

A CHINA PODE AFETAR A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA AMÉRICA LATINA? UMA ANÁLISE A PARTIR DO ÍNDICE DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DO FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL

Carlos Renato Ungaretti¹
Ticiane Gabrielle Amaral Nunes²
Marco Aurélio Alves de Mendonça³

SINOPSE

Este artigo tem como objetivo avaliar as contribuições da China para a transição energética na América Latina. Com base no Índice de Transição Energética (Energy Transition Index – ETI) e nas interações entre as dimensões que conformam o “triângulo energético” – equidade, segurança e sustentabilidade –, este trabalho descreve o panorama global da transição energética e as realidades e os dilemas da China e América Latina, principalmente em relação às possibilidades e aos desafios para a construção de sistemas de energia seguros, inclusivos e sustentáveis. Enquanto na China o “trilema” entre segurança, equidade e sustentabilidade se mostra de forma mais nítida, a América Latina se depara com limitações em termos de recursos e condições habilitadoras para a transição. Argumenta-se que a China, líder na produção de equipamentos de energia renovável e principal investidora em tecnologias verdes e transição energética, pode contribuir com a redução das lacunas de investimento, diversificação dos sistemas de energia e desenvolvimento de indústrias verdes na América Latina.

Palavras-chave: China; América Latina; transição energética; Índice de Transição Energética; investimentos.

ABSTRACT

This article explores China's potential to contribute to Latin America's energy transition. We discuss the unique challenges faced by both regions to build secure, inclusive, and sustainable energy systems through the application of the Energy Transition Index (ETI) and the “energy trilemma” framework (equity, security, and sustainability). While in China the “trilemma” is more evident, Latin America confronts resource and capacity constraints. We argue that China, a leader in the production of renewable energy equipment and the main investor in green technologies and energy transition, can help Latin America bridge investment gaps, diversify energy sources, and develop green industries.

Keywords: China; Latin America; energy transition; Energy Transition Index; investments.

JEL: Q42; F21; F5.

Artigo recebido em 27/6/2024 e aprovado em 1/11/2024.

DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/bepi39art2>

1. Bolsista do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1599-2941>. E-mail: carlos.ungaretti@ipea.gov.br.

2. Bolsista do PNPD na Dinte/Ipea. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0999-9637>. E-mail: ticiane.nunes@ipea.gov.br.

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Dinte/Ipea. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7806-4942>. E-mail: marco.mendonca@ipea.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

A transição energética faz parte do complexo debate associado à crise climática e ao imperativo de descarbonização dos sistemas de energia ao redor do mundo. Estima-se que este setor contabilize cerca de três quartos do total de emissões globais de gases de efeito estufa (GEEs). Por isso, a redução do uso de combustíveis fósseis para geração de eletricidade, transportes e processos industriais torna-se mais do que imprescindível para reduzir o nível de emissões e prevenir os efeitos associados ao aumento da temperatura global (Ritchie, 2020).⁴

A transição energética corresponde à transformação fundamental no uso e nas fontes de energia, envolvendo mudanças de fontes primárias e tecnologias, com impactos sociotécnicos, políticos e econômicos (Araújo, 2014; Hirsh e Jones, 2014; Sovacool, 2016). Ao contrário de transições predecessoras, que se estenderam por períodos prolongados e se notabilizaram mais pela adição de novas fontes de energia e tecnologias do que pela substituição de fontes e tecnologias mais antigas (York e Bell, 2019; Fouquet, 2016), os desafios climáticos contemporâneos conferem singularidades ao processo de transição em curso (Singh *et al.*, 2019).

De acordo com a Agência Internacional de Energias Renováveis (International Renewable Energy Agency – Irena), os compromissos climáticos atuais estão aquém do necessário para se atingir a meta de limitar o aumento da temperatura planetária em 1,5 °C, conforme estabelecido pelo Acordo de Paris. O ritmo atual de enfrentamento é tido como insuficiente, enquanto os esforços de estímulo durante a pandemia de covid-19 representaram uma oportunidade perdida – apenas 6% dos US\$ 15 trilhões em pacotes de recuperação dos países do Grupo dos Vinte (G20) foram direcionados para energias limpas em 2020 e 2021 (Irena, 2022; 2023a). O mais recente relatório da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) recorda que a temperatura global já está 1,2 °C acima dos níveis pré-industriais e seus impactos já se manifestam em frequentes ondas de calor e em eventos climáticos extremos (IEA, 2023b).

