantidade de níveis é expressiva (10 e 11 respectivamente), mas os preços estão em patamares nominalmente similares. Assim, optou-se por calcular o preço médio praticado, por meio de uma média aritmética simples, e utilizar apenas este resultado na análise. Já com relação ao terceiro - *Finland Carbon Tax* - são apenas dois níveis, mas estes se encontram em patamares de preços consideravelmente distintos. Desta forma, optou-se por manter os dois níveis separadamente na análise. Por fim, entendeu-se mais apropriado fazer a comparação dos *Carbon Taxes* em separado dos ETSs. Para facilitar a visualização, os mecanismos foram ordenados do menor preço ao maior, tomando-se em conta o ano de 2023, e foi calculado o

preço médio por meio de uma média aritmética simples, o qual também foi incluído na ordenação para plotagem nos gráficos.

O gráfico 09 apresenta os dados para 30 diferentes mecanismos de precificação (em azul) do tipo *Carbon Tax*⁵.

Gráfico 09 — Preços praticados nas iniciativas de *Carbon Taxes* no ano de 2023 e preço médio do conjunto



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

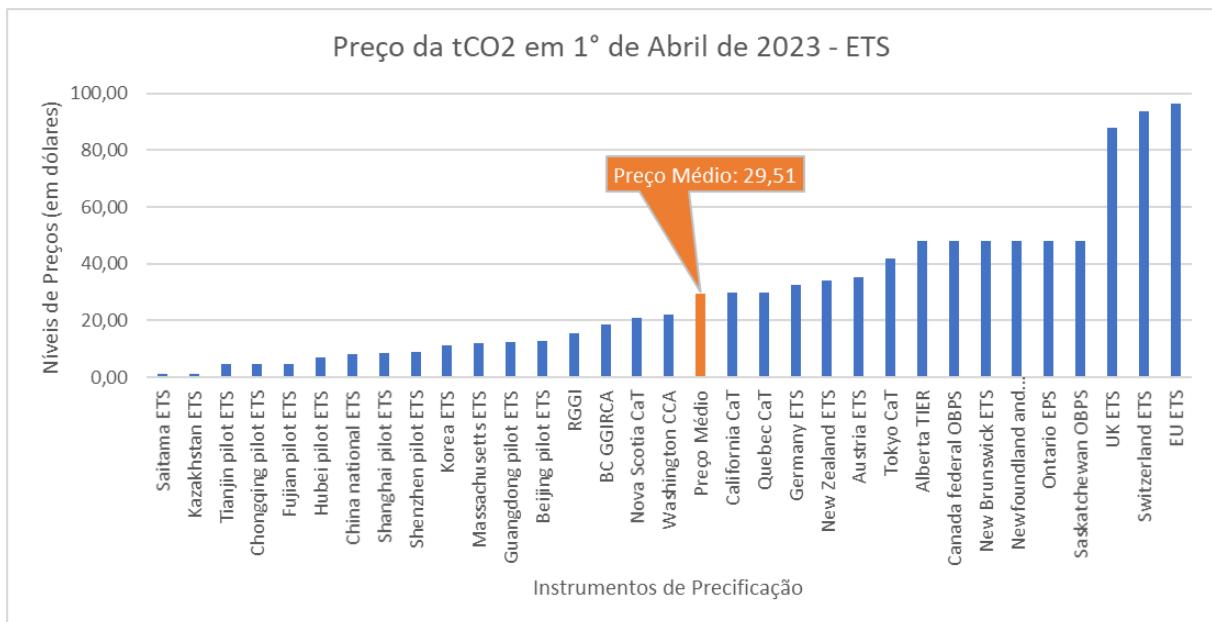
Observa-se que há uma grande variação de preços praticados, com o menor valor (*Ukraine CT*) iniciando em US\$ 0,82 e o maior (*Uruguay CO2 tax*) chegando a US\$ 155,87. Ou seja, uma diferença de 190 vezes. O preço médio (em laranja) fica em pouco menos da metade do valor que o FMI defende como o necessário para atingir as metas do Acordo de Paris, US\$ 36,64. A mediana encontra-se em patamar ainda mais baixo, sendo representada na amostra pela *UK Carbon Price Support*, com o valor de US\$ 22,28. Dos 31 dados analisados, apenas quatro - *Finland CT - Transportes* (US\$ 83,74), *Liechtenstein CT* (US\$ 130,81), *Switzerland CT* (US\$ 130,81) e *Uruguay CO2 tax* (US\$ 155,87) - estão acima do patamar de US\$ 75 defendido pelo FMI.

No caso dos preços da tCO₂e praticados nos ETS, a situação não é melhor (Gráfico 10). A análise conta com os preços de 32 diferentes mecanismos. O menor preço (*Saitama ETS*) situa-se em US\$ 1,08, enquanto o maior (*EU ETS*) está em US\$ 96,30. Se, por um lado, observa-

⁵ A *Finland CT* aparece duas vezes, uma para aquecimento e outra para transportes.

se uma menor dispersão (a razão entre os preços extremos é de 95 vezes), por outro, o preço médio (US\$ 29,51) e a mediana (US\$ 21,53) são menores do que aqueles praticados nos mecanismos de *Carbon Tax*. Por fim, apenas três ETSs - *UK ETS* (US\$ 88,13), *Switzerland ETS* (US\$ 93,81) e *EU ETS* (US\$ 96,30) - estão praticando preços acima do patamar defendido pelo FMI.

Gráfico 10 — Preços praticados nas iniciativas de ETSs no ano de 2023 e preço médio do conjunto de dados



Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

A figura 02 apresenta uma tabela com a evolução dos preços da tonelada de CO₂ dos instrumentos de *Carbon Taxes*. Como o objetivo desta análise era identificar a forma como evoluíram os preços, foram excluídos da análise os *Carbon Tax* que não possuíam quatro ou mais dados (isso inclui tanto os implementados em 2021 a 2023 como outros que tenham sido criados antes, mas tenham tido duração curta). Ademais, foram selecionados os dados para cada três anos ao longo do período de 2005 a 2023. Também foi calculada a taxa de mudança como a razão entre o preço mais recente e o preço mais antigo especificado no intervalo selecionado. Por fim, foi incluído um minigráfico na coluna de movimento no período que expressa a variação de preços no período selecionado para cada instrumento.

Como se observa, os *Carbon Tax* que em 2023 possuíam preço mais elevado, quando foram implementados com preços bem inferiores, na faixa dos US\$ 20 ou menos, e foram sendo elevados ao longo dos anos. O mecanismo suíço e o de Liechtenstein são os exemplos mais extremos disto. Tendo iniciado em 2008 na faixa dos US\$ 12, em 2023 já tinham valor mais de 10 vezes superior. Tal evolução fica bem evidente no minigráfico com inclinação ascendente

na coluna de movimento do período. A *Carbon Tax* finlandesa (tanto a incidente sobre transporte como a incidente sobre aquecimento foram precificadas ao mesmo montante até 2010) e o francês apresentam um comportamento semelhante - iniciam a preço mais baixo, passam por uma fase de intensa elevação e depois estagnam (em diferentes patamares), sendo perceptível até uma leve queda no preço. Também chama atenção que a estagnação ocorreu mais ou menos no mesmo período, por volta de 2017-2018.

Figura 02 — Preços da tonelada de CO₂ nos mecanismos de *Carbon Taxes* para anos selecionados.

