



Descarbonização, Desafios e Oportunidades para a Indústria Brasileira - Diagnóstico e Propostas -

**A indústria brasileira e os
desafios da transição verde**

*Pedro da Motta Veiga (CINDES)
Sandra Polónia Rios (CINDES)*

Setembro de 2023

Vol. 3



Apresentação

Não resta dúvida de que a necessária descarbonização da economia global oferece oportunidades para que o Brasil dê um salto em seu desenvolvimento.

Essa constatação é trivial. O desafio está em dar forma concreta às oportunidades que a emergência climática nos apresenta, a partir da premissa de que as políticas ambientais, em geral, e às relativas ao clima, em particular, deixaram de estar à margem para estar no centro das agendas do desenvolvimento socioeconômico.

Com base nessa premissa, a Fundação FHC elegeu a temática do meio ambiente e do desenvolvimento, com ênfase na mudança climática, como um dos seus eixos principais de trabalho para os próximos anos. O conjunto de *papers* que agora publicamos faz parte desse esforço, ao qual se somam seminários e minidocumentários das séries Vale a Pena Perguntar e Ponto a Ponto.

Elaborados em parceria com o Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento (CINDES), com quem a Fundação FHC vem colaborando há vários anos, os *papers* dizem respeito aos desafios e oportunidades para a indústria brasileira em um mundo que precisa se descarbonizar. O trabalho lança luz sobre um terreno ainda relativamente pouco explorado.

As oportunidades e desafios relacionados ao uso da terra – ou, mais precisamente, da mudança do uso da terra com a eliminação da cobertura vegetal – têm sido objeto de maior atenção da sociedade brasileira. O desmatamento da Floresta Amazônica atrai os olhares do Brasil e do mundo, sob o alerta dos cientistas de que o processo avança para um ponto de não retorno. Igual preocupação deveria haver com a degradação ambiental do

Cerrado, bioma em que se encontra a vasta maior parte da produção brasileira de grãos e carne bovina.

A reversão do desmatamento e o reflorestamento de áreas já degradadas, sobretudo à causa de uma pecuária extensiva de baixa produtividade, são decisivos para preservar os serviços ambientais que a Floresta Amazônica presta ao agronegócio e à matriz energética brasileira, pela regulação do regime de chuvas, bem como para evitar que o Cerrado perca as condições de ser um dos grandes celeiros do mundo. Só assim poderemos manter as vantagens competitivas construídas nos últimos cinquenta anos na produção de alimentos e na geração de energia limpa. E, não menos importante, aproveitar o potencial da singular biodiversidade do Brasil para dar um salto em nosso desenvolvimento socioeconômico.

Engana-se, porém, quem acredita que os desafios e oportunidades decorrentes da emergência climática não afetem de modo importante a indústria, em particular a indústria de transformação, embora apareça em quarto lugar no ranking setorial das emissões brasileiras de gases de efeito estufa. Pela óptica dos desafios, a indústria defronta barreiras de exportação que começam a se erguer, de início na Europa, com a imposição de tarifas de importação adicionais baseadas na emissão de carbono pelos exportadores. Pela óptica inversa, surgem as oportunidades associadas a ganhos de competitividade decorrentes do uso de energias limpas e inovações nos processos produtivos.

Se ainda é incerto o que de fato significa a “neointustrialização brasileira”, se ainda não estão claros os seus limites e possibilidades, não resta dúvida de que ela passa necessariamente pelo filtro dos desafios e oportunidades ligados à descarbonização da economia global.

Os *papers* que agora publicamos se aprofundam na análise desses desafios e oportunidades. Fazem um inventário analítico das políticas industriais de reestruturação e diversificação “verdes” que estão sendo realizadas em outros países, em particular nos Estados Unidos e na União Europeia, mas também na Ásia, identificam os instrumentos utilizados e apontam o montante de recursos mobilizados. Nesse contexto, avaliam as possibilidades que tem o Brasil para promover políticas de reestruturação e/ou diversificação “verdes”, chamando a atenção para os *trade-offs* existentes entre uma e outra vertente de política industrial, bem maiores do que no caso dos países desenvolvidos, dadas as mais severas restrições fiscais enfrentadas pelo Brasil. Deliberadamente, os *papers* não avançam na prescrição específica de políticas. Por assim dizer, demarcam o campo de jogo e assinalam as vantagens e desvantagens relativas de diferentes opções tático-estratégicas. Acreditamos ser esta a principal função do conhecimento técnico numa democracia.

O trabalho foi realizado no âmbito de um projeto financiado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, à qual agradecemos pelo apoio recebido. Desnecessário dizer que as conclusões são de responsabilidade exclusiva da Fundação FHC e do CINDES.

Por fim, em nome da Fundação FHC e em nome pessoal, registro um agradecimento especial a Sandra Rios e Pedro da Motta Veiga, autores dos *papers*. Como de hábito, a dupla de pesquisadores realizou seu trabalho com afinco e competência admiráveis.

Sergio Fausto

Diretor geral da Fundação FHC

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Os setores industriais intensivos em emissões	11
2.1. Breve caracterização dos setores e de sua inserção comercial	12
2.2. As trajetórias de mitigação nos setores intensivos em emissões.....	16
3. Os setores intensivos em emissões como objeto das políticas públicas.....	28
3.1. No mundo.....	28
3.2. No Brasil	31
4. Políticas industriais verdes: uma discussão sobre o caso do Brasil.....	28
4.1. Políticas industriais verdes: a limitada experiência brasileira	28
4.2. Reconversão e diversificação verdes no Brasil: dilemas e desafios.....	31
4.3. Síntese: algumas diretrizes de política industrial verde para o Brasil.....	33
5. Conclusão.....	60

A indústria brasileira e os desafios da transição verde



1. Introdução

Há, na indústria, um conjunto de setores que recebe atenção especial das políticas de mitigação climáticas: são os setores produtores de bens intermediários que utilizam intensamente energia e que são os maiores emissores industriais de GEEs. Os custos de abatimento de emissões nesses setores são relativamente elevados, também por tratar-se de indústrias de processo e intensivas em capital. Na maioria dos países desenvolvidos, mas também no Brasil, têm peso expressivo na estrutura industrial e seu desempenho afeta a competitividade dos setores industriais a jusante da cadeia (bens de capital e de consumo).

Em função dessas características, a esses setores se aplicam os sistemas de comércio de emissões e outros instrumentos voltados para promover a reconversão verde da indústria. Esses setores também podem vir a se beneficiar de políticas de diversificação verde, voltadas para gerar novos bens e serviços “ambientais”. Incorporados aos processos produtivos dos setores intensivos em energia, esses bens e serviços viabilizam a redução de emissões.

Essas questões, adaptadas ao caso brasileiro, são discutidas nas seções que se seguem, a partir de uma caracterização sumária dos setores industriais intensivos em energia e dos dilemas da descarbonização por eles enfrentados (seção 2). Em seguida, descrevem-se as principais políticas públicas a que recorrem diversos países para mitigar emissões desses setores, fazendo-se referência à recente trajetória das políticas brasileiras nessa área – inclusive à decisão de implementar um sistema de comércio de emissões no país (seção 3). Segue-se uma discussão preliminar acerca do que poderia ser uma política

industrial verde no país, com sua dupla dimensão reconversão – diversificação, levando em consideração condicionantes e restrições a que o formulador de políticas não pode escapar (seção 4). Finalmente, apresentam-se as conclusões do trabalho (seção 5).

2. Os setores industriais intensivos em emissões

2.1. Breve caracterização dos setores e de sua inserção comercial

Entre os macro setores da economia brasileira, a indústria ocupa a terceira posição no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa (GEE), atrás de Agricultura, Florestas e Outros Usos do solo (AFOLU) e de Transportes.

Em 2020, a Indústria foi responsável por cerca de 10% (165 Mt CO₂e) das emissões totais do país. Nos últimos doze anos, as emissões do setor industrial estagnaram em torno de 160 Mt CO₂e, refletindo em grande medida a estagnação da produção industrial no Brasil.

Um terço do consumo de energia no Brasil ocorre na Indústria. A indústria brasileira se destaca pela alta participação de combustíveis não fósseis, principalmente a biomassa, como fonte de energia. A participação dos combustíveis não fósseis é superior a 60% desde 2005.

Juntamente com o setor de Transportes, a Indústria é o maior consumidor

de energia da economia. Entre 2005 e 2020, a energia consumida aumentou até 2014, depois diminuiu devido às crises econômicas. Alimentos e Bebidas, Siderurgia e Papel e Celulose são os principais segmentos em termos de consumo de energia. Juntos, eles respondem por 63% da energia consumida no setor industrial.

Não é difícil identificar os setores que, na indústria brasileira, compõem o grupo dos principais emissores industriais de GEEs. Trata-se de setores intensivos no uso de energia e essa característica os distingue no conjunto das atividades industriais, em todos os países.

No caso do Brasil, os principais setores industriais, em termos de emissões de GEEs, são a siderurgia (ferro-gusa e aço), com 37% das emissões industriais, o cimento, com 30% e o químico (15%). Juntos, os três setores respondem por 82% das emissões da indústria. Outros setores intensivos em emissões são o alumínio, celulose e papel, vidro e cal.

O perfil das emissões desses setores revela que cimento e química são os maiores responsáveis por emissões de energia (cerca de 30% do total da indústria, cada um) e que siderurgia (53%) e cimento (29%) respondem pela maior parte das emissões de processo. Para o conjunto dos setores considerados, emissões de processo responderam por 61,4% do total, enquanto 38,6% são atribuíveis ao consumo de energia.

Em termos de caracterização geral, os setores industriais intensivos em emissões têm participação relevante na produção e no valor agregado da indústria brasileira, conforme os dados disponíveis (2010), com destaque

para química e siderurgia, que responderam juntos por 20% do VA e por 18% do VBP da indústria.

Os setores intensivos em emissões são indústrias de processo, intensivas em capital e produtoras de bens intermediários. Sua participação no emprego industrial é bem menor do que a que se observa no caso dos valores associados à produção: a título de exemplo, química e siderurgia respondem juntos por apenas 8% do emprego industrial (contra os 20% do VA da indústria).

Além disso, todos os setores intensivos em emissões, com a exceção de cal (o menos relevante deles, em termos econômicos) se caracterizam pela presença de grandes empresas, nacionais e multinacionais, e pelo elevado grau de concentração intrassetorial.