Há, contudo, espaço para crer que a meta de limitar o aquecimento a 1,5 °C ainda permanece alcançável, apesar dos enormes desafios para sua efetivação. O otimismo se justifica pelo ritmo de crescimento de indústrias balizadoras de uma nova economia verde. Desde 2020, os investimentos globais em energia limpa cresceram 40%, com acréscimo de 500 gigawatts (GW) de capacidade renovável apenas em 2023. Enquanto isso, 20% dos veículos vendidos em 2023 eram elétricos, ante a proporção de 1/25 a três anos atrás (IEA, 2023b).

Nesse contexto de crescimento das indústrias verdes, houve, nos últimos anos, a proliferação de anúncios de metas de neutralidade de carbono por parte de grandes economias, incluindo China, Estados Unidos e União Europeia (UE), as quais, nas preparações para a 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26), em 2021, submeteram metas mais ambiciosas de redução de emissões até 2030. Atualmente, cerca de 88% das emissões globais derivadas de combustíveis fósseis encontram-se, de alguma forma, contempladas por algum tipo de meta de carbono zero, englobando 128 países, 92% do produto interno bruto (PIB) global e 85% da população mundial.⁵

4. Para mais informações, consultar a plataforma Climate Watch, disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2021&start_year=1990.

5. Disponível em: <https://eciu.net/netzerotracker>.

Além dos compromissos de mitigação da crise climática, grandes economias emissoras e países em desenvolvimento têm procurado transformar seus sistemas de energia, bem como assegurar seu funcionamento seguro, sustentável e acessível. Os investimentos “verdes” em energias limpas e a implementação de tecnologias de eficiência energética, além de reduzirem danos socioambientais, são fundamentais para a segurança energética, podendo impulsionar a competitividade industrial e promover bem-estar (Fu *et al.*, 2021; Belaid, Al-Sarihi e Al-Mestneer, 2023).

A despeito dos consensos estabelecidos globalmente e dos esforços nacionais e multilaterais existentes na promoção da transição energética, a avaliação de seus progressos e dilemas configura-se como tarefa de extrema complexidade. Os países e as regiões se caracterizam por diferentes estágios de desenvolvimento e distintas infraestruturas energéticas, ao mesmo tempo que suas capacidades para conduzir mudanças substantivas em direção aos objetivos de descarbonização e desenvolvimento sustentável são igualmente diferenciadas.

Considerando essa heterogeneidade, há atores que exercem forte influência sobre a transição energética, sejam eles grandes consumidores e produtores de recursos energéticos, ou mesmo detentores de capacidades de inovação e difusão de tecnologias de baixo carbono e seus padrões associados. Destacam-se, nesse contexto, as implicações decorrentes das transformações irradiadas a partir da China, que se notabiliza por ser simultaneamente a maior emissora global de CO₂ e a principal investidora em energias renováveis e transição energética.

A posição atualmente cultivada pela China, incluindo seu protagonismo na manufatura e exportação de equipamentos de tecnologias de baixo carbono (painéis solares, turbinas eólicas, baterias, veículos elétricos etc.), impacta de forma relevante a transição energética global e, particularmente, a América Latina, destino preferencial da extroversão global de investimentos e financiamentos chineses em energias renováveis e atividades ligadas à transição energética (Amaral *et al.*, 2023).

Este artigo tem como objetivo avaliar as contribuições da China para a transição energética na América Latina. A análise deste fenômeno se dará do geral ao particular, partindo de seu panorama global e culminando com as realidades e os dilemas da China e América Latina, principalmente no que toca seus esforços e possibilidades associados à construção de sistemas de energia seguros, inclusivos e sustentáveis. Ou seja, a análise pretendida neste artigo se dá sob o ponto de vista do trilema de energia.⁶

O Índice de Transição Energética (Energy Transition Index – ETI), elaborado há mais de uma década pelo Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum – WEF), servirá como ferramenta nesse processo. Entende-se que o ETI permite identificar tanto as perspectivas globais relativas à transição energética quanto as configurações dos sistemas de energia da China e da América Latina e suas respectivas condições habilitadoras.