Instrumentos <i>Carbon Taxes</i>	2005	2008	2011	2014	2017	2020	2023	Taxa de Mudança	Movimento no período
Liechtenstein CT		11,91	39,01	40,76	83,92	99,44	130,81	10,98	
Switzerland CT		11,91	39,01	67,94	83,92	99,44	130,81	10,98	
Finland CT - Transporte	13,92	12,65	35,35	42,05	62,01	84,21	83,74	6,02	
Finland CT - Aquecim.	13,92	12,65	21,21	25,38	66,28	57,96	57,64	4,14	
Ireland Ct			21,21	27,57	21,38	28,43	52,74	2,49	
France CT				9,65	32,61	48,77	48,50	5,03	
Northwest Territor. CT						14,07	48,03	3,41	
Canada federal fuel ch.						21,10	48,03	2,28	
Prince Edward Isl. CT						21,10	36,95	1,75	
Denmark CT	15,65	31,50	30,00	30,82	24,78	25,93	26,53	1,70	
UK Carbon Price Supp.					15,89	22,41	22,28	1,40	
Latvia CT	0,55	0,22	1,29	3,93	4,81	9,84	16,31	29,66	
Spain CT				27,57	24,80	16,40	16,31	0,59	
Zacatecas Ct					12,60	11,80	13,86	1,10	
South Africa CT						7,06	8,93	1,26	
Colombia CT						5,21	4,24	5,06	
Chile CT						5,00	5,00	1,00	
Singapore CT							3,51	3,77	
Mexico CT - média						2,06	1,82	2,71	
Estonia CT	0,93	2,34	2,82	2,75	2,14	2,19	2,18	2,34	
Japan CT					1,84	2,58	2,69	2,17	
Ukraine Ct				0,02	0,02	0,01	0,38	0,82	
Slovenia CT	16,21	19,57	17,67	19,85	18,50	18,92		1,17	

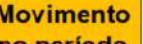
Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Contudo, apesar dos exemplos anteriores que demonstram expressivas taxas de mudança (elevação) na faixa de preços ao longo dos anos, cerca de metade dos instrumentos apresentam taxas de mudança inferiores a dois, ou seja, seus preços se mantiveram praticamente constantes, e baixos, ao longo dos anos. É possível observar que tais casos se concentram na porção inferior da tabela, ou seja, aqueles mecanismos que em 2023 apresentavam preços mais

elevados iniciaram em patamares muito inferiores e foram gradativamente sendo elevados. Ainda sobre a taxa de mudança, observa-se que dois casos destoam muito dos demais - *Ukraine CT* e *Latvia CT*. Isto se deve por eles terem iniciado em patamares muito baixos de preços, na faixa de centavos de dólar. Assim, mesmo tendo passado por grandes taxas de elevação em termos percentuais, seus valores nominais em 2023 ainda estão baixos, com o preço da *Ukraine CT* não tendo atingido ainda nem mesmo um dólar. Por fim, alguns mecanismos apresentaram taxa de mudança inferior a um, ou seja, seus preços reduziram ao longo dos anos, caso do *Colombia CT* e, especialmente, do *Spain CT*.

Por fim, com relação aos preços nos mecanismos ETSs, foram adotadas premissas similares àquelas para o *Carbon Tax* para elaboração da tabela da figura 03. Os mecanismos com menos de quatro dados foram excluídos, assim como países onde tenha havido forte desvalorização monetária, uma vez que nestes casos, a queda no valor das emissões em dólares está em grande parte associado a desvalorização da moeda. O intervalo de análise se inicia em 2005, ano de implementação do primeiro ETS, e foram coletados dados a cada três anos, até o ano de 2023. Os mecanismos são apresentados com ordenação decrescente dos preços para o ano de 2023.

Figura 03 — Preços da tonelada de CO₂ nos mecanismos de *ETS* para anos selecionados.

Instrumentos ETS	2005	2008	2011	2014	2017	2020	2023	Taxa de Mudança	Movimento no período
EU ETS	19,04	34,48	23,75	6,75	5,64	18,54	96,30	5,06	
Switzerland ETS			19,50	45,57	6,95	19,85	93,81	4,81	
Alberta TIER		14,60	15,57	13,60	22,54	21,10	48,03	3,29	
New Zealand ETS			15,37	2,68	12,51	14,30	34,20	2,23	
California CaT				11,69	15,08	15,30	29,84	2,55	
Quebec CaT				11,69	15,08	21,75	29,84	2,55	
RGGI	3,38	2,08	3,93	3,94	5,13	15,39	4,55		
Beijing pilot ETS				8,51	7,40	12,20	12,96	1,52	
Guangdong pilot ETS				10,08	1,88	4,13	12,34	1,22	
Korea ETS					18,23	32,79	11,24	0,62	
Shenzhen pilot ETS				12,99	5,36	2,38	8,77	0,68	
Shanghai pilot ETS				6,42	4,57	5,07	8,72	1,36	
Hubei pilot ETS				3,41	1,78	3,57	6,96	2,04	
Chongqing pilot ETS				4,99	0,22	5,31	4,66	0,93	
Fujian pilot ETS					5,18	1,28	4,66	0,90	
Tianjin pilot ETS				5,69	1,23	2,82	4,60	0,81	

Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

No caso dos ETSs observa-se que alguns mecanismos passaram por intensas volatilidades. O *EU ETS* é bem característico disto. Tendo iniciado na faixa dos US\$ 20, foi a US\$ 34 em 2008, depois caiu a valores na casa dos 5-6 dólares (entre 2014-2017) e voltou a subir para a faixa dos US\$ 20, quando a partir do pós-pandemia viu seu preço disparar vertiginosamente. O ETS da Suíça também demonstrou movimentos similares, com redução do preço, posterior recuperação e, mais recentemente, uma disparada.

Outros ETSs também demonstram uma elevação marcante de seus preços de 2020 em diante. Mas para cerca de metade dos instrumentos, os dados registram estabilidade ao longo dos anos, com taxa de mudança inferior a dois. Em cerca de um terço dos casos, o valor diminuiu ao longo dos anos.

Entre os que registram maiores taxas de mudança, ou seja, quatro vezes ou mais, se observa nos dados e nos minigráficos a magnitude do movimento de elevação está concentrado nos anos mais recentes - pós-2020 - dos dados, fato compartilhado por outros mecanismos.

3.4 Gases e setores cobertos

O setor e/ou tipo de combustível coberto pela *Carbon Tax* pode variar de iniciativa para iniciativa. Para esta análise, foram incluídas as iniciativas já abolidas. Das 41 iniciativas de *Carbon Tax* já implementadas, 08 não dispunham de dados dos setores sobre os quais incidem. Por isso, foram excluídas da análise.

Para os ETSs a situação é similar, o setor e/ou tipo de combustível coberto também pode variar de iniciativa para iniciativa. Da mesma forma, nesta análise foram incluídas as iniciativas já abolidas. Das 39 iniciativas de ETSs já implementadas, 03 não dispunham de dados dos setores sobre os quais incidem. Por isso, foram igualmente excluídas da análise.

Ademais, os instrumentos de precificação foram organizados em ordem crescente com relação ao ano de implementação. Os dados continham informação acerca da cobertura dos mecanismos sobre dez setores, os quais estão discriminados na figura 4.