Este conjunto de setores registrou, em 2022, déficit em suas transações comerciais com o mundo da ordem de US\$ 13,3 bilhões, com exportações de US\$ 43 bilhões e importações de US\$ 55,3 bilhões (Tabela 1). Os números agregados refletem principalmente o desempenho comercial do setor químico, siderúrgico e de celulose: o primeiro com déficit de quase US\$ 30 bilhões, o segundo com superavit de US\$ 10 bilhões e o terceiro com superavit de US\$ 8 bilhões, em 2022. Siderurgia e celulose são os dois setores com superavit comercial significativo, alumínio e vidro têm déficits importantes do ponto de vista setorial, mas pouco expressivos no agregado. Cimento tem balança comercial equilibrada, com exportações e importações um pouco acima de US\$ 1 bilhão.

O saldo comercial do grupo teve incremento significativo entre 2010 e 2022, já que, no início do período, ele era de apenas US\$ 3,2 bilhões, ou seja, ¼ do

Tabela 1
Brasil: Comércio exterior dos setores industriais
intensivos em emissões (2022 e 2010)
(em US\$ mil)

Setor (Código SH2)	2022		2010		Saldo Comercial	
	Exportação	Importação	Exportação	Importação	2022	2010
Cimento (25)	1.139.493,37	1.204.196,99	718.480,97	722.936,41	- 64.703,62	- 4.455,44
Químicos (28,29,38,39)	13.214.250,24	42.456.060,02	9.916.084,68	19.762.451,73	- 29.241.809,78	- 9.846.367,05
Celulose (47)	8.387.231,30	190.603,48	4.759.054,86	360.086,96	8.196.627,82	4.398.967,91
Vidro (70)	298.513,30	738.085,47	292.756,30	611.527,35	- 439.572,17	- 318.771,05
Siderurgia (72,73)	18.354.785,01	8.091.721,98	9.788.511,66	7.884.050,20	10.263.063,03	1.904.461,46
Alumínio (76)	1.584.674,14	2.560.837,22	1.765.792,47	1.141.987,71	- 976.163,09	623.804,77

Fonte: Comex Stat

déficit observado em 2022. Também essa evolução reflete o desempenho de químicos, siderurgia e celulose. Os dois últimos tiveram forte aumento de suas exportações, em contraste com as importações, enquanto o déficit dos químicos cresceu mais de US\$ 20 bilhões, entre os dois anos. Já o alumínio assistiu a uma reversão de posições: de superavitário em 2010 a deficitário em 2022.

A Tabela 2 apresenta os principais exportadores mundiais dos setores aqui considerados e suas parcelas de mercado em cada setor, em 2022. China, EUA e Alemanha são países com presença mais frequente entre os cinco maiores exportadores desses setores: Os EUA aparecem em todos os seis setores, enquanto China e Alemanha estão entre os cinco maiores em cinco setores (a exceção é celulose). Japão (em siderurgia e vidro), Índia (em cimen-

to e alumínio) e Canadá (em alumínio e celulose) aparecem duas vezes entre os maiores exportadores dos setores considerados. No agregado, os países desenvolvidos (EUA, Alemanha, outros países da União Europeia, Japão e Coreia do Sul) mais China compõem o *ranking* dos maiores exportadores mundiais desses setores.

Tabela 2
Maiores exportadores dos setores intensivos em emissões e participação percentual nas exportações setoriais (2022)

Cimento (25)		Química (28,29,38,39)		Celulose (47)		Vidro (70)		Siderurgia (72,73)		Alumínio (76)	
Ranking Mundial	%	Ranking Mundial	%	Ranking Mundial	%	Ranking Mundial	%	Ranking Mundial	%	Ranking Mundial	%
China	7,77	China	15,77	EUA	18,59	China	28,00	China	18,10	China	14,56
Turquia	6,84	EUA	9,95	Brasil	12,93	Alemanha	9,23	Alemanha	7,42	Alemanha	7,92
EUA	5,66	Alemanha	9,07	Canadá	11,74	EUA	6,62	Japão	4,94	Canadá	5,11
Alemanha	4,99	Coreia do Sul	4,85	Indonésia	6,31	França	4,13	Itália	4,53	EUA	5,04
Índia	4,18	Países Baixos	4,75	Suécia	6,09	Japão	3,76	EUA	4,21	Índia	3,80
Total	29,45	Total	44,40	Total	55,67	Total	51,73	Total	39,20	Total	36,43

Fonte: WITS

Esse conjunto de setores é, no caso do Brasil, bastante heterogêneo quanto a seu padrão de inserção comercial no mundo. Celulose e papel exportam mais de 30% (em 2022) de sua produção e registram coeficiente de importações baixo (4%). Ferro e aço e metalurgia de não ferrosos (que inclui alumínio) têm elevados coeficientes de exportação (32% e 42%, respectivamente), mas também registram coeficientes de importação significativos (15% e 27%, respectivamente). Química se caracteriza por coeficiente baixo de exportação (9%) e alto de importação (37%), enquanto vidro tem valores modestos nos

dois coeficientes com leve superioridade do de importação (14% contra 10% das exportações).

Sem pretender aprofundar nesse aspecto, parece claro que o conjunto de setores intensivos em emissões é heterogêneo no que diz respeito à sua competitividade internacional, apresentando um gradiente de situações que vão da celulose, fortemente exportadora, à química, altamente deficitária em termos comerciais.

2.2. As trajetórias de mitigação nos setores intensivos em emissões

Nesses setores, as três principais frentes de iniciativas de mitigação são o aumento da eficiência energética, a substituição de combustíveis e a introdução de novos processos produtivos e novas tecnologias.

As duas primeiras frentes de mitigação – o uso de combustíveis mais limpos e a melhora na eficiência energética da indústria – são em geral menos custosas e podem ser aplicadas através de soluções simples (como sistemas de gestão energética, melhoras de sistemas de controle etc.), mas também de soluções altamente sofisticadas envolvendo ajustes mais severos na linha de produção.

De acordo com Centro Clima (2021), a eficiência energética “reúne todas as medidas de mitigação que podem ser aplicadas ao setor industrial para reduzir o consumo específico de um processo. O potencial de redução de emissões por meio de tecnologias de eficiência energética está relacionado à diferença entre a eficiência atual e o limite de eficiência”. No Brasil parece haver

bastante espaço para avançar nessa frente de mitigação, já que, segundo o *International Energy Efficiency Scorecard* de 2018, a indústria brasileira ocuparia a penúltima posição em eficiência energética entre 25 países.

A substituição de determinados combustíveis por outros com menor intensidade de emissão pode ajudar a indústria a reduzir suas emissões. Uma opção pode ser a mudança do carvão ou óleo combustível para o gás natural. Apesar de ser um combustível fóssil, o gás natural possui menor intensidade de emissão. Outra opção é a utilização de biomassa (carvão vegetal ou resíduos agrícolas) como fonte de energia. A indústria brasileira, inclusive alguns dos setores intensivos em emissões, parecem ter feito avanços nessa direção, já que 40% da matriz energética da indústria brasileira vem da biomassa, o bagaço da cana respondendo por 17% do total, a segunda maior participação, atrás apenas da energia elétrica (21%).

Por fim, outra forma de reduzir as emissões na indústria é mudar o processo produtivo. A redução das emissões de processo, em geral, é tarefa mais árdua do que a redução de emissões derivadas do consumo de energia, uma vez que envolve mudanças mais significativas no processo produtivo e alterações estruturais (referentes ao uso de outras rotas de produção). Por exemplo, na produção de aço, existem três principais rotas de produção no Brasil: alto-forno (BF) a carvão, BF a carvão vegetal ou forno elétrico a arco. Aumentar a produção com as duas últimas tecnologias poderia reduzir as emissões na indústria siderúrgica. Para reduções adicionais, a indústria pode usar tecnologias inovadoras, como hidrogênio e captura de carbono. No entanto, apesar do nível de maturidade das tecnologias inovadoras, elas costumam ter custos elevados (Box 1).

Box 1. Rotas tecnológicas intermediárias e disruptivas para redução de emissões na produção de aço (cf. de Casto, N. et al, 2023)¹

“A rota convencional de produção do aço envolve duas etapas principais. A primeira é a redução do minério de ferro em um alto-forno, no qual normalmente se utiliza coque ou carvão, para a obtenção de óxido de ferro. Na segunda etapa, este é transformado em aço através de refino. Segundo dados da IRENA, o Alto Forno-Forno Básico de Oxigênio, rota mais convencional, possui uma participação de 71% na produção mundial de aço, sendo, portanto, um método líder. Porém, esta é a rota mais intensiva em energia. Trata-se do método mais emissor com média entre 1,7 e 2,2 toneladas de emissão de CO₂ por tonelada de aço produzido. Estes parâmetros devem-se ao emprego do coque como fonte de calor e agente redutor do ferro.

De acordo com estudo da McKinsey & Company, a redução de CO₂ na indústria siderúrgica pode ser alcançada a partir de rotas tecnológicas intermediárias, destacando-se: (i) maior eficiência de altos-fornos; (ii) redutores de biomassa; e (lii) captura e utilização de carbono em outros processos.

Na primeira rota, a obtenção de uma maior eficiência dos altos-fornos com a redução das emissões de CO₂ depende da otimização das operações, através de tecnologia prontamente disponível e a custos competitivos. A segunda rota é a utilização da biomassa como redutor ou combustível, sendo um processo possível especialmente na América do Sul em razão da disponibilidade desse

¹ <https://www.h2verdebrasil.com.br/noticia/os-desafios-tecnologicos-do-processo-de-descarbonizacao-da-industria-siderurgica/>

insumo. Na terceira rota, é possível reduzir as emissões de CO₂ através da sua captura e utilização em outros processos, a fim de aproveitá-lo na criação de novos produtos. Todavia, são tecnologias ainda sem rotas definidas e competitivas.

Em relação às rotas tecnológicas disruptivas, capazes de levar à descarbonização total da indústria siderúrgica, merecem ser destacadas: (i) forno de arco elétrico (EAF); (ii) redução direta de ferro (DRI) em EAF utilizando gás natural; e (iii) DRI em EAF utilizando energia renovável ou H₂V (hidrogênio verde).