Diferentemente da China, cujos desafios para a transição energética residem especialmente no caráter intensivo em emissões de seu sistema de energia, a América Latina caracteriza-se pela sustentabilidade de suas matrizes elétricas, marcadas, em sua maioria, pela elevada participação relativa de fontes renováveis. Apesar disso, a região apresenta inúmeros desafios, como insuficiência de recursos

6. As três dimensões que compõem o trilema de energia refletem os objetivos dos países de abordar simultaneamente a sustentabilidade e a mitigação das mudanças climáticas, fortalecer a segurança e a resiliência energética e construir um sistema de energia que seja justo e acessível (Porter, 2023).

financeiros, necessidade de modernização de infraestruturas e limitações em termos de governança e acesso a tecnologias, que podem contar com a contribuição chinesa para o seu devido equacionamento.

Nesse contexto, argumenta-se que a China emerge como aliada-chave para os países latino-americanos. As suas contribuições manifestam-se especialmente no preenchimento de lacunas de investimentos e financiamentos para difusão de projetos em geração e transmissão de energia renovável, com potenciais ganhos em termos de diversificação das matrizes energéticas e redução da dependência de combustíveis fósseis. As oportunidades também se encontram presentes nos segmentos de indústrias verdes, em particular de veículos elétricos, e no potencial considerável de cooperação técnica e financeira.

Este artigo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução e as considerações finais. A segunda seção se propõe a contextualizar o panorama global a respeito da transição energética, em particular os seus desafios proeminentes e as possibilidades de superação. Em seguida, na terceira seção, descrevem-se a composição e a metodologia do ETI, sublinhando não somente seus resultados, mas sua utilidade enquanto ferramenta de análise.

Na seção 4, apresentam-se a evolução e as perspectivas para a transição energética na China e na América Latina, considerando os desafios e progressos em termos da sustentabilidade, segurança e equidade dos sistemas de energia e as respectivas condições facilitadoras para transição. Na seção 5, tenciona-se identificar as potencialidades e sinergias entre China e América Latina, com destaque para as atuais dinâmicas relativas aos investimentos chineses em energias renováveis e transição energética na região. A seção 6 traz as considerações finais.

2 OS DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O IMPERATIVO DE ACELERAÇÃO

O panorama contemporâneo se caracteriza pela existência de inúmeros desafios para a efetivação da transição energética global e o atingimento das metas climáticas internacionalmente acordadas. Os choques externos dos últimos anos, incluindo os efeitos da pandemia de covid-19 e o conflito russo-ucraniano, impuseram dilemas aos países em termos de equidade, segurança e sustentabilidade, tornando as perspectivas para a transição energética mais incertas e a necessidade de sua aceleração mais evidente.

A redução sem precedentes da demanda por energia causada pela pandemia em 2020 foi recuperada pela retomada da atividade econômica já no ano seguinte, resultando em desequilíbrios substanciais nos mercados de energia, manifestada na elevação de preços e de emissões de carbono (Belaid, Al-Sarihi e Al-Mestneer, 2023). A situação foi agravada pelo conflito russo-ucraniano, que, embora tenha a Europa em seu núcleo, repercutiu em todas as regiões do globo (WEC, 2022).

Os desdobramentos desse cenário significaram obstáculos à equidade e ao crescimento, bem como à segurança energética e à sustentabilidade ambiental:

(...) altos preços de energia colocam riscos para o crescimento econômico e elevam o custo de vida. Progressos no acesso à energia foram paralisados e países começaram a enfrentar riscos eminentes de segurança energética. O consumo de combustíveis fósseis também aumentou substancialmente, impulsionando as emissões para os níveis mais altos na história. O contexto atual sublinha alguns dos dilemas inerentes da transição energética (WEF, 2022, p. 7, tradução nossa).

A desintegração das cadeias de suprimento de petróleo e gás, em particular o fornecimento de hidrocarbonetos russos para o mercado europeu,⁷ impulsionou os preços do gás natural para níveis sem precedentes, excedendo US\$ 250,00 por barril de óleo equivalente (*barrel of oil equivalent* – BOE),⁸ repercutindo também em elevações nas cotações do carvão, que atingiram patamares recordes, e do petróleo, que ultrapassou a marca dos US\$ 100,00 por barril no primeiro semestre de 2022. Os altos preços de hidrocarbonetos corresponderam a 90% das elevações nos custos globais de eletricidade, cujos efeitos impulsionaram pressões inflacionárias e criaram riscos de recessão (IEA, 2022d, p. 19).