A figura 05 apresenta os resultados. Os setores 01 e 02 são os que aparecem cobertos por quase a totalidade das iniciativas implementadas. No que se refere a estes setores, a geração de eletricidade, especialmente em países onde a matriz energética comporte uma alta participação de combustíveis fósseis, apresenta considerável potencial de redução de emissões

por meio da substituição de tecnologias e processos produtivos mais emissores por outros menos emissores. E, diferente de alguns setores onde a tecnologia e processo produtivo ainda não estão maduros, no caso da eletricidade já há boa maturidade da tecnologia e dos processos produtivos menos emissores. Vale salientar que a mudança de processo produtivo não precisa ocorrer necessariamente de combustíveis fósseis para não fósseis. É possível obter reduções nas emissões de carbono por meio de mudança de processo produtivo entre fontes fósseis, por exemplo, pela troca de uma termelétrica a carvão por uma a óleo. Ou uma a óleo por uma a gás natural. Esse elevado potencial de redução de emissões que o setor de geração de eletricidade apresenta pode estar no cerne do porquê este setor é um dos que apresenta maior cobertura por instrumentos de precificação.

Figura 04 — Classificação dos setores analisados na base de dados do *Carbon Pricing Dashboard*

Setores analisados na base do Carbon Princing Dashboard	
01	Eletricidade e Aquecimento
02	Indústria
03	Mineração e extrativismo
04	Transporte
05	Aviação
06	Construção
07	Uso de combustível na agricultura, silvicultura e pesca
08	Emissões Agrícolas
09	Resíduos (waste)
10	Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF)

Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

Já o setor da indústria trata-se de um setor extremamente heterogêneo. Há uma infinidade de tipos de indústrias, utilizando muitos diferentes tipos de tecnologias e executando uma gama de processos produtivos. Algumas indústrias podem apresentar baixo potencial de redução de emissões de carbono por já utilizarem tecnologias e processos produtivos pouco emissores. Mas, certamente, diversas outras indústrias apresentam alto potencial de redução, o que explica a também elevada cobertura por instrumentos de precificação. No desenho de cada mecanismo, o ente nacional ou subnacional deve modelá-lo de modo a se adequar ao perfil da indústria sob sua jurisdição.

Figura 05 — Gases e Setores cobertos pelas iniciativas de precificação dos tipos Carbon Taxes (à esquerda) e ETSs (à direita)

Instrumento Carbon Tax	Ano de Início	Gases Cobertos	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		Instrumento ETS	Ano de Início	Gases Cobertos	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Finland CT	1990	CO2	✗	✓	?	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗		EU ETS	2005	CO2, N2O, PFCs	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	
Poland CT	1990	Todos	?	?	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗		Alberta TIER	2007	Todos	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Norway carbon tax	1991	CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs	?	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✗	?	✗	Switzerland ETS	2008	Todos	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Sweden CT	1991	CO2	?	?	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		New Zealand ETS	2008	Todos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Denmark CT	1992	Todos	✓	?	✗	✓	✓	?	✓	✓	✗	✗		RGGI	2009	CO2	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Estonia CT	2000	CO2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Tokyo CaT	2010	CO2	?	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
Latvia CT	2004	CO2	?	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Saitama ETS	2011	CO2	?	✓	?	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
Switzerland CT	2008	CO2	?	✓	?	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗		California CaT	2012	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	
British Columb. CT	2008	CO2, CH4, N2O, HFCs, SF6, PFCs	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗		Quebec CaT	2013	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
Liechtenstein CT	2008	CO2	?	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗		Kazakhstan ETS	2013	CO2	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Iceland CT	2010	CO2, HFCs, PFCs	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Shenzhen pilot ETS	2013	CO2	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	
Ireland CT	2010	CO2	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Shanghai pilot ETS	2013	CO2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	
Ukraine CT	2011	CO2	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗		Beijing pilot ETS	2013	CO2	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	
Japan CT	2012	Todos	✓	✓	?	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Guangdong pilot ETS	2013	CO2	?	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	
UK Carbon Price	2013	CO2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Tianjin pilot ETS	2013	CO2	?	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
France CT	2014	CO2	✗	?	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Hubei pilot ETS	2014	CO2	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
Mexico CT	2014	CO2	✓	✓	?	?	?	✓	✓	✓	?	✗		Chongqing pilot ETS	2014	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Spain CT	2014	HFCs, PFCs, SF6	✗	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Korea ETS	2015	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	?	✓	✗	✗	✗	
Portugal CT	2015	CO2	✓	?	✗	✓	✓	?	✓	✓	✗	✗		Fujian pilot ETS	2016	CO2	?	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Chile CT	2017	CO2	✓	✓	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Massachusetts ETS	2018	CO2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Colombia CT	2017	Todos	?	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗		Canada federal OBPS	2019	Todos	?	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Zacatecas CT	2017	Todos	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Newf. and Lab. PSS	2019	Todos	✓	✓	✓	✓	?	✗	✗	✗	✗	✗	
Argentina CT	2018	Todos	?	✓	?	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Nova Scotia CaT	2019	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	
South Africa CT	2019	Todos	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	✗		Saskatchewan OBPS	2019	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Singapore CT	2019	Todos	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		Mexico pilot ETS	2020	CO2	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
N. Territor. CT	2019	CO2	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		China national ETS	2021	CO2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
P. Edward Isl. CT	2019	Todos	✓	✓	?	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗		Oregon ETS	2021	Todos	?	✓	?	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	
Canada FF charge	2019	Todos	?	?	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		New Brunswick ETS	2021	Todos	✓	✓	✓	✓	?	✗	✗	✗	✗	✗	
Baja California CT	2020	S/ Informação	✓	✓	?	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗		Germany ETS	2021	CO2	?	?	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	
Netherlands CT	2021	CO2, N2O	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	?	✗		UK ETS	2021	CO2, N2O, PFCs	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Luxembourg CT	2021	CO2	✗	?	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗		Ontario EPS	2022	Todos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Uruguay CO2 tax	2022	Todos	?	?	✗	✓	✓	✗	✗	✗	?	✗		Montenegro ETS	2022	CO2	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	
Tamaulipas CT	2022	S/ Informação	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗		Austria ETS	2022	Todos	?	?	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	

✓ Sim

? Em princípio

✗ Não

Fonte: Elaboração pelo autor (2024)

No extremo oposto, os setores 8 a 10 passam quase que inteiramente à margem das iniciativas de todas as precificações existentes. Estes resultados são observados tanto para os instrumentos *Carbon Tax* como para os ETSs. Os setores relacionados às Emissões Agrícolas e ao Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF) são setores que muitas vezes estão sob o abrigo de políticas de comando e controle.

Tais setores são objeto de políticas de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD), e aqueles que também incluem atividades de conservação, manejo sustentável das florestas e aumento de seus estoques em países em desenvolvimento (REDD+). Estes mecanismos permitem remunerar aqueles que preservam as florestas e promovem ações voltadas à recuperação ambiental, além da geração de créditos de carbono que, posteriormente, podem ser comercializados. O fato de já haver esta cobertura por mecanismos comando e controle pode explicar a ausência, até o momento, de políticas de precificação de carbono sobre estes setores.

Quanto aos demais setores, observa-se uma clara diferença de tratamento entre mecanismos *Carbon Tax* e ETS no setor 03 (Mineração e extrativismo), o qual está coberto por muitas iniciativas de ETSs, mas no caso dos *Carbon Tax*, aparecem em um número marcadamente menor de iniciativas. O Brasil é um importante player no que se refere a atividade extractiva mineral, assim um olhar mais aprofundado no porquê os países que já implementaram políticas de precificação sobre este setor priorizam fazê-lo via instrumentos ETSs será útil na formulação de uma precificação nacional das emissões deste setor. Como será discutido mais adiante, a reforma tributária aprovada ao final de 2023 pelo Congresso Nacional impõe limites à precificação das emissões de carbono deste setor via *Carbon Taxes*.