Na primeira rota, a utilização de um forno de arco elétrico maximiza os fluxos secundários e recicla através do derretimento de mais resíduos. Essa tecnologia se encontra disponível a custos competitivos. Na segunda rota, a estratégia é aumentar a utilização gás natural da DRI em EAF,

graças à tecnologia prontamente disponível. Por fim, na terceira rota, os combustíveis fósseis para a DRI em EAF são substituídos por energia renovável ou H₂, porém apresenta altos custos em função da escala produtiva ainda incipiente.

De acordo com o Instituto Aço Brasil, as principais ações empreendidas pelas empresas siderúrgicas em operação no país com vistas à redução de emissões concernem à ampliação do uso de sucata metálica no processo produtivo, e o emprego de fontes de energia alternativas ao carvão mineral, como o gás natural, o carvão vegetal e a energia renovável. O objetivo é reduzir emissões em 20% até 2030. Passos adicionais na descarbonização dependeriam de mudanças estruturais no parque produtivo e adoção de rotas produtivas ainda em fase de amadurecimento tecnológica, como o uso de hidrogênio verde”.

Estudos realizados no âmbito do Projeto PMR Brasil mapearam as emissões dos setores aqui considerados e identificaram as principais ações de mitigação para cada um deles, bem como os custos marginais de abatimento associados àquelas ações. Foram além, identificando barreiras institucionais, regulatórias e econômicas que podem obstaculizar a adoção das ações de mitigação e propondo medidas de políticas para superar tais obstáculos². De acordo com um desses estudos³, seria possível concretizar um cenário de descarbonização profunda na indústria brasileira explorando essencialmente as frentes de utilização da eficiência energética e substituindo combustíveis, a um preço de carbono inferior a USD20/t CO₂e. Preços superiores a este exigiriam medidas de descarbonização mais custosas – com mudanças em processos e tecnologias – para a indústria.

3. Os setores intensivos em emissões como objeto das políticas públicas⁴

3.1. No mundo

Em diferentes países e regiões do mundo, os setores intensivos em emissão são o principal alvo, na indústria, das políticas públicas voltadas para a miti-

2 Projeto PMR Brasil (2019). Elaboração de estudos setoriais (energia elétrica, combustíveis, indústria e agropecuária) e proposição de opções de desenho de instrumentos de precificação de carbono, Componente 1: fase de implementação do PMR, setembro. IMPLEMENTAÇÃO

3 Centro Clima/COPPE/UFRJ (2023). Uma Estratégia de Descarbonização para uma Economia Brasileira de Zero Carbono Líquido em 2050: Instrumentos de Política e Planos Setoriais de Mitigação, Projeto Decarboost, 2 de fevereiro.

4 Essa seção de baseia em Motta Veiga, P. e Rios, S.P. (2023a). *Políticas de precificação do carbono: os sistemas de comércio de emissões*, Fundação FHC/CINDES, agosto. Aqui se faz apenas uma referência genérica ao tema, remetendo ao trabalho citado para maior detalhamento das questões relacionadas às políticas de precificação do carbono.

gação climática. O menu de instrumentos de política mobilizados para a mitigação das emissões de GEEs na indústria inclui esquemas de precificação do carbono, taxaço de carbono na fronteira, estímulo aos ganhos de eficiência energética, mudanças nas matrizes de energia, desgravação tarifária de bens ambientais e políticas industriais verdes baseadas em massivos subsídios condicionados ao cumprimento de requisitos de conteúdo local.

Instrumentos de precificação do carbono difundiram-se como um dos principais instrumentos de mitigação climática aplicado ao setor industrial. Há duas modalidades principais de atribuição de um preço ao carbono, por meio de regulações estatais: a imposição de uma taxa (ou imposto) sobre o carbono e o estabelecimento de um sistema de comércio de emissões. A taxaço do carbono foi introduzida primeiro nos países nórdicos, na década de 90, enquanto a União Europeia foi a pioneira na implementação de um sistema de comércio de emissões, no início desse século. Somados, esses dois instrumentos cobrem 23% das emissões de gases de efeito estufa no mundo, as taxas representando 5%, os sistemas de comércio de emissões cerca de 18%.

Ambos os instrumentos – taxaço do carbono e sistema de comércio de emissões – precificam de forma direta o carbono, na medida em que se aplicam a uma base “proporcional à emissão de gases de efeito estufa”.

A taxaço do carbono define um preço fixo para determinada quantidade de CO₂ emitido, de forma que o mercado ajusta o nível de emissões com base no valor da taxa definida.

O sistema de comércio de emissões estabelece uma meta (cap) de redução de emissões de gases de efeito estufa (carbono e/ou outros GEEs), repartida entre os agentes econômicos sob a forma de um limite de permissões de emissão por unidade de produção. Empresas que emitam menos do que o autorizado por seu limite podem vender suas permissões (ou licenças) para aquelas que não conseguem se adequar a seu próprio limite, em termos de emissões.

É assim criado um mercado de permissões para emissão de carbono e obtém-se a redução das emissões totais pretendida ao se fixar a meta. Não há, ao contrário do que ocorre com a taxa de carbono, um preço pré-definido para o carbono. Os preços resultam da dinâmica do mercado – ele mesmo influenciado por diversos fatores, em especial a evolução do mercado de energia, bem como as características internas do sistema, por exemplo, seu método de alocação de permissões ou mecanismo de estabilização de preços.

Há muitas variações nacionais e regionais na aplicação dos instrumentos de precificação do carbono, mas em geral estes incorporam regras ditadas por preocupações com os efeitos daqueles instrumentos sobre a competitividade da indústria doméstica e, mais especificamente, dos setores intensivos em emissões – mais sensíveis à precificação do carbono.

No caso da taxa de carbono, o governo pode restituir às empresas custos com o cumprimento da norma ou isentar empresas exportadoras dos setores intensivos em emissões – considerados os mais sensíveis ao “vazamento de carbono” (*carbon leakage*).

No sistema de comércio de emissões, a principal forma adotada é a distribuição, aos setores intensivos em emissões, de licenças gratuitas, que podem corresponder a 100% do total alocado às empresas ou a uma parcela desse total, sendo o restante alocado através de leilões. Mais recentemente, a União Europeia incluiu, no rol dos instrumentos de política para evitar o “vazamento de carbono” o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira – CBAM, no acrônimo em inglês (ver adiante sobre o CBAM).

3.2. No Brasil

A crescente relevância dos temas climáticos é capturada pela agenda da indústria a partir principalmente do final da primeira década do século. O processo de preparação para a COP 15, em Copenhague (dezembro de 2009), gerou mobilização inédita dos setores público e privado no Brasil.

O compromisso voluntário assumido pelo país, em Copenhague, de implementar ações de mitigação produziu importantes mudanças institucionais, sendo consolidado domesticamente na Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) que também define os instrumentos para sua implementação.

Num primeiro momento (2010), o único plano que deveria fazer referência a algum setor industrial – em função dos compromissos assumidos pelo Brasil – seria o de Substituição do Carvão de Desmatamento por Florestas Plantadas na Siderurgia. Em 2011, determinou-se a elaboração dos Planos Setoriais dos seguintes setores: Indústria de Transformação e Bens de Consumo Duráveis, Indústria Química Fina, Indústrias de Base, Papel e Celulose, Construção Ci-

vil – além de setores de serviços. Decidiu-se, posteriormente, que a primeira fase do Plano para a Indústria teria como foco as indústrias de Alumínio, Cimento, Papel e Celulose e Química. Na segunda fase, seriam contempladas as indústrias de Ferro e Aço, Cal e Vidro com a incorporação progressiva de todos os demais setores da Indústria de Transformação até 2020⁵.

O Plano para a Indústria de Transformação e Bens de Consumo Duráveis (Plano Indústria) adota como referência a meta de redução de emissões de processos industriais e uso de energia no setor industrial de 5% em relação ao cenário tendencial (*Business As Usual*) projetado para 2020, mas registra que as reduções de emissões por parte da Indústria de Transformação não são necessárias para o cumprimento dos compromissos do Brasil apresentados na COP 15, em 2009, bem como dos desdobramentos nacionais consubstanciados na Política Nacional de Mudança Clima (PNMC).

Estabelecem-se objetivos na área de gestão do carbono, eficiência energética e cogeração, reciclagem e aproveitamento de coprodutos. Para cada um deles, são definidas ações, metas e período de execução.

No entanto, além dessa programação, a preocupação central parece ser que as ações de redução de emissões não comprometam o desenvolvimento industrial e que “características peculiares da Indústria de Transformação” em relação a outras atividades emissoras de GEE sejam levadas em conta para evitar perda de competitividade da indústria e não comprometer “a ampliação da produção industrial necessária ao desenvolvimento”.

⁵ Como estabelecido no Decreto nº 7.390/2010, os Planos Setoriais deveriam ser submetidos a revisões em períodos regulares não superiores a dois anos até 2020. Não houve, contudo, nenhuma atualização do Plano posteriormente à instituição da PNMC, a qual mantém o núcleo do texto inicial do plano e os compromissos e estimativas apresentados em 2009.

Entre as “características peculiares” da indústria, o documento se refere ao fato de que “a continuidade do desenvolvimento econômico e social no Brasil requer o crescimento acelerado do consumo de bens industriais, tendo em vista que o consumo per capita desses bens no país está abaixo da média mundial e até de outros países em desenvolvimento com níveis similares de renda”.

Outra característica diferenciadora da indústria de transformação: seus produtos são, em sua maioria, “comercializáveis internacionalmente (*tradables*) (...) e as elevações internas de custo implicam perda de competitividade e risco de substituição da produção doméstica por importações”.

O documento governamental acolhe as posições da indústria não apenas ao afirmar o papel “diferenciado” da indústria e sua excepcionalidade do ponto de vista do desenvolvimento econômico e social, mas também ao sustentar haver evidências robustas de que a indústria brasileira é mais eficiente do que a média mundial, em termos de emissões de GEE por unidade (tonelada) de produto de bens industriais, ao menos nos setores responsáveis pela maior parte das emissões de GEE⁶.