A inflação nos preços de energia impôs sérios riscos de acessibilidade à eletricidade para comunidades mais vulneráveis. Estima-se que cerca de 75 milhões de pessoas que recentemente obtiveram acesso à eletricidade⁹ poderiam perder a capacidade de pagá-la, resultando na elevação do número total de pessoas sem acesso à eletricidade no mundo,¹⁰ enquanto cerca de 100 milhões podem retornar para a dependência de lenha para cozinhar, em vez de soluções mais limpas (IEA, 2022d).

Em resposta às adversidades econômicas e às incertezas geopolíticas, os governos adotaram medidas para lidar com os desafios no fornecimento de energia, incluindo a elevação da geração a partir do carvão¹¹ (Tollefson, 2022). O resultado foi um crescimento de 0,9% – ou 321 megatoneladas (Mt) – das emissões de CO₂ relacionadas ao setor de energia em 2022, atingindo um patamar recorde de mais de 38,8 gigatoneladas (Gt). A expansão das emissões, contudo, foi inferior à esperada,¹² ficando abaixo dos 6% de crescimento de 2021, que significaram a emissão de 2,1 Gt de CO₂ relacionados apenas ao setor energia (IEA, 2022a; 2023a).

Mais recentemente, observou-se o alívio de algumas das pressões mais imediatas da crise energética global, embora a instabilidade dos mercados de energia e da economia mundial persista. Os preços internacionais de combustíveis fósseis decaíram do pico atingido em 2022, apesar da volatilidade com a continuidade do conflito na Ucrânia e dos novos conflitos no Oriente Médio.

As vulnerabilidades no acesso à energia colocaram a segurança energética como prioridade de governos e impuseram implicações de curto e longo alcance para a descarbonização dos sistemas

7. O contexto de desarticulação do fornecimento de energia para a Europa ainda envolveu episódios de sabotagem aos gasodutos Nord Stream, construídos para transportar gás natural da Rússia para a Europa. Em setembro de 2022, foram identificados grandes vazamentos na infraestrutura do Nord Stream 1 e 2, elevando as incertezas em relação ao abastecimento do mercado europeu (Majkut *et al.*, 2022).

8. Unidade utilizada para converter um volume de gás natural em um volume de óleo. É utilizada para comparar, ou converter, em equivalência térmica, um volume de gás natural com um volume de óleo. Por barril refere-se uma unidade de medida de volume, equivalente a 158,98 litros, ou 0,15898 m³. Disponível em: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/glossario>.

9. Os avanços no acesso à eletricidade foram mais significativos na Ásia e aparentemente se mostram mais resilientes, se comparados ao continente africano. Houve elevação do acesso à eletricidade em 2020. Desde 2000, quase 1,2 bilhão de asiáticos ganharam acesso à eletricidade. Em 2020, identificou-se taxa de 97% de acesso à eletricidade na região, em comparação aos 67% em 2000. A Índia foi responsável por cerca de dois terços deste progresso. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity>. Acesso em: 10 nov. 2023.

10. O número de pessoas ao redor do mundo que vivem sem eletricidade aumentou em torno de 20 milhões em 2022, chegando a quase 775 milhões, constituindo o primeiro aumento global desde que a IEA começou a rastrear os números há vinte anos. A maior parte desse aumento teria ocorrido na África subsaariana, onde o número de pessoas sem acesso está quase voltando ao seu pico de 2013 (IEA, 2022d).

11. O aumento dos preços do gás natural e a competição global pelo combustível impulsionaram a demanda por carvão à medida que os países tentam reduzir sua dependência dos suprimentos russos e buscam alternativas. Alguns países reativaram usinas a carvão, enquanto outros aumentaram a produção, visando expandir as exportações. O consumo global de carvão aumentou 1,2% em 2022, ultrapassando 8 bilhões de toneladas em um único ano pela primeira vez (Energy..., 2022; Imahashi, 2022).