A diferença apresentada para o setor 03 também é perceptível nos setores 04 (Transporte), 06 (Construção) e 07 (Uso de combustível na agricultura, silvicultura e pesca), mas neste caso com estes setores sendo precificados de modo mais acentuado via instrumentos *Carbon Tax*.

Por fim, o setor 05 (Aviação) também é precificado em mais instrumentos *Carbon Tax* do que ETS, mas com uma diferença bem pequena.

A ordenação das iniciativas em função do ano de implementação visava identificar se havia tendências claras da amplitude de setores cobertos de acordo com o tempo decorrido

desde a implementação do mecanismo. O que a figura 05 demonstra a este respeito, a princípio, é a ausência de correlação entre quantidade de setores cobertos e o fator tempo.

Por fim, com relação aos gases de efeito estufa cobertos pelas iniciativas, quase metade delas preveem a cobertura apenas dos gases de CO₂. De modo muito semelhante, quase metade preveem a cobertura de todos os GEE. E o restante cobre o CO₂ mais alguns outros GEE, como HFCs, N₂O, PFCs, CH₄ e outros. Em três casos não havia informações. A proporção de iniciativas que cobrem todos os GEEs é mais expressiva nos instrumentos ETSs (cerca de 45%) do que nos *Carbon Tax* (33%).

4. INSIGHTS SOBRE A PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NO BRASIL

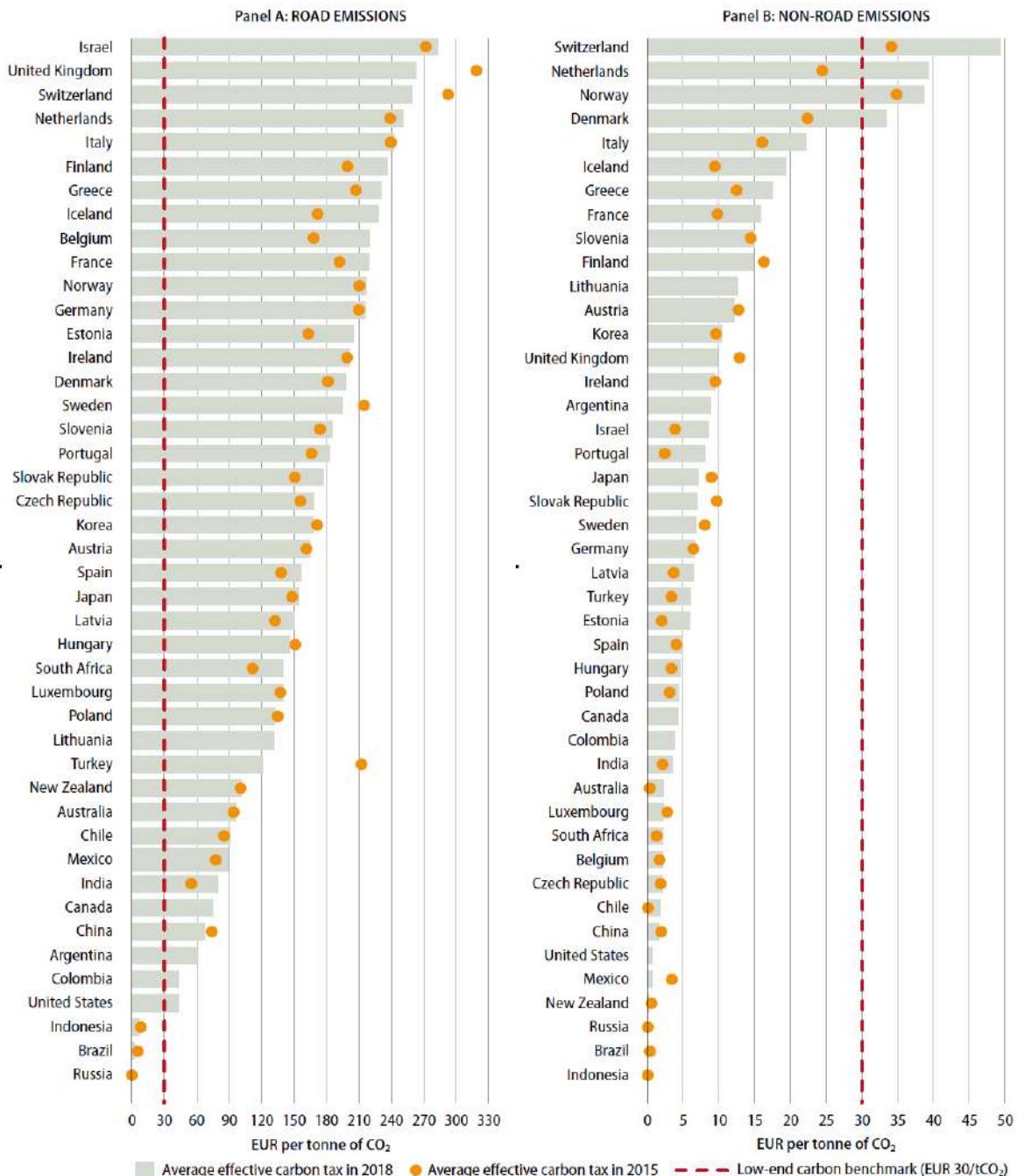
Como apontado anteriormente, o Brasil compõe o grupo de países que consta nos dados da plataforma *Carbon Pricing Dashboard*, do Banco Mundial, como tendo um instrumento sob consideração.

Ainda em 2009 o então presidente Lula sancionou a Lei nº 12.187, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2009) que, entre outros objetivos, visava “*estímulo ao desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE*” (inciso VIII, art. 4º). Apesar de citar as “*medidas fiscais e tributárias destinadas a estimular a redução das emissões e remoção de gases de efeito estufa*” (inciso VI, art. 6º) como um dos instrumentos da PNMC, nenhuma menção mais objetiva foi feita na legislação quanto aos mecanismos da precificação de carbono.

A discussão sobre a precificação das emissões no Brasil tem se tornado mais recorrente nos últimos anos. Borges (2020) aponta que a tributação sobre combustíveis de origem fóssil no Brasil ainda está muito distante de mimetizar um *carbon tax*. Este na verdade é um problema que atinge grande parte do mundo. Para além da discussão sobre a necessidade ou não da criação de mecanismos diretos de precificação de emissões de carbono, as estruturas tributárias já existentes, segundo a OCDE (2019), estão mal alinhadas com o perfil de poluição das fontes de energia. Tomando como referência um valor de 30 euros por tonelada de CO₂, o que a entidade admite não refletir adequadamente o dano causado pela emissão de uma tonelada de CO₂, o relatório da OCDE demonstra que apenas o diesel e a gasolina (o que eles denominam como “setor rodoviário”) possuem taxas acima deste patamar.

Porém, segundo o relatório, 85% das emissões de CO₂ relacionadas ao setor energético ocorrem fora do “setor rodoviário”, e os impostos cobrem apenas 18% dessas emissões. Ou seja, 82% das emissões do “setor não-rodoviário” estariam livres de impostos. Conforme se observa no gráfico 11, em 2019, apenas Suíça, Países Baixos, Noruega e Dinamarca taxavam as emissões do “setor não-rodoviário” em patamar acima do referencial de 30 euros/tCO₂e. 40 dos 44 países analisados estavam abaixo do patamar de referência adotado no relatório. Entre eles o Brasil, que possuía o segundo menor nível de taxação das emissões de CO₂, à frente apenas da Indonésia. Quando se observa as emissões do “setor rodoviário”, verifica-se uma melhora nos resultados. A maior parte dos países atingiram o patamar de referência. Apenas três deles – Indonésia, Brasil e Rússia – permaneceram abaixo do patamar de referência.