A negociação e a assinatura do Acordo de Paris marcam a apresentação, pelo Brasil, de seu segundo compromisso de redução de emissões. Trata-se da NDC, uma meta de redução de 37% das emissões de GEE brasileiras até 2025, além de uma indicação de redução adicional de 43% das emissões nacionais até 2030, com base nos níveis registrados em 2005. Enquanto o compromisso de 2009 se aplicava apenas aos setores de uso da terra, agropecuária,

⁶ Esse diferencial se explicaria “tanto pela maior eficiência das instalações industriais no processamento do carbono e de outros GEE, quanto pela participação excepcionalmente elevada de fontes renováveis na matriz energética brasileira (hidroeletricidade e biomassa), se comparada com os padrões internacionais”.

energia e siderurgia, a NDC se aplica ao conjunto da economia, embora, no caso da indústria, não haja metas de redução de GEE.

Esta mudança “aproxima” a agenda climática das preocupações de competitividade da indústria brasileira, já que metas não cumpridas em relação ao desmatamento, por exemplo, podem gerar pressões para a adoção de instrumentos que onerem o setor industrial e sua competitividade.

No entanto, esta “aproximação” ocorreu em um período marcado pelo mau desempenho econômico e perda de competitividade em grande parte da indústria, o que gerou ambiente desfavorável à adoção de políticas públicas de descarbonização voltadas para a indústria. Isso ajuda a explicar o fortalecimento, a partir do Acordo de Paris, da posição defensiva do setor industrial em relação a medidas, como as de descarbonização, que pudessem impactar seus custos e onerar sua competitividade.

Se por um lado, nesse cenário, o Plano Indústria pouco avançou, por outro começaram a amadurecer condições para que o Brasil adote um sistema de precificação de carbono baseado no comércio de emissões.

De fato, em 2014, o Brasil se associou ao projeto do Banco Mundial, *Partnership for Market Readiness* (PMR), cujo objetivo é avaliar custos e benefícios da adoção de instrumentos econômicos de precificação de carbono no país. O projeto envolveu setores do governo federal, associações empresariais, representantes da academia e de ONGs, tendo funcionado como um catalisador para o debate sobre precificação.

O relatório-síntese do documento não detalha proposta de precificação, mas, a partir de um exercício de elaboração de cenários, conclui que a precificação do carbono tornaria o alcance da meta climática do Brasil compatível com um desempenho econômico (PIB, emprego, taxa de investimento, redução da pobreza) superior ao que se obteria com o cenário alternativo – em que a meta seria alcançada sem instrumentos de precificação.

O PMR também sugere que um sistema de comércio de emissões do tipo *cap and trade* “seria o instrumento mais indicado para o país, levando-se em consideração características que permitiriam auxiliar no cumprimento de metas de mitigação de emissões e preservar a competitividade com oportunidade de desenvolvimento”. Finalmente, o relatório-síntese propõe princípios básicos que deveriam nortear o processo de implementação do sistema de forma a compatibilizar redução de emissões e preservação de competitividade⁷.

Parece haver se constituído, nos últimos anos, uma coalizão em torno dos princípios veiculados pelo projeto, reunindo os *stakeholders* que dele participaram. As propostas recentes de diferentes entidades confirmam a convergência de visões, embora com alguns matizes – em função da origem e interesses dos diferentes *stakeholders*. Na mesma linha, o governo federal tem deixado claro que a adoção de um sistema de comércio de emissões fará parte da “caixa de ferramentas” de seu “plano de transição ecológica”.

Como produto da evolução dos debates, desde o engajamento do Brasil no PMR, encontra-se em tramitação no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 412, que regulamenta o mercado brasileiro de redução de emissões de GEE.

⁷ Centro Clima/COPPE/UFRJ (2023). *op. cit.*

O PL, que contou com aportes do governo atual e de representantes da sociedade civil, foi aprovado pelo Senado Federal em 4 de outubro de 2023, e seguiu para análise pela Câmara dos Deputados (Box 2).

BOX 2. A regulação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE)

O Senado Federal aprovou, em 4 de outubro de 2023, Projeto de Lei nº 412, que cria o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE). O texto segue o modelo de *cap and trade*, já consolidado em outras regiões, como a União Europeia, e contou com o apoio do Governo Federal, em especial com contribuições do Ministério da Fazenda. O texto tramita agora na Câmara dos Deputados.

Embora a definição dos parâmetros mais relevantes para o funcionamento do SBCE seja remetida à regulação posterior, dentre as disposições mais relevantes da regulação estão:

- **Abrangência de aplicação:**

- o a regulação aplica-se às atividades, fontes e instalações localizadas em território nacional. Nas etapas finais do processo de tramitação no Senado Federal, foram excluídos das obrigações impostas pelo SBCE a produção primária agropecuária, bem como os bens, benfeitorias e infraestrutura no interior de imóveis rurais. A exclusão da agropecuária do âmbito de aplicação da regulação causou polêmica entre analistas. Alguns consideram que a exclusão da principal atividade emissora no País reduz excessivamente o potencial

do mercado de carbono, enquanto outros entendem que a sua participação no Sistema não teria sentido, dadas as dificuldades de medição de emissões e a inequação da política para lidar com questões específicas do setor.

o estarão sujeitos à regulação os operadores responsáveis por instalação que emitam acima de 10.000 tCO₂e por ano, para fins monitoramento e relato de emissões e acima de 25.000 tCO₂e por ano, para fins do cumprimento das obrigações de redução de emissões que forem estabelecidas.

- Governança: o PL prevê que a governança será composta pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, o órgão gestor do SBCE e pelo Comitê Técnico Consultivo Permanente, mas remete ao Poder Executivo da determinação da composição bem como das regras de funcionamento desses órgãos que compõem o sistema. O órgão gestor será responsável pela execução do SBCE e deverá definir e regular os principais parâmetros para o seu funcionamento, incluindo as atividades e instalações a serem regulados durante cada período de compromisso, patamares de emissão máximos acima dos quais os operadores estarão sujeitos a regulação etc.
- Plano Nacional de Alocação (PNA): o órgão gestor é responsável por elaborar e apresentar ao Comitê Interministerial de Mudança do Clima o Plano Nacional de Alocação, que estabelecerá, para cada período de compromisso: (i) o limite máximo de emissões; (ii) a quantidade de cotas a serem distribuídas aos operadores; (iii) a forma de alocação gratuita ou onerosa etc. Ou seja, os parâmetros mais relevantes para o funcionamento do sistema serão de responsabilidade do órgão gestor.

- Vazamento de carbono e competitividade internacional: o PL prevê que o PNA deverá prever mecanismos para evitar riscos de reversão de remoção de GEEs e de vazamento de emissões. O PL determina também que o PNA deve estabelecer tratamento diferenciado para operadores ou setores em função de particularidades inerentes às atividades desenvolvidas, faturamento, emissões líquidas, localização etc. Além disso, deve dispor de mecanismos de promoção da competitividade internacional.

- Período de transição para a implementação do SBCE: o PL estabelece cinco fases para a implementação do sistema:
 - o Fase 1: período de 12 meses prorrogáveis por mais 12 meses para a edição da regulamentação da Lei;
 - o Fase 2: período de um ano para a operacionalização pelos operadores, dos instrumentos para relato das emissões;
 - o Fase 3: período de 2 anos, no qual os operadores somente estarão sujeitos a compromissos de submissão de plano de monitoramento, apresentação de relato de emissões e remoção de GEE;
 - o Fase 4: vigência do primeiro PNA, com distribuição não onerosa de cotas e implementação do mercado de ativos do SBCE;
 - o Fase 5: implementação plena do SBCE, ao fim da vigência do primeiro PNA.

4. Políticas industriais verdes: uma discussão sobre o caso do Brasil

4.1. Políticas industriais verdes: a limitada experiência brasileira

Se o estabelecimento de um sistema de comércio de emissões voltado, em grande medida, para a indústria, parece, finalmente, estar avançando, o Brasil pouco progrediu na discussão acerca de políticas industriais verdes.

De fato, “reindustrialização verde”, “neointustrialização” e “políticas industriais verdes” são fórmulas que vêm sendo brandidas como soluções para os problemas da indústria, sem que se explicita o plano, os instrumentos e os objetivos das políticas que as traduzirão em ações efetivas.

Isso não significa que o país não tenha desenvolvido iniciativas de apoio a investimentos industriais verdes, através sobretudo de linhas de financiamento do BNDES, que oferecem condições mais favoráveis a tais investimentos, na comparação com os “não verdes”. O BNDES foi também um dos principais atores na operacionalização das políticas de apoio ao desenvolvimento da energia eólica e de equipamentos para a geração dessa fonte de energia (Box 3).

Box 3. Energia eólica: vantagens comparativas e políticas públicas

O desenvolvimento da energia eólica foi um subproduto da crise energética brasileira de 2001, que provocou escassez de oferta. Como resposta à crise, o governo favoreceu novos investimentos em geração e transmissão de energia e na diversificação da matriz energética, especialmente por meio de fontes alternativas de energia renovável.

Em 2002, o governo federal lançou o Programa Incentivado de Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), cujo objetivo era criar demanda para geração de energia por meio do estabelecimento de contratos de longo prazo (vinte anos) e de uma tarifa *feed-in* visando tornar atraentes para investidores privados os projetos em fontes renováveis alternativas – solar, eólica e pequenas centrais hidrelétricas.

Paralelamente à implantação do PROINFA, os bancos públicos de desenvolvimento – como o BNDES – passaram a financiar, em condições subsidiadas, os investimentos nos projetos aprovados pelo Programa, inclusive os relacionados à produção de equipamento. Além disso, foram instituídos incentivos regulatórios e fiscais (nos níveis federal, regional e estadual) aplicáveis aos projetos de geração de energia, mas também às vendas internas e importações de peças e componentes feitas pelas empresas industriais da cadeia produtiva de aerogeradores.

Desde o lançamento do Programa, o financiamento público dos projetos eólicos ficou condicionado a critérios de localização: os equipamentos deveriam ser produzidos no Brasil para se beneficiar das condições favoráveis de financiamento. As empresas

fabricantes de aerogeradores interessadas em investir no Brasil deviam apresentar, como condição para acessar as condições favoráveis de financiamento do BNDES, o estabelecimento de um Plano de Nacionalização Progressiva - PNP para os equipamentos utilizados na produção de aerogeradores, componentes e peças. Pelas regras dos PNPs, quanto maior o conteúdo nacional, maior a participação do BNDES no financiamento do projeto.