12. Apesar da substituição de gás por carvão em muitos países, a ampliação do uso de tecnologias de energia limpa ajudou a evitar um adicional de 550 Mt em emissões de CO₂. A redução na produção industrial, especialmente na China e na Europa, também contribuiu para uma diminuição de 102 Mt em emissões derivadas de processos industriais (IEA, 2023a).

de energia (Belaid, Al-Sarihi e Al-Mestneer, 2023). Embora o foco das discussões tenha se concentrado nas estratégias de segurança energética dos países europeus, principais compradores de petróleo e gás russo, o contexto de crise energética impactou de forma proeminente países em desenvolvimento, em especial as nações importadoras de combustíveis fósseis.¹³

Diante de um contexto de “insegurança energética” (Bordoff e O’Sullivan, 2023), os países têm perseguido estratégias duais de diversificação, visando fortalecer a segurança energética por meio da modificação tanto das matrizes de energia quanto dos parceiros de importação.¹⁴ A ampliação do leque de fornecedores dilui riscos de choques externos, enquanto a incorporação da variedade de fontes de energia limpa provavelmente se ampara em potenciais de geração nacional ou regional (Bricout *et al.*, 2022).

A intensificação dos esforços para alterar as matrizes de geração para fontes de baixo carbono implica, portanto, sinergias entre sustentabilidade e segurança energética. As energias renováveis são, atualmente, as opções mais competitivas em diversas localidades, com redução de 89% dos custos médios de projetos solares fotovoltaicos de grande escala entre 2010 e 2022. A queda nos custos da energia eólica também é significativa, da ordem de 69% para empreendimentos em terra (*onshore*) e de 59% para projetos *offshore* durante o mesmo período (Irena, 2023b).

Ampliar a utilização das energias renováveis, em conjunto com estratégias robustas de eficiência energética, parece ser um caminho mais viável para atingir a meta de reduzir as emissões pela metade até 2030, conforme recomendado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC).¹⁵ A eficiência energética representaria a primeira etapa da transição para sistemas de energia de baixa emissão, oferecendo rápidas e econômicas soluções¹⁶ para reduzir a intensidade energética e o consumo de fontes fósseis (Nam e Jin, 2021; IEA, 2022e).

Gielen *et al.* (2019) argumentam que a eficiência energética e as energias renováveis podem contribuir para reduzir as emissões em até 94% até 2050.¹⁷ A eletrificação emerge como uma área-chave que expressa essas convergências, constituindo uma “megatendência” na qual o uso de combustíveis para produção de energia é reduzido, o consumo de energia assume a forma de eletricidade e os processos industriais e as atividades sociais se tornam menos dependentes de fontes fósseis (Aalto *et al.*, 2021).

As tendências e perspectivas relacionadas à eletrificação se alinham às recomendações da Irena (2022; 2023a), que sublinham a importância de avanços associados à “próxima fronteira” da transição

13. De acordo com a Irena (2022), aproximadamente 80% da população mundial habita países que são importadores líquidos de energia. Esses países contemplam tanto nações desenvolvidas (Alemanha, Itália e Japão) quanto em desenvolvimento, em especial da África e do Sudeste Asiático.

14. Segundo mapeamento da WEF (2022), 11 das 34 economias avançadas dependem exclusivamente de três parceiros comerciais para mais de 70% de suas importações de combustíveis. Da mesma forma, 10 de 18 economias emergentes da Ásia, 27 de 30 países da América Latina e 26 de 46 da África Subsaariana dependem de apenas três países para a maioria de suas importações de combustíveis.

15. De acordo com os cenários avaliados pelo IPCC, limitar o aquecimento em 1,5 °C requer que as emissões de GEEs atinjam o pico antes de 2025 e sejam reduzidas em 43% até 2030 (The Evidence..., 2022).

16. As ações podem incluir a construção de sistemas de aquecimento e refrigeração residenciais mais eficientes, o fomento às práticas de economia circular, a substituição de lâmpadas convencionais por aquelas de LED, a melhoria dos sistemas de climatização comerciais e industriais, investimentos na construção de veículos e motores menos poluentes, a expansão do uso de transporte público, entre outros (IEA, 2022e).

17. De acordo com os cenários estipulados pelo estudo, as energias renováveis seriam responsáveis por 41% das reduções, enquanto os ganhos de eficiência energética representariam 40% do total. Medidas de eletrificação combinadas com energias renováveis contabilizariam os outros 13%. Neste cenário, a parcela das energias renováveis precisaria crescer para 63% do total da oferta primária de energia até 2050.

energética, centrada na descarbonização de setores de uso final, como transportes, processos industriais e aquecimento doméstico, ainda largamente dependentes de combustíveis fósseis