Gráfico 11 — Comparativo do nível de impostos sobre as emissões de CO₂ – relacionadas ao uso de energia do setor rodoviário (painel A) e não rodoviário (painel B) nos anos de 2015 e 2018 para 44 países selecionados



Fonte: modificado de OCDE (2019), Taxing Energy Use 2019: Using Taxes For Climate Action.

Como explicado, o patamar de referência adotado no Relatório da OCDE (2019) foi de 30 euros por tonelada de carbono emitido. Se observarmos os dados acima pelo patamar defendido pelo FMI (2019), US\$ 75 por tonelada de carbono, o que equivaleria a aproximadamente 70,4 euros (cotação de 0,939 euros para cada 1 dólar, em 20 de abril de 2024), Estados Unidos, Colômbia, Argentina e China também estariam abaixo do patamar quando se

observa as emissões no setor rodoviário, e nenhum dos 44 países analisados teria atingido o patamar, quando se observa as emissões não-rodoviárias.

Foi a partir destas constatações, e de um cenário que mostrava uma projeção de inflação abaixo do piso da meta em maio de 2020, que Borges (2020) apontava a janela de oportunidade para a implementação de um imposto sobre carbono no Brasil. Entre os benefícios, ele citava a possibilidade do governo obter uma receita extra de aproximadamente R\$ 600 bi em 10 anos que, segundo o autor, poderia compensar parte relevante do dispêndio fiscal extra gerado pelas medidas de combate à pandemia. Ronci (2020) concorda com Borges quanto à necessidade de implementação do imposto sobre carbono, mas advoga no sentido de uma neutralidade fiscal. Na mesma linha, o Instituto Escolhas (2016) aponta que a implementação de uma *carbon tax* no Brasil deveria vir acompanhada de medidas “*que compensem os possíveis efeitos adversos sobre a atividade econômica e competitividade, como, por exemplo, políticas de incentivo à inovação tecnológica e investimentos em infraestrutura (...) bem como a desoneração das exportações e tributação das importações*” (Instituto Escolhas, 2016). No relatório, o Instituto propunha a transformação do PIS/Cofins em um tributo com características semelhantes a um imposto sobre o valor agregado (IVA).

O IVA nacional foi tema também da PEC 45/2019⁶. A PEC pretendia incluir no artigo 154 da Constituição Federal o seguinte inciso: “*III – impostos seletivos, com finalidade extrafiscal, destinados a desestimular o consumo de determinados bens, serviços ou direitos*”. Impostos Seletivos incidem sobre um ato, atividade ou consumo em que exista uma correlação entre o preço pago pelo consumidor e o valor corrente da commodity tributada (FALCÃO, 2019). No texto de justificativa da PEC era dito que “*o modelo é complementado pela criação de um imposto seletivo federal, que incidirá sobre bens e serviços geradores de externalidades negativas, cujo consumo se deseja desestimular, como cigarros e bebidas alcoólicas*” (Grifo nosso). Se tivesse sido aprovado na forma como apresentado no projeto original, o Imposto Seletivo abriria caminho para a introdução do imposto sobre carbono, pois este tem as mesmas

⁶ A PEC 45/2019, conhecida como PEC da Reforma Tributária, teve seu texto original apresentado no início de 2019. Ao longo dos anos em que ficou em debate e tramitação nas instâncias internas do Congresso Nacional, recebeu mais de 200 propostas de emendas ao projeto. O texto final foi aprovado ao final de 2023, dando origem à Emenda Constitucional (EC) nº 132/2023. A Emenda aprovada possui muitas alterações em relação ao projeto original, entre elas a supressão dos incisos citados neste parágrafo. Por outro lado, foi incluído um inciso que apresenta semelhança aos objetivos explicitados no projeto original, mas também com diferenças consideráveis. Dado o curto prazo decorrido desde a aprovação da EC nº 132/2023, as análises sobre o significado do inciso aprovado, no que concerne às possibilidades dele fundamentar uma política de Carbon Tax no Brasil, ainda estão em discussão. Os parágrafos seguintes trazem uma pequena contribuição a este debate.

características do que se pretendia com a proposta presente na PEC 45/2019. Na própria estrutura do IVA, o Imposto Seletivo poderia tributar diferencialmente os combustíveis, com base em seu potencial de emissões carbônicas (MOTA, 2020).

O inciso citado no parágrafo anterior acabou ficando de fora do texto final que deu origem à Emenda Constitucional nº 132/2023. Contudo, no artigo 153, o qual define que “*Compete à União instituir impostos sobre*”, foi inserido o inciso: “*VIII - produção, extração, comercialização ou importação de bens e serviços prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente, nos termos de lei complementar*”.

O texto traz algumas dúvidas quanto a efetividade de sua utilização para sustentar uma política da *Carbon Tax*. Por um lado, o inciso VIII do art. 153 claramente abre caminho para a introdução de um imposto sobre “*bens ou serviços prejudiciais (...) ao meio ambiente*”. Assim, mesmo sem citar a palavra “seletivo”, o é, uma vez que possui as características apresentadas por Falcão (2009). O artigo ainda aponta para a elaboração de lei complementar que poderá estabelecer os critérios para criação deste tipo de tributo. Por outro lado, também foi inserido um parágrafo sexto, que contempla sete incisos definindo obrigações e limites para o tipo imposto inserido pelo inciso VIII, citado no parágrafo anterior. Entre elas, veda a aplicação deste tipo de imposto “*(...) sobre as operações com energia elétrica (...)*” (inciso I do parágrafo 6º do art. 153) e limita em “*1% (um por cento) do valor de mercado do produto*” a alíquota máxima na extração (inciso VII do parágrafo 6º do art. 153).

Como visto no último item do capítulo anterior, o setor de eletricidade (junto com a indústria) é o setor sobre o qual mais comumente têm incidido os mecanismos de *Carbon Tax* existentes no mundo. Por mais que o setor elétrico nacional seja pouco emissor quando comparado aos setores elétricos de outro país, no caso brasileiro, respondendo por 2,69% da média das emissões nacionais do período de 2016 a 2020 (setor 3500 no Gráfico 12), não implica que, necessariamente, não haja espaço para sinais de preço que incentivem maiores ganhos de eficiência, otimização do consumo e tecnologias mais limpas. Já as atividades extractivas, o que inclui mineração e petróleo, no conjunto, estão entre as que apresentam participação destacada (setores 0580, 0680, 0791 e 0792 em preto) no conjunto das emissões nacionais. Desta forma, paira a dúvida se a limitação da alíquota máxima na extração a 1% (um por cento) *do valor de mercado do produto* permitirá que o sinal de preço de um eventual *Carbon Tax* seja expressivo o suficiente para promover incentivos aos produtores e