Gradativamente, a energia eólica aumentou sua participação na matriz de geração de energia no Brasil e o programa de apoio à produção doméstica de equipamentos é considerado um caso de sucesso. Que lições de política podem ser aprendidas com a experiência do Brasil com a promoção da fonte eólica?

Em primeiro lugar, o Brasil possui o principal ativo natural necessário para a produção de energia eólica: os ventos.

O fator de capacidade médio do Brasil em 2018 atingiu 42% (60% no Nordeste, onde está a maioria dos parques eólicos) em comparação com a média mundial de 25%. Portanto, o Brasil possui uma vantagem comparativa natural para a produção de energia eólica e esta fonte tem alto potencial de crescimento no país.

Em segundo lugar, a integração das empresas no Brasil à cadeia de valor da indústria de equipamentos para energia eólica ocupa um nicho intermediário de tecnologia e se encaixa em uma das recomendações da OCDE de garantir que as firmas domésticas possam aplicar as suas competências específicas à captura das novas oportunidades e evitar áreas em que não terão capacidade de alcançar domínio tecnológico.

Em terceiro lugar, parece incontestável que o “pacote de políticas” implementado no Brasil para fomentar o desenvolvimento da energia eólica e desenvol-

ver um setor nacional de fabricantes de componentes para turbinas eólicas – financiamento a baixo custo, tarifas *feed in* e outros benefícios regulatórios, bem como exigência de conteúdo nacional - foi capaz de atrair quantidades significativas de IED e os principais *players* do setor cenário mundial,

bem como de contribuir para a consolidação de um mercado de energia eólica no país. No entanto, há indícios de que esse “pacote” poderia ser reequilibrado para se adequar a um setor que parece já ter saído da condição de “indústria nascente” no Brasil.

Em que pese a experiência exitosa em equipamentos eólicos e outras iniciativas positivas, ainda há, no país, certa desconexão entre as agendas de mitigação da mudança climática – centrada no tema do desmatamento – e de transição para uma economia e uma indústria verdes como estratégia de desenvolvimento e de consolidação de novas vantagens comparativas.

Em contraste, políticas industriais verdes se consolidaram, nos últimos anos, em países desenvolvidos e na China, apoiadas em vultuosos recursos públicos e subsídios de diferentes tipos.

A rigor e salvo alguma exceção pontual, a competição pelo desenvolvimento de produtos verdes se dá nesses países impulsionada por motivações não exclusivamente ambientais. A participação dos países em desenvolvimento parece, até o momento, restrita ao papel real ou potencial de fornecedor de matérias primas nos elos a montante das cadeias internacionais de valor de bens relevantes para a transição verde (minerais raros e/ou relevantes para produtos ambientais ou verdes).

De certa forma, essa evolução confirma a pertinência de preocupações manifestadas há algum tempo por *policy-makers* com relação à possibilidade de que a transição verde da indústria, promovida pelas políticas industriais dos países desenvolvidos, aumentaria a distância entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, em termos de capacidade industrial e tecnológica.

Nos últimos dez anos, o que se assistiu foi efetivamente o aumento do hiato entre os investimentos dos países desenvolvidos e os de países em desenvolvimento em políticas industriais verdes, mobilizando recursos financeiros, subsídios e outros instrumentos de política industrial que não se consideraria possível há apenas alguns anos⁸.

Nos países em desenvolvimento, preocupações climáticas e de competitividade em um cenário em profunda mutação – ainda quando presentes – não têm tido a capacidade para gerar a mobilização de recursos e políticas em torno de políticas industriais verdes. E ainda que a vontade política exista, há, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma grande disparidade no que se refere aos recursos fiscais disponíveis para a implementação dessas políticas, em geral pródigas em subsídios e incentivos.

Essas restrições se aplicam ao Brasil, em que a questão fiscal é um tema prioritário na agenda de política econômica e as preocupações relacionadas a essa questão acabam por impactar qualquer discussão de política industrial.

⁸ Conspira a favor do aumento do hiato referido a completa desmobilização do sistema multilateral de comércio, de suas regras e instituições – sem qualquer condição de atuar como contrapeso às políticas nacionais que possam violar seus princípios (como o faz, por exemplo, o IRA dos EUA).

Com o objetivo de contribuir para a discussão acerca da “reindustrialização verde” e das políticas industriais capazes de induzi-la, elabora-se, em seguida, considerações acerca das possibilidades de estabelecer, no Brasil, conexões entre políticas industriais, de um lado, e políticas ambientais e climáticas, de outro, por meio dos seus dois vetores de interseção potencial: a reconversão e a diversificação verdes.

4.2. Reconversão e diversificação verdes no Brasil: dilemas e desafios

- **a reconversão verde no Brasil e seus dilemas**

Como discutido em *paper* produzido no âmbito deste projeto⁹, a reconversão verde é o “esverdeamento” dos setores industriais através da adoção de fontes de energia, de equipamentos e processos que produzam redução de suas emissões. A indústria brasileira já tem uma matriz energética bastante limpa, mas provavelmente há potencial para substituição de energias fósseis por renováveis em alguns setores.

No entanto, enquanto o hidrogênio verde for uma possibilidade remota de utilização para essa finalidade, o acesso a bens de capital a custos competitivos tende a ser, para a indústria, um vetor relevante para o “esverdeamento” dos processos produtivos.

Embora parte desses equipamentos possa ser atualmente produzida no país, a preocupação com a competitividade destes bens para os seus usuários re-

⁹ Motta Veiga, P. e Rios, S.P. (2023b). *Políticas industriais verdes: experiência internacional e desafios para o Brasil*, CINDES, setembro.

comendaria que o acesso a produtos importados concorrentes à produção doméstico fosse facilitado.

Essa não é, no Brasil, uma questão teórica. Os custos de uma reconversão verde para os setores usuários de bens de capital verdes dependerão, em boa parte, das condições de acesso a esses equipamentos, domésticos e importados.

No caso dos importados, um exercício feito pelo CINDES, com base em uma lista da OECD de 248 bens que cumprem funções ambientais – CLEG (*Comprehensive List of Environmental Goods*) –, identificou que cerca de 9% das importações totais do Brasil (dados de 2019) correspondem a produtos desta lista e provêm, em sua maioria, da China e da União Europeia.

Embora a lista elaborada pela OCDE abrigue produtos com finalidades variadas, ela é composta, em grande medida, por bens de capital e suas partes e peças, por exemplo, produtos relevantes para a produção de energia renovável ou desenvolvimento de infraestrutura de saneamento básico. O comércio internacional dos produtos da CLEG concentra-se (em mais de 70% do valor) em bens dos capítulos 84, 85, 86 e 90 do SH – bens de capital, essencialmente – além de bens intermediários do capítulo 73 (9% do total).

O Brasil aplica uma alíquota média próxima a 14% para este conjunto de bens, superando com folga outros países em desenvolvimento, como Indonésia e México. Nos países industrializados, a alíquota é de 5,8%. No México, a tarifa média para esse conjunto de bens é de 3,9%. Na Indonésia, essa média é de 6,9%. Até mesmo nos sócios menores do Mercosul observa-se uma disparidade em relação ao Brasil (e à Argentina): beneficiando-se das exceções no

Mercosul, Paraguai e Uruguai adotam tarifas médias para esses produtos de 6% e 7,2%, respectivamente, no mesmo ano (2019)¹⁰.

Não surpreende, pois, que o conjunto de bens de capital ambientais abrigue um grande número de ex-tarifários e registre incidência deste tipo de exceção muito superior a produtos que não são parte da lista de bens ambientais elaborada pela OCDE de capítulos idênticos do Sistema Harmonizado.

Portanto, do ponto de vista exclusivo da reconversão verde, o acesso a insumos e equipamentos importados incluídos na CLEG parece um objetivo relevante, a ser perseguido através da redução dos custos de importação desses produtos¹¹.

Esse argumento é reforçado pela constatação de que o parque industrial produtor de bens verdes sofre de baixa competitividade. É o que indica relatório recente (dezembro de 2021) da *University of Oxford*, em parceria com o banco de investimentos Lombard Odier, sob o título *Predictors of Success in a Greening World*, que discute o potencial de desenvolvimento da produção no país de bens ambientais tecnologicamente avançados e internacionalmente competitivos, em países selecionados (Brasil, China, EUA, Austrália, Singapura, Suíça e Emirados Árabes Unidos).

10 Brenton, P. e Chemutai, V. (2021). The trade and climate change nexus. *The urgency and opportunities for developing countries*. The World Bank Group. Os autores comparam a tarifa de nação mais favorecida para produtos ambientais (de acordo com duas listas diferentes de produtos) de mais de 80 países. O Brasil aparece, nos dois casos, entre os que aplicam as maiores alíquotas tarifárias. Apenas em três países a alíquota média MFN dos produtos ambientais superam as brasileiras, quando utilizada a lista de bens ambientais negociada na APEC. No caso da lista composta por “produtos ambientalmente preferíveis”, a tarifa média NMF do Brasil é superada por apenas cinco países.

11 CINDES (2022). *Integrar para crescer: uma proposta de liberalização comercial*.

A questão tratada no estudo de Oxford é mais relevante para a discussão da diversificação verde (ver adiante), mas ela também afeta as perspectivas de reconversão, ao considerar a evolução, nas últimas décadas, de indicadores de competitividade de bens ambientais (Box 4), bem como o *status quo* no Brasil em relação a esses indicadores.

O objetivo principal do estudo é: *“to identify which countries are specializing in high-growth green industries; which countries are laggards (...). Regions that manage to capture market share and high value components of relevant supply chains will likely be best placed to benefit economically, while those that continue to focus on and specialise in declining dirty sectors risk being left with stranded assets”*¹².

Box 4. Predictors of Success in a Greening World: resumo da metodologia utilizada no Relatório

O relatório recorre a uma lista algo maior do que a CLEG, composta de 295 produtos a seis dígitos do SH e na qual são incluídos bens de origem agrícola (etanol, por exemplo) e bens industriais não incluídos na lista da OCDE – especialmente produtos da cadeia química. Para a avaliação da competitividade atual e potencial dos bens ambientais dos países considerados, o relatório utiliza alguns indicadores baseados

em dados de exportação (daqueles países e mundiais).

O principal desses indicadores é o índice de Vantagem Comparativa Revelada (VCR), que relaciona a participação de um produto nas exportações de determinado país com a participação do mesmo produto nas exportações mundiais. Se o indicador é maior que um, diz-se que o país tem VCR naquele produto.