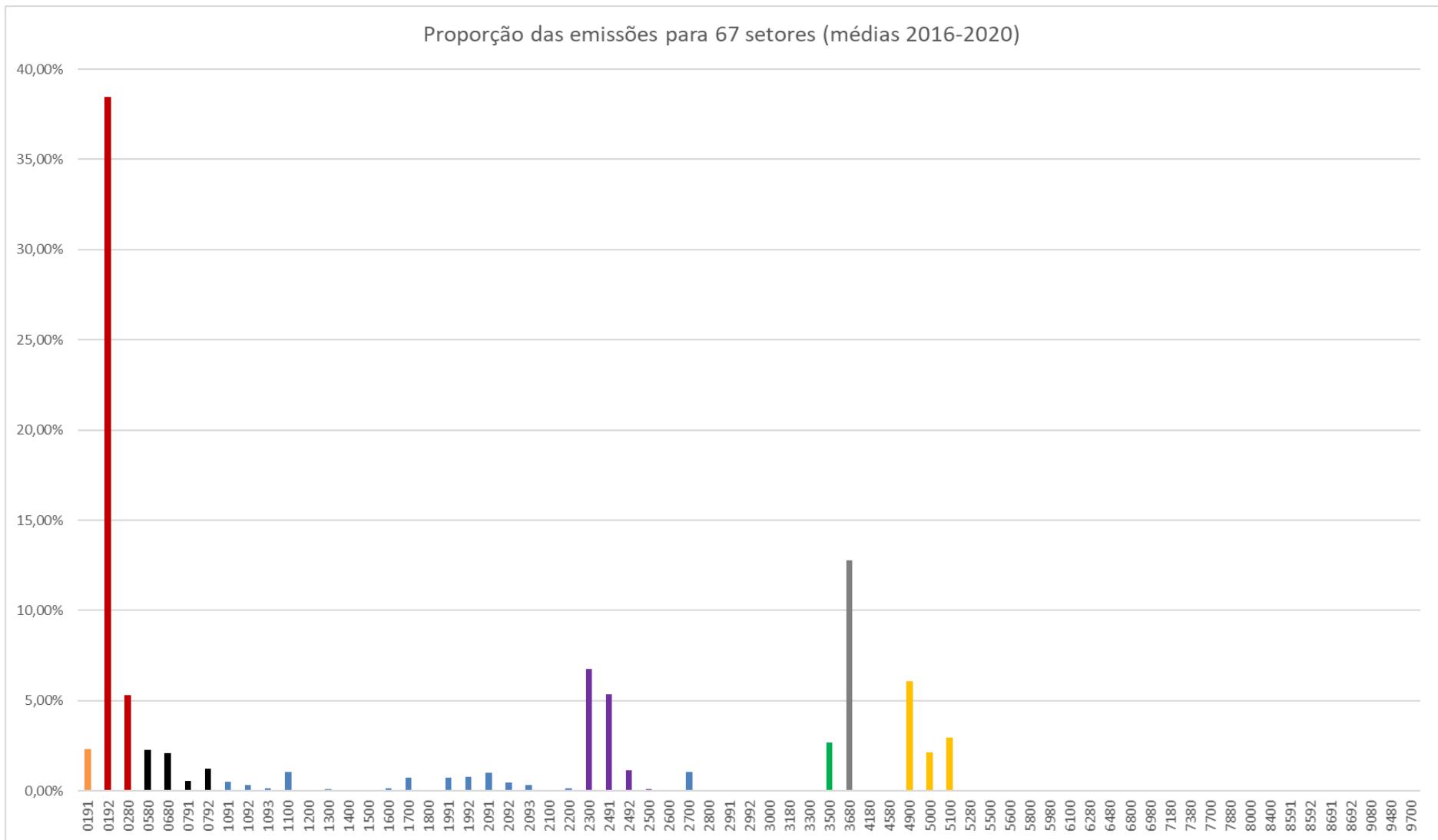
consumidores de perseguir ganhos de eficiência, otimização do consumo e tecnologias de produção mais limpas.

Os dados utilizados para o cálculo da participação relativa dos setores brasileiros frente às emissões totais de GEE do país (Gráfico 12) foram construídos a partir dos resultados do trabalho *Identifying the sources of structural changes of greenhouse emissions in Brazil: An input-output analysis from 2000 to 2020* de Costa, Kaio Vital; Costa, Lucas; Young, Carlos Eduardo Frickmann (2024). Neste trabalho, os autores produzem uma estimativa das emissões de GEE de cada setor brasileiro para cada ano no período de 2010 a 2020. Como o dado mais recente se referia ao ano de 2020, o qual foi marcado pela pandemia de covid-19, que impôs uma série de restrições temporárias à mobilidade e a atividade produtiva, com reflexo na redução das emissões setoriais, e como tais restrições atingiram de modo diferente os diferentes setores, visando minimizar tais efeitos, optou-se por inicialmente calcular uma média da emissão setorial, para 67 setores, no período de 2016 a 2020 no lugar de utilizar os resultados do trabalho para o ano mais recente. E, a partir desta média, calcular a participação relativa de cada setor frente às emissões totais.

Os resultados do trabalho de Costa et al (2024) demonstram que o setor 0192 (Pecuária, inclusive o apoio à pecuária - em vermelho no Gráfico 12) é disparado o maior responsável pelo conjunto das emissões nacionais, respondendo por quase 40% das emissões. Também em vermelho está o setor 0280 (Produção florestal; pesca e aquicultura). O segundo setor mais poluente é o 3680 (Água, esgoto e gestão de resíduos - em cinza), com pouco menos de 13% das emissões. Os setores relacionados à transformação mineral (2300, 2491, 2492 e 2500 - em roxo), no conjunto, são o terceiro mais poluente, em proporção muito similar aos setores ligados ao transporte (4900, 5000 e 5100 - em amarelo). Por fim, cabe destaque ao setor 0191 (Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita - em laranja).

Assim, se verifica que para o caso brasileiro, os setores que aparecem entre os mais poluentes, e assim onde, em tese, estariam as maiores oportunidades de se conseguir promover reduções significativas com vistas ao atendimento das metas do Acordo de Paris, são aqueles que nas experiências internacionais, tanto com *Carbon Tax* como com ETSs, aparecem como não cobertos - Emissões Agrícolas, Resíduos e Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF).

Gráfico 12 — Participação percentual de 67 setores brasileiros nas emissões de CO₂ nacionais.



Fonte: Elaborado a partir dos dados de Costa et al. (2024).

5. CONCLUSÕES

Ainda em 1977, o economista William Nordhaus discutiu os efeitos das mudanças climáticas sobre o crescimento e caminhos para controlar as emissões de CO₂ na atmosfera. À época, ele já ponderava a precificação do carbono, na forma de uma taxa sobre o carbono, como um caminho de implementação de uma política global em um nível descentralizado. Porém, quase meio século depois, os dados do Banco Mundial demonstram que a implementação de tais mecanismos ainda está aquém do necessário.

Conforme debatido na seção 3.1, no mundo existem apenas 74 instrumentos de precificação de carbono em vigor, divididos igualmente entre *Carbon Tax* e ETS. Pelo lado positivo, os gráficos cumulativos de mecanismos de precificação implementados (Gráfico 02) e em estudo por ano (Gráfico 06) demonstram uma acentuação na inclinação da curva nos anos pós-pandemia, sendo o ano de 2020 um ponto de inflexão moderadamente bem marcado para todos eles.

O ano de 2020 foi marcado pela pandemia de covid-19, que desencadeou uma série de demandas não apenas de natureza sanitária, mas de diversas outras (com destaque para socioeconômicas, resposta tecnológica, de inovação e de arcabouço legal frente às novas realidades que se construíram e etc.). A pressão por resposta a tais ações num curto período certamente exigiu grandes esforços de todos os governos. O foco a estes problemas imediatos poderia explicar o baixo número de estudos para implementação de novos mecanismos de precificação iniciados em 2020 demonstrado no gráfico 05.

Da mesma forma, tal situação e a correlação amplamente divulgada nas mídias entre a pandemia e a crise climática-ambiental, também pode ser vista como uma explicação para a “explosão” de iniciativas que começaram a ser estudadas nos anos imediatamente posteriores. Essa elevação na inclinação pós-2020 pode indicar que as autoridades nacionais e subnacionais estão dando mais atenção à necessidade de avançar na precificação de carbono em suas jurisdições.

Um dos desafios que se coloca é o de avançar na criação de mecanismos de precificação em países de renda mais baixa. Isso porque, conforme também demonstrado na seção 3.1 (Figura 01), a atual distribuição de mecanismos de precificação de carbono no mundo indica que eles estão mais presentes em países de níveis de renda mais elevados. Ademais, os preços médios da Tonelada de CO₂ equivalente nestes países também é mais elevado. Conforme

visto nos gráficos 09 e 10, todas as jurisdições nacionais e subnacionais que praticam preços acima do preço médio para o tipo de mecanismo são em nações de renda elevada.

As políticas de precificação de carbono ao nível subnacional se concentram nos países da América do Norte (Canadá, EUA e México). A exceção fica por conta da China. Enquanto isso, na Europa, mesmo com a grande quantidade de países, nenhum mecanismo ao nível subnacional foi implementado. A priori, uma possível explicação é que o contexto geopolítico e a forma de organização do estado, com maior ou menor poder dos entes subnacionais de acordo com o modelo político organizacional de cada país, possa influenciar na forma como são analisados e implementados mecanismos de precificação.

A partir desta percepção, na Europa, onde desde o fim da 2^a Guerra Mundial há um esforço de construção de um bloco (a União Europeia) que permita que os países da região caminhem numa mesma direção, no que se refere aos mecanismos de precificação de carbono, foca sua atuação em níveis de jurisdição nacional e regional em detrimento das soluções locais. Já nos EUA e Canadá, onde o desenho de estado dá maior peso e poder aos estados e províncias do que em outras regiões do mundo, estes atuam complementando (Canadá) a esfera federal ou contrabalanceando sua inação (EUA⁷).

No caso chinês, os instrumentos subnacionais são todos do tipo ETS e foram implementados em sua maioria em 2013 e 2014 como mecanismo piloto. Em 2021 a China implementou o seu ETS nacional, mas ainda manteve as iniciativas subnacionais. As entidades reguladas pelo sistema nacional não enfrentam obrigações de conformidade no âmbito dos ETS-piloto (subnacional). Ou seja, a China parece ter planejado os instrumentos subnacionais como testes e preparação para a entrada em vigor de um instrumento nacional.

O rápido crescimento na quantidade de mecanismos ETS implementados, o fato de haver mais ETSS em estudo do que *Carbon Tax* (Gráfico 04) e sua maior cobertura de emissões (Gráfico 08) podem demonstrar que os governos entendem ser mais fácil sua gestão, que os ETSS apresentam maior efetividade para o atingimento das metas de redução de CO₂ por se limitar o quantitativo de emissões e que sua implementação enfrentaria menor resistência do público e empresas.

⁷ O caso americano é ainda mais interessante, pois é possível identificar que as ações subnacionais estão concentradas nos estados da Califórnia, Oregon e Washington (costa oeste) e estados no nordeste (costa leste). Tais regiões são conhecidas como redutos eleitorais do Partido Democrata. Haveria então alguma correlação entre as políticas de precificação de CO₂ nos EUA e as preferências eleitorais da população dos EUA?

As análises apontam para um relativo atraso (baixo número de instrumentos em vigor, baixo percentual de cobertura do total de emissões globais pelo conjunto dos mecanismos existentes e preços médios bem abaixo do identificado como adequado por diversos estudos) no ponto no qual deveríamos estar com relação à precificação de carbono, o que exigiria uma postura mais audaciosa dos governos. Quanto a este ponto, inicialmente, levantou-se a questão se os mecanismos mais recentes, bebendo na experiência já publicada e divulgada de outros mais antigos, estavam sendo implementados com maior arrojo, abarcando um número maior de setores desde o seu início. A partir dos resultados da figura 05, não se percebe, pelo nível de análise feito aqui, que haja um maior “grau de arrojo” nos instrumentos, tanto de *Carbon Tax* quanto de ETS, implementados nos anos mais recentes. Em outras palavras, não se identifica uma tendência dos mecanismos mais recentes de cobrir um conjunto maior de setores.

A precificação direta de carbono tem, na maior parte das experiências implementadas no mundo até agora, se focado sobre os setores de produção de eletricidade e aquecimento e a indústria (setores 01 e 02 da figura 05). Como visto, tais setores apresentam elevado potencial de redução de emissões de carbono a partir de melhorias tecnológicas ou da adoção de processos produtivos menos emissores. Os mecanismos de ETS tem atuado mais sobre as emissões do setor de extração mineral e extrativismo (setor 03 da figura 05) do que os de *Carbon Tax*. É notório que os governos, sejam eles nacionais ou subnacionais, ainda não estão especificando as emissões dos setores agrícola, de resíduos e LULUCF, sendo estes setores prioritariamente cobertos por mecanismos de comando e controle.

Com respeito aos setores de eletricidade e extração mineral, a forma como foram redigidos os trechos da reforma tributária que permitem a criação de impostos sobre “*produção, extração, comercialização ou importação de bens e serviços prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente*” podem impedir ou limitar, respectivamente, políticas de *Carbon Tax* sobre eles. Sem alteração na lei, a alternativa para uma precificação efetiva das emissões destes setores poderá ser via ETSSs.

Para o caso do Brasil, que tem sua matriz elétrica conhecida por ser proveniente em sua maior parte de fontes renováveis e pouco emissoras de carbono, enquanto convive com elevadas taxas de desmatamento e ampla produção animal, os resultados descritos acima podem não trazer um bom comparativo. Tomando a proporção de emissões do setor relativamente ao total das emissões nacionais como premissa para identificar onde haveria maiores potenciais de redução das emissões, verifica-se que as maiores oportunidades de reduções relevantes estão nos setores Pecuária, inclusive o apoio à pecuária; Água, esgoto e gestão de resíduos, os setores

ligados à indústria de transformação mineral e transportes. Também são relevantes as emissões da Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita.