¹² University of Oxford e Lombard Odier (2021). *Predictors of success in a greening world*.

No relatório, um país é considerado competitivo em determinado bem ambiental caso tal produto seja exportado e tenha índice de VCR maior que 1. Apenas produtos exportados com VCR >1 são considerados competitivos pelo relatório e apenas para tais produtos são calculados os indicadores de complexidade verde atual e potencial descritos em seguida:

- Índice de complexidade verde (ICV) do produto: mede o número e a complexidade (uma proxy para a complexidade tecnológica) dos produtos ambientais exportados competitivamente pelo país.

- Índice de complexidade verde potencial (ICVP): mede a “proximidade” média de cada país em relação a produtos ambientais complexos que ainda não são exportados competitivamente. É um indicador antecedente do ICV futuro.

De acordo com o relatório, esses indicadores *“capture the number and complexity of green products that countries are currently exporting competitively, as well as the relative ease with which they are likely to increase their green complexity in the future”*.

O ranking dos países, construído a partir dos dois principais indicadores adotados, traduz a evolução de seu desempenho na exportação do conjunto de bens ambientais desde 1995, bem como o potencial de integração à pauta de vendas externas de novos produtos verdes, “próximos”, em termos produtivos e tecnológicos dos já exportados¹³.

¹³ Ao analisar subgrupos de produtos ambientais, como, por exemplo, aqueles utilizados na produção de energia eólica e solar, esse ranking pode ser significativamente alterado, indicando que a “competitividade verde” dos países varia segundo produtos e categorias de bens ambientais. Assim, por exemplo, *“China, Denmark, and South Korea show higher rankings in CI for wind and solar relative to their GCI rank overall. In contrast, although Italy, Austria, Czechia, and the United Kingdom rank highly in their overall level of green complexity, they do not rank as highly in wind and solar complexity”*. Ou *“Germany, Denmark, the United States, and Romania are more specialised in wind relative to solar. In contrast, Japan, South Korea, and China are more specialised in solar compared to wind”*.

Os resultados da aplicação dos indicadores adotados para o Brasil indicam expressiva perda de competitividade do país tanto no que se refere ao índice de complexidade verde quanto ao indicador de competitividade verde potencial. O Brasil cai da 48ª para a 93ª posição no que se refere ao ICV e da 43ª para a 72ª posição quanto ao ICVP, “sugerindo que o ICV provavelmente cairá ainda mais no futuro”.

O relatório atribui o mau desempenho do Brasil em grande medida à evolução, ao longo das últimas décadas, de fatores estruturais e institucionais: “relativamente baixo investimento em P & D, combinado com volatilidade econômica e política, altos níveis de corrupção e baixa capacidade de geração de inovações por parte da indústria”.

O quadro apresentado no relatório e na base de dados por ele utilizada (*Green Transition Navigator*) não é animador para o Brasil, embora não possa surpreender aqueles que acompanham a evolução do comércio internacional do Brasil – e, em especial, de suas exportações.

O Brasil perdeu participação no mercado mundial de bens manufaturados e esta tendência não poupou a grande maioria dos chamados bens ambientais de origem industrial, “salvando-se” alguns poucos produtos de origem agrícola ou mineral, que lograram manter-se competitivos ou mesmo ampliar seus indicadores de vantagem comparativa. Mais recentemente, há registros de casos bem-sucedidos de desenvolvimento da produção de bens ambientais, mas estes casos são francamente minoritários.

O atual cenário é de “baixa pressão” sobre a indústria para a reconversão ver-

de. De um lado, a discussão sobre a questão ambiental e climática no Brasil esteve focada centralmente na questão do desmatamento, atribuindo pouca relevância às emissões industriais. De outro, a produção doméstica de bens verdes é protegida por níveis relativamente elevados de tarifas. Nesse cenário, o país tem administrado pontualmente os dilemas da reconversão através da combinação de incentivos, requisitos de conteúdo local e reduções temporárias das elevadas tarifas impostas às importações de bens ambientais – a concessão dos chamados ex-tarifários¹⁴.

Para as empresas interessadas em investir na aquisição de produtos verdes para modernizar suas plantas e reduzir emissões, esse modelo de gestão pública dos dilemas da reconversão verde está longe de ser o mais adequado¹⁵.

- **a diversificação verde no Brasil: as vantagens comparativas consolidadas e emergentes como base da estratégia**

É irrealista supor que um país, como Brasil, com diversificado parque industrial e grande mercado doméstico possa centrar a estratégia de transição verde de sua indústria nos mecanismos para promover a reconversão verde – sobretudo quando estes incluem uma agenda sensível politicamente como a redução de tarifas de importação.

14 De acordo com levantamento do CINDES, os produtos da lista da CLEG / OCDE “abrigam” número significativo de ex-tarifários: 6.509, ou seja, 41% dos 16.006 ex-tarifários vigentes no final de junho de 2021. Mais da metade (52%) dos 6509 ex-tarifários de produtos da CLEG correspondem a aberturas de subposições do capítulo 84 (máquinas e equipamentos mecânicos); 29% a bens do capítulo 90 (instrumentos e aparelhos de ótica, fotografias etc); e 16% a produtos do capítulo 85 (máquinas, aparelhos e materiais elétricos).

15 Motta Veiga, P. e Rios, S.P. (2022). *Bens ambientais, competitividade e proteção: dilemas de política*, CINDES, Série Breves 121, janeiro.

Não significa que não haja espaço para a reconversão numa política de des-carbonização da indústria. Essa agenda poderia ser complementada por medidas de apoio – através de linhas de financiamento do BNDES, por exemplo – à modernização do setor doméstico produtor de bens de capital ambientais para enfrentar o desafio da maior concorrência no mercado interno.

Quanto à diversificação, parece ser incontornável politicamente e recomendável economicamente que a política industrial verde do país a contemple através do apoio ao desenvolvimento de novos setores.

Como discutido em *paper* sobre políticas industriais que têm a mitigação climática como objetivo¹⁶, a diversificação verde “atualiza” a controvérsia sobre políticas industriais setoriais (escolher os vencedores, custos para os não selecionados como prioridades etc.), mas ao fazê-lo, deve levar em conta características específicas das tecnologias, da produção e dos mercados de bens verdes.

Basta aqui resgatar duas ideias presentes naquele paper: a primeira é que os países tendem a ser mais bem sucedidos na competição em torno de bens ambientais se eles se apoiam em ativos – competências, serviços, tecnologias, regimes regulatórios etc – que já possuem e que são competitivos internacionalmente. A segunda é que políticas setoriais que beneficiem e protejam setores e produtos que são insumos ou equipamentos utilizados por um grande número de outros setores podem gerar custos elevados para estes, comprometendo sua competitividade e gerando efeitos negativos, no agregado.

16 Motta Veiga, P. e Rios, S.P. (2023b). *op. cit.*

Ambas as ideias apontam para a necessidade de que a política de diversificação verde seja seletiva e tenha como ponto de partida ativos competitivos de que o país dispõe ou em vetores com elevado potencial de competitividade internacional.

A preocupação com a competitividade internacional dos setores que podem ser objeto de políticas de diversificação verde é importante. Não se pode ignorar que o mercado internacional de bens verdes se desenvolveu e se estruturou em cadeias internacionais de valor nos últimos anos e tende a crescer ainda mais e mais rapidamente, em função das políticas que os países desenvolvidos e a China estão implementando (no caso chinês há bastante tempo). Ignorar essa realidade e tentar “reinventar a roda” significa condenar os setores incentivados pela diversificação verde a limitar suas perspectivas ao mercado doméstico e a uma escala insuficiente para ter sucesso no mercado internacional.

Motivadas, em última instância, por um desafio global, a mudança climática, a descarbonização e, dentro desta, a transição industrial verde são processos globais em ampliação e que criam, sim, oportunidades que o Brasil pode aproveitar para participar de cadeias de valor ainda em estruturação ou em recomposição¹⁷.

Visto sob a ótica destas novas oportunidades, mas também dos ativos de que o Brasil dispõe para aproveitá-las, vale começar pela observação de que as vantagens comparativas do país têm elevado grau de funcionalidade em

¹⁷ Essa seção é, em grande medida, baseada em Reis, J.G.; Rios, S.P.; Motta Veiga, P.; Fernandes J.A.C. (2023). *Reorganization of global value chains: are there opportunities for Brazil? Paper* elaborado no âmbito de projeto coordenado pela Georgetown Americas Institute (GAI), da Georgetown University, que abrange também outros países da América Latina.

relação aos objetivos de uma agenda que priorize meio ambiente e clima. Com base em sua dotação de recursos naturais, o Brasil desenvolveu uma rede de empresas, instituições de pesquisa e ecossistemas de apoio que tem permitido ganhos de produtividade e inovações, criando oportunidades para formas mais complexas de integração em cadeias de valor.

É de se prever que, pela dotação de fatores, a base de recursos naturais continuará se destacando nas exportações brasileiras, sendo fonte de oportunidade para o país participar em novas cadeias de valor e escalar funções mais nobres da cadeia, pela diferenciação de produtos. Isso, desde que o Brasil seja capaz de lidar com os novos condicionantes de uma inserção internacional exitosa – estes também associados, em grande medida, à agenda de descarbonização.

Começando pelo agronegócio, as oportunidades de integração às cadeias globais de valor vão além da exportação de produtos agropecuários: elas se associam à pesquisa agrícola, produção neutra em carbono, *software* de agricultura de precisão, drones, robótica e automação de máquinas e equipamentos e novos produtos, como proteínas alternativas. As mudanças climáticas, por seus efeitos na frequência e intensidade de secas e chuvas, demandam novas soluções tecnológicas de insumos, equipamentos e serviços.

No entanto, para se beneficiar plenamente dessas oportunidades, o Brasil deve enfrentar o desafio de reduzir drasticamente o desmatamento associado à expansão de segmentos predatórios do agro. Não o fazer pode, a médio prazo, comprometer o aproveitamento de um amplo conjunto de oportunidades no mercado global.