Contudo, quanto aos dois primeiros e ao último, as experiências internacionais ainda não especificam suas emissões. Em outras palavras, dadas as peculiaridades das emissões nacionais, olhar para as experiências internacionais traria insights limitados ou mesmo pouco úteis, dado que a realidade nacional é outra. Assim, caso seja entendido que para além dos mecanismos REDD+, se deveria também caminhar no sentido de implementar uma política de precificação de emissões de carbono voltada para os setores que mais emitem no Brasil, tal política seria inovadora no mundo e poderia servir de exemplo a ser seguido pelas demais nações. Uma modelagem de precificação de carbono que consiga fornecer um sinal de preço a estes setores, culminando na redução de parcela de suas emissões, sem grandes impactos sobre sua competitividade, seria um expressivo passo para o Brasil rumo ao atingimento das metas nacionais no Acordo de Paris.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, B. **IPCA bem abaixo do piso abre janela única para implementar carbon tax no Brasil e ajudar a saldar o custo fiscal da crise atual.** 14 de maio de 2020. Disponível em <https://blogdoibre.fgv.br/posts/ipca-bem-abixo-do-piso-abre-janela-unica-para-implementar-carbon-tax-no-brasil-e-ajudar>. Acesso em 28 de dezembro de 2023.
- CAETANO, R. **Ian Parry, economista do FMI, defende imposto sobre emissões de carbono.** Revista Exame. 05 nov. 2020. Disponível em: <https://exame.com/revista-exame/imposto-sim-por-que-nao/>. Acesso em 22 de fevereiro de 2024.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **BRASIL, PEC 45/2019 (2019).** Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2196833>. Acesso em 12 de novembro de 2023.
- COMAC. **Tributação e Subsídios para uma Economia de Baixo Carbono.** SPMF, 2014.
- COSTA, K. V.; COSTA, L.; YOUNG, C. E. F. **Identifying the sources of structural changes of greenhouse emissions in Brazil: An input-output analysis from 2000 to 2020.** In: Pasqualino, Roberto. (Org.) Energy transition in Brazil: Innovation, opportunities and risks. EEIST Project Report. [S.l.] University of Exeter, 2023. Available at: <https://eeist.co.uk/new-report-energy-transition-in-brazil-innovation-opportunities-and-risks/>. Acesso em 13 de março de 2024.
- DIAZ, D., MOORE, F. **Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy.** Nature Clim Change 5, 2015.
- DROBRANSCHI, M. NERUDOVA, D. **Pigouvian Carbon Tax Rate: Can It Help the European Union Achieve Sustainability?** Springer International Publishing, 2015.
- FALCÃO, T. **Tributação sobre carbono e a PEC45.** Disponível em: <https://www.ibet.com.br/tributacao-sobre-carbono-e-a-pec45/>. Acesso em 02 de janeiro de 2024.
- FERRARI, S.; SCOVGAARD, J.; KNAGGARD, A. **Mapping and clustering the adoption of carbon pricing policies: what polities price carbon and why?** Climate Policy, 2019.
- FONTELES, J. **Com Boris Johnson, revolução Green ganha força entre conservadores.** Poder 360. Opinião. 26 nov. 2020. Disponível em <https://www.poder360.com.br/opiniao/economia/com-boris-johnson-revolucao-green-ganha-forca-entre-conservadores/>. Acesso em 22 de fevereiro de 2024.
- FRANZÃO, L. **O que pensam Donald Trump e Joe Biden sobre a questão do meio-ambiente.** CNN Brasil. Internacional. 08 out. 2020. Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/2020/10/08/o-que-pensam-donald-trump-e-joe-biden-sobre-a-questao-do-meio-ambiente>. Acesso em 22 de fevereiro de 2024.
- FREEDMAN, A.; Mooney, C. **The world needs a massive carbon tax in just 10 years to limit climate change, IMF says.** Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2019/10/10/world-needs-massive-carbon-tax-just-years-limit-climate-change-imf-says/>. Acesso em 29 de dezembro de 2023.

FREMSTAD, A.; PAUL, M. **The impact of a carbon tax on inequality.** Ecological Economics, 163, 88-97. 2019.

GANDRA, A. **Comissão internacional sugere taxação de carbono para mitigar efeito estufa.** Agência Brasil. 30 mai. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-05/comissao-internacional-sugere-taxacao-de-carbono-para-mitigar-efeito-estufa>. Acesso em 20 de Janeiro de 2024.

GORDON, S. **What you need to know about carbon taxes and cap-and-trade.** Maclean's, 2012. Disponível em: <https://www.macleans.ca/economy/business/why-the-difference-between-carbon-taxes-and-cap-and-trade-isnt-as-important-as-you-think/>. Acesso em 03 de janeiro de 2024.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Taxação sobre carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira.** Fevereiro de 2016. Disponível em: <https://escolhas.org/wp-content/uploads/2016/09/taxacao-sobre-carbono-competitividade-e-correcao-de-distorcoes-do-sistema-tributario-Impactos-na-economia-brasileira.pdf>. Acesso em 02 de janeiro de 2024.

INTERNATIONAL MONETARY FUND. **Fiscal Monitor: How to Mitigate Climate Change.** 2019. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/ FM/Issues/2019/09/12/fiscal-monitor-october-2019>. Acesso em 26 de dezembro de 2023.

LUSTOSA, M. C. J.; YOUNG, C. E. F. Política ambiental. In: **Economia Industrial.** Elsevier Editora Ltda., 2013.

MANKIW, N. G. Externalidades. In: MANKIW, N. G. **Introdução à Economia.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 183-200.

MARQUES, P. R.; RIBAS, T.; CARVALHO, L.. **Como neutralizar os efeitos regressivos de uma tributação sobre carbono no Brasil? (Nota de Política Econômica nº 005).** MADE/ USP, 2020. Disponível em: <https://madeusp.com.br/publicacoes/artigos/como-neutralizar-os-efeitos-regressivos-de-uma-tributacao-sobre-carbono-no-brasil/>. Acesso em 27 de dezembro de 2023.

MATARAZZO, M. E. **Cinco países correm o risco de sumir por conta das mudanças climáticas.** MigraMundo. 2024. Disponível em <https://migramundo.com/cinco-paises-correm-o-risco-de-sumir-por-conta-das-mudancas-climaticas-veja-quais-sao/>. Acesso em 30 de março de 2024.

MOTA, H. R. **Tributando o carbono: o verdadeiro imposto do futuro.** Disponível em: <https://estadodaarte.estadao.com.br/tributando-o-carbono-o-verdadeiro-imposto-do-futuro/>. Acesso em 02 de janeiro de 2024.

NICOLLETTI, M.; LEFÈVRE, G.. **Precificação de carbono no Brasil: perspectivas e aprendizados a partir de uma simulação de mercado cap-and-trade.** Cadernos Adenauer XVII nº2, 2016. Disponível em: http://mediadrawer.gvces.com.br/artigos/original/cadernoadenauer22016-precificacao_mxnicolletti-gblefevre.pdf. Acesso em 03 de janeiro de 2024.

NORDHAUS, W. D. **Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem.** The American Economic Review, 1997.

OECD. Taxing Energy Use 2019: Using Taxes for Climate Action. OECD Publishing, 2019.

PINDYCK, R. S. Externalidades e bens públicos. In: PINDYCK, R. S. **Microeconomia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 555-584.

PLANALTO. BRASIL, LEI Nº 12.187 (2009). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm#:~:text=Os%20objetivos%20da%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,a%20redu%C3%A7%C3%A3o%20das%20desigualdades%20sociais.. Acesso em 03 de janeiro de 2024.

RONCI, M. Imposto sobre o carbono para combater as mudanças climáticas deveria ser não regressivo e neutro em termos de receitas tributárias. Disponível em <https://blogdoibre.fgv.br/posts/imposto-sobre-o-carbono-para-combater-mudancas-climaticas-deveria-ser-nao-regressivo-e-neutro>. Acesso em 28 de dezembro de 2023.

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. - v. 44 n. 1 (2022): INFORME ECONÔMICO (UFPI), Ano 24, janeiro-junho. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/ie/article/view/2753>. Acesso em 15 de março de 2024.

SHELANSKI, H. Refining Estimates of the Social Cost of Carbon. The White House, 2013.

THAN, K. Estimated social cost of climate change not accurate, Stanford scientists say. Disponível em <https://news.stanford.edu/2015/01/12/emissions-social-costs-011215/>. Acesso em 28 de dezembro de 2023.

THE WORLD BANK. Carbon Pricing Dashboard. Map & Data. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data. Acesso em 10 de janeiro de 2024.

THE WORLD BANK. 2023. State and Trends of carbon Pricing 2023. Disponível em <http://hdl.handle.net/10986/39796>. Acesso em 01 de março de 2024.

THE WORLD BANK, GFDRR. (2016). The making of a riskier future: How our decisions are shaping future disaster risk. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, Washington, D.C., USA. Disponível em <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Riskier%20Future.pdf>. Acesso em 25 de março de 2024.

THISTED, E. V.; THISTED, R. V. The diffusion of carbon taxes and emission trading schemes: the emerging norm of carbon pricing. Environmental Politics, 2019.

VARELA, C. A. Instrumentos de políticas ambientais, casos de aplicação e seus impactos. 2005.