A oferta de energia limpa, segura e confiável a um custo razoável abre outro eixo de oportunidades ligados à descarbonização e que pode ser integrado à estratégia industrial verde do país. O Brasil é um dos poucos países do mundo com uma matriz energética predominantemente baseada em hidrelétricas, com uma participação cada vez maior da energia eólica e solar. A matriz energética brasileira gera hoje menos emissões do que os países da OCDE e dos BRICs, característica que reduz os custos iniciais da transição.

A capacidade do Brasil de ampliar a oferta de renováveis a preços competitivos será fundamental para sua inserção em segmentos das cadeias globais de valor como exportador de energia renovável e plataforma de exportação de energia e produtos eletrointensivos, cujas vantagens comparativas foram erodidas nos últimos anos devido ao aumento das tarifas e problemas de abastecimento de energia.

Portanto, as vantagens comparativas do país em recursos naturais e sua matriz energética limpa colocam o Brasil na vanguarda se a busca por fornecimento de energia limpa, segura e acessível se tornar um fator-chave para a realocação de empresas, concretizando a hipótese do *Powershoring* – ou talvez, de forma mais geral, do *Greenshoring*.

No entanto, o aproveitamento dessas oportunidades não ocorrerá “automaticamente” ou por inércia. Para colher os benefícios dessa vantagem competitiva, o país tem três grandes desafios: o primeiro, garantir a evolução para uma matriz mais limpa; a segunda, criar condições para o crescimento da oferta e a terceira, a capacidade de criar um ambiente regulatório que estimule preços competitivos. A escala desses desafios não deve ser minimizada.

No que se refere à energia elétrica, será fundamental rever o processo de formação das tarifas de energia, reduzindo os impactos deletérios dos diversos impostos e subsídios cruzados que incidem sobre as tarifas de energia, dando transparência à formação dos preços. Eliminar subsídios desnecessários e repassar encargos não diretamente ligados à geração de energia ao orçamento do setor público serão medidas incontornáveis para que as tarifas de energia reflitam os custos e serviços prestados pelas diversas fontes que compõem a matriz elétrica brasileira.

O desenvolvimento de novas fontes de energia renovável requer intenso ativismo regulatório e reforça a importância da definição de marcos estáveis para atrair investimentos (por exemplo, eólica *offshore*, hidrogênio, SAF, papel das hidrelétricas, mineração). O exemplo do hidrogênio verde é eloquente a esse respeito (Box 5), mas não é o único. Dois exemplos adicionais confirmam essa assertiva.

O primeiro deles se refere às oportunidades que derivam do aumento da demanda por minerais raros – cobre, níquel, lítio, etc – no contexto da transição para economias de baixo carbono. Esses minerais são essenciais para a produção de baterias, turbinas eólicas e painéis solares, para citar alguns.

A natureza da exploração de projetos minerais – alto CAPEX, gerenciamento de impacto ambiental e social, licenças ambientais, reação das partes interessadas, dependência logística, descoberta e exploração de longo prazo – exige governança e políticas sofisticadas capazes de contribuir para o desenvolvimento eficiente desses projetos.

É uma agenda intensiva em construção institucional. Começa com o aumento da pesquisa geológica e a modernização das políticas de mineração, marcadas por regulação ineficiente, fragmentação, sobreposição de atividades e ausência de visão estratégica para esses novos desafios. Uma questão delicada que acompanha esses projetos é o impacto ambiental e social nas áreas de exploração mineral, especialmente na região amazônica. Isso envolve um duplo desafio: altos padrões sócio-ambientais de exploração mineral e um sistema de licenciamento racional que possa minimizar riscos e garantir investimentos.

A abordagem de alguns desses problemas provavelmente gerará oportunidades para o desenvolvimento de redes de apoio à cadeia de valor da mineração em pesquisa mineral, desenvolvimento de tecnologia, digitalização de processos, produção de equipamentos, consultorias especializadas, serviços ambientais e sociais. A superação desses desafios é facilitada pela presença de empresas internacionais e nacionais de referência e pela existência de uma rede diversificada de empresas fornecedoras de produtos e serviços. É uma rede produtiva que gera externalidades para outros setores da economia. Já hoje, o complexo de mineração no Brasil contribui para o desenvolvimento de uma ampla base de empresas de máquinas e equipamentos, consultorias e prestadores de serviços que se expandiram para além da atividade original de apoio ao setor e se internacionalizaram.

Box 5. Hidrogênio verde: aproveitar oportunidades requer regulação

O Brasil está bem posicionado para participar da cadeia de produção do hidrogênio verde, dadas as características da matriz elétrica brasileira e a situação de superoferta de energia no país. Segundo o BID, Chile e Brasil se destacam entre os países latino-americanos pela competitividade de suas indústrias de energia renovável, infraestrutura já existente e custos esperados.

De fato, os cenários de disponibilidade de energia desenvolvidos para o Brasil indicam que o país terá um excedente estrutural de energia renovável para os próximos cinco anos, com um custo marginal de produção dos mais baratos do mundo. Essa situação confere ao Brasil uma clara vantagem comparativa, já que 70% do custo de produção do H2V está relacionado à eletricidade.

No mercado doméstico, as aplicações H2V mais promissoras parecem ser:

- Como insumo para as indústrias siderúrgicas, principalmente para a produção de HBI verde, aliando a competitividade brasileira em minério de ferro e H2V à exportação de ferro de baixo carbono;
- Como amônia verde na produção de fertilizantes, com menor pegada de carbono;
- Para transporte ferroviário de carga de longa distância, em substituição ao diesel;
- Como metanol ou amônia, no transporte marítimo internacional de cargas;
- No transporte rodoviário de cargas pesadas, principalmente caminhões

de transporte de mineração em substituição ao diesel;

- Na geração de calor nos processos industriais de papel e celulose, cimento e aço;
- Combinado com gás em turbinas para geração de energia.

Não faltam desafios no desenvolvimento do hidrogênio, a começar pelo desafio mundial de desenvolver um mercado para esse produto. No contexto brasileiro, também existem incertezas e barreiras quanto à evolução da demanda (preços e quantidades), regulação e alto CAPEX para investimentos.

O Brasil está atrasado na construção de um marco regulatório e institucional para a produção e uso final do hidrogênio verde que dê segurança aos investimentos e seja convergente com as práticas inter-

nacionais. Além de construir sua própria regulamentação, o país precisa urgentemente identificar suas prioridades em relação às rotas de produção do H2V para atuar em fóruns internacionais que discutam critérios de certificação.

A exportação provavelmente exigirá que a produção no Brasil atenda aos requisitos de certificação estabelecidos nos mercados de destino. A Europa é o mercado mais relevante para o H2V e o mais avançado em termos de regulação.

Várias iniciativas são necessárias para viabilizar as oportunidades do país relacionadas ao desenvolvimento do H2V. Abaixo estão alguns deles apresentados esquematicamente:

- Desenvolver o Programa Nacional de Hidrogênio, já criado, mas ainda em fase inicial;

- Criar uma estrutura institucional no país capaz de garantir que os atores nacionais atuem de forma coordenada para o desenvolvimento de um quadro regulatório compatível com o aproveitamento das oportunidades que se vislumbram no mercado de H2V;
- Participar ativamente em negociações internacionais de esquemas de certificação H2V;
- Implementar o mercado de carbono no país, a fim de estabelecer critérios de precificação de carbono;
- Apoiar as iniciativas de P&D através de fundos regulamentados e outros mecanismos existentes;
- Apoiar o desenvolvimento de talentos e pesquisadores no país, com foco em pesquisa em energia e combustíveis verdes.
- Avançar na definição dos regulamentos técnicos necessários para os diferentes usos finais do H2V produzido no país.

O outro exemplo diz respeito aos biocombustíveis. O Brasil tem larga experiência na produção e uso de etanol, biodiesel e biogás. A experiência brasileira nas diversas aplicações da biomassa – por parte de empresas e consumidores – é um trunfo para enfrentar a transição energética.

Enquanto a produção de etanol de cana-de-açúcar já está bem estabelecida do ponto de vista tecnológico, os novos desafios estão associados à produção de etanol de segunda geração a partir de bagaço, palha e fragmentos

florestais. Há duas vantagens principais nessa rota: o aproveitamento de resíduos e a possibilidade de armazenar a matéria-prima, o que não acontece com o açúcar. Já existem soluções tecnológicas sendo desenvolvidas: a empresa líder no Brasil anunciou a operação de 20 usinas de etanol de segunda geração até 2030/31, com capacidade de produção de 82 milhões de litros por usina.

O etanol é um produto de múltiplos usos: combustível para automóveis, geração de eletricidade, querosene para aviação, produção de H₂ e biocombustível para navios (*biobunkers*). No caso do uso em automóveis, as decisões são mais complexas e dependentes dos movimentos das cadeias de valor em escala global. As empresas sediadas no Brasil têm estratégias diferentes sobre o que fazer, mas também podem enfrentar a concorrência de novas empresas que estão transformando o setor.

Os combustíveis sustentáveis de aviação – SAF – são considerados a alternativa mais promissora para reduzir as emissões da aviação e uma das grandes oportunidades para o Brasil. Tem sido objeto de diversas iniciativas, no Brasil e no mundo, de pesquisas e testes entre empresas de aviação, órgãos reguladores do transporte aéreo e produtores de combustíveis. Já são sete tecnologias aprovadas e seis em avaliação. Uma empresa brasileira já tem uma fábrica nos EUA com tecnologia homologada de álcool para jato. No Brasil, há projetos voltados para sua produção.

A produção de SAF utiliza um variado cardápio de insumos (resíduos de óleos vegetais, alimentos, papel, têxteis, gorduras animais, gases de exaustão de siderúrgicas e álcool) e diferentes rotas tecnológicas. O custo, no entanto,

ainda é alto quando comparado aos combustíveis fósseis. Em 2021, mais de 315.000 voos usaram o SAF em todo o mundo. Há uso de misturas de até 50%. A Boeing pretende ser capaz de usar combustíveis 100% sustentáveis até 2030 em todos os seus aviões. Esta flexibilidade associada à utilização de diferentes fontes de matérias-primas, diversas tecnologias e utilização de infraestruturas de combustíveis fósseis cria condições para uma transição energética com múltiplas rotas e menores custos.

4.3. Síntese: algumas diretrizes de política industrial verde para o Brasil

A identificação de oportunidades acima apresentadas não pretende – e nem poderia – ser exaustiva. Ela buscou mapear potenciais eixos de crescimento econômico que são compatíveis ao mesmo tempo com os objetivos da descarbonização, em escala global, e com os ativos de que o Brasil dispõe para se beneficiar do processo de transição verde. Sugere-se que, ainda que se atendam, nos esforços de diversificação verde, a critérios gerais restritivos, relacionados à competitividade atual e futura, abre-se para o país gama importante de oportunidades ligadas à descarbonização.

Para o aproveitamento das oportunidades identificadas, são necessários medidas regulatórias e ajustes institucionais não triviais, seja porque implicam contrariar interesses estabelecidos, seja porque requerem capacidade elevada de mobilização e coordenação no setor público e no âmbito das relações público-privadas.

Esse *aggiornamento* regulatório é um pressuposto para que as oportunidades

se concretizem e, com elas, a demanda por bens e serviços industriais verdes para atender às necessidades dos demais setores (energético, agropecuário, mineração, além da própria indústria). Ele é tanto mais relevante quanto se constata que o Brasil, ao contrário dos EUA, União Europeia e China, não tem espaço fiscal para mobilizar recursos públicos subsidiados em larga escala em apoio aos investimentos em setores verdes e em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias verdes de grande impacto – ditas “disruptivas”.

Tendo esses fatores e condicionantes como marco de referência, o que se pode entender aqui por “reindustrialização verde”? Trata-se de um processo que combina a “reconversão verde” com uma mudança estrutural da indústria, através da diversificação seletiva a partir dos ativos e vantagens comparativas que o país detém ou tem condições de construir sem onerar ou retardar o “esverdeamento” da indústria.

O vetor dessa mudança estrutural será o aproveitamento das oportunidades de desenvolvimento da produção de bens para atender à necessidade daqueles setores – na indústria e fora dele – que permitirão a inserção da economia brasileira em um processo global de descarbonização.

Criscuolo et al (2023)¹⁸ discutem as principais lições das estratégias industriais baseadas em políticas voltadas para a neutralidade climática. Os autores utilizam um conceito amplo de política industrial, que vai além de intervenções setoriais, para incluir “todas as intervenções voltadas para melhorar estruturalmente o desempenho do setor doméstico de negócios”. E, considerando

18 Criscuolo, C., Dechezleprêtre, A., Lalanne, G. (2023). *Industrial strategies for the green transition*, in Tagliapietra, S. e Veugelers, R. (ed). *Sparking Europe’s new industrial revolution – A policy for net zero, growth and resilience*, Blueprint Series 33, Bruegel.

as falhas de mercado e a tendência ao subinvestimento em novas tecnologias verdes¹⁹, enfatizam tanto a combinação de diferentes instrumentos de política voltados para a oferta e a demanda de bens e serviços, quanto a qualidade da governança da política, necessariamente intensiva em coordenação entre stakeholders. (Quadro 1).

Quadro 1

Taxonomia dos instrumentos de política industrial

Oferta		Demanda
Instrumentos que afetam o desempenho das empresas	Instrumentos que afetam a dinâmica da indústria	Instrumento que afetam a demanda por produtos e serviços
Incentivos ao investimento: <ul style="list-style-type: none"> • subsídios, grants, isenções e créditos fiscais, instrumentos financeiros (venture capital público, empréstimos, garantias) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado de capitais dinâmico • Mobilidade do trabalho • Sistema tributário • Políticas de propriedade intelectual e de normatização 	Regulação: <ul style="list-style-type: none"> • Padrões e normas de produtos • Taxas e subsídios pigouvianos (ex. tarifas feed in)
<ul style="list-style-type: none"> • Acesso a insumos • Infraestrutura, • Energia, • P & D pública • Políticas de formação e treinamento de mão de obra 	Áreas de políticas complementares: <ul style="list-style-type: none"> • Política de concorrência • Políticas de comércio e de investimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Compras governamentais
Governança		
Instrumentos de coordenação entre stakeholders		
Cooperação internacional	Foros público-privados	Entidades industriais

Baseado em Criscuolo, C. et al, (2023).

O Quadro 1 separa as políticas de oferta entre aquelas que afetam o desempenho das empresas e as que impactam a dinâmica da indústria. Enquanto

¹⁹ Motta Veiga, P. e Rios, S.P. (2023b). *op.cit.*

estas são essencialmente horizontais e compõem, em boa medida, o que se chamaria de “ambiente de negócios”, aquelas podem ser verticais (setoriais ou voltadas para cadeias de valor específicas) e/ou horizontais – o que também ocorre com as políticas de demanda.

Como já observado, os autores ressaltam a importância da combinação de instrumentos de oferta e demanda, o que por sua vez requer elevado nível de coordenação entre agências governamentais encarregadas da gestão daqueles instrumentos. O exemplo abaixo ilustra a relevância da combinação de instrumentos de oferta e demanda para o sucesso de iniciativas de política industrial verde:

“These instruments are thus not substitutes but can instead be mutually reinforcing. Carbon pricing, in particular, is also not sufficient on its own. Carbon prices ensure there will be a demand for new low-carbon technologies. However, they are unlikely to help for technologies that are far from market and require long development timelines. As any technology-neutral instrument, carbon pricing tends to favor technologies that are closest to market and with the shortest payback time. It needs to be complemented by technology-specific support, which, by lowering the cost of future green technologies, can build the case for stronger carbon pricing in the future”.

Transportando essa reflexão para o caso brasileiro, a seleção de instrumentos de política relevantes em uma estratégia industrial verde requer a identificação dos vetores de investimento industrial que se pretenderia incentivar, uma vez caracterizadas as principais oportunidades geradas pela interseção entre

vantagens comparativas de economia, de um lado, e recomposição das cadeias de valor sob o impulso da descarbonização, de outro.

Os vetores de investimento industrial que aparecem como mais promissores são os seguintes:

- investimentos diretos externos em setores industriais intensivos em energia, em busca de localizações compatíveis com uso de fontes de energia renovável a custos competitivos;
- investimentos em modernização de setores da indústria (intensivos em energia e outros), através de aquisição de máquinas e equipamentos (reconversão verde);
- investimentos na capacidade industrial (nova ou ampliação) requerida para exploração de novas fontes de energia renovável (hidrogênio verde, etanol de segunda geração), produção de minérios raros etc.

A cada um desses vetores de investimento industrial se associa uma ampla gama de serviços especializados que podem dar contribuição fundamental para que os novos setores verdes adquiram escala compatível com os requisitos de competitividade.

O Quadro 2 apresenta, de forma estilizada, para cada um desses vetores, os principais instrumentos de política a ser mobilizados.

Quadro 2
Matriz de vetores de investimento x instrumentos de política prioritários

Vetores de investimento	Instrumentos que afetam o desempenho das empresas	Instrumentos que afetam a dinâmica da indústria	Instrumentos que afetam a demanda por produtos e serviços
Investimentos externos em setores intensivos em energia	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso a insumos (infraestrutura e energia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de concorrência, de comércio (importação) e de investimento • Sistema tributário 	<ul style="list-style-type: none"> • Rearranjo regulatório do setor elétrico • Sistema de comércio de emissões
Modernização de setores industriais (reconversão verde)	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Política de comércio (importação) • Sistema tributário • Mobilidade do trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de comércio de emissões • Rearranjo regulatório do setor elétrico
Investimentos em novos setores verdes (diversificação verde)	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento • Políticas de formação e treinamento de mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de propriedade intelectual e de normatização • Sistema tributário • Política de concorrência 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulação dos setores em desenvolvimento • Padrões e normas de produtos • Compras governamentais

O que este Quadro sugere, no que se refere aos instrumentos de política industrial?

- do lado da demanda, o peso da regulação, através do estabelecimento de um sistema de comércio de emissões e da regulação aplicável a novas fontes de energia, como o hidrogênio verde e SAF. Também muito relevante é o rearranjo do setor elétrico para que a vantagem comparativa do Brasil em energia renovável possa se traduzir em tarifas adequadas e na atração de novos investimentos de setores intensivos em energia.

- do lado da oferta, entre os fatores que impactam a dinâmica da indústria, a reforma tributária pode dar contribuição relevante ao aperfeiçoamento do ambiente de negócios. Entre as políticas complementares, a redução dos custos de importação de bens e serviços ambientais associa-se à política de concorrência para assegurar que a transição verde da indústria ocorra em condições pró-competitivas²⁰.
- ainda do lado da oferta, mas naquilo que se refere às políticas que afetam o desempenho das empresas, a ênfase deveria ser colocada em insumos, energia e infraestrutura, este um ponto fraco na competitividade da economia. Os incentivos aos investimentos deveriam ser principalmente financeiros, tanto para os esforços de reconversão quanto para a diversificação, o apoio através de instrumentos tributários podendo eventualmente vir a ser utilizados no caso da diversificação, mas de forma limitada, considerando-se que a aprovação da reforma tributária deverá implicar restrições ao uso destes instrumentos.

20 Como observam Criscuolo, C et al. (2023), em certos setores verdes, *“high upfront investment needs, network externalities and high economies of scale required in this sector might indeed lead to a higher level of concentration in the industry”*.

5. Conclusão

Os setores industriais intensivos em emissões são o principal alvo das políticas de mitigação climática voltadas para a indústria no mundo. O principal instrumento dessas políticas é a precificação do carbono, através dos sistemas de comércio de emissões ou da taxação das emissões.

O debate sobre políticas industriais verdes é ainda incipiente no país, mas parece haver a percepção mais ou menos generalizada de que a retomada do crescimento da indústria passa pelo aproveitamento das oportunidades abertas pela tendência global de descarbonização.

Nem de longe dispõe o Brasil dos recursos fiscais para subsidiar ou mesmo simplesmente financiar a transição verde. Ainda assim, há vetores de aproveitamento de oportunidades para a reconversão e a diversificação verdes que podem ser exploradas, com base nas vantagens comparativas do país e no potencial para desenvolvimento de novas competências em áreas próximas àquelas vantagens, convergindo para o objetivo global de uma economia de baixo carbono.

São estas oportunidades, apresentadas de forma estilizada nesse trabalho, que definirão, em grande medida, os vetores de investimento industrial que podem formar a base de uma onda de “industrialização verde” no país. A partir da identificação desses vetores, foi possível formular hipótese acerca dos instrumentos de política mais relevantes para potencializar os investimentos industriais identificados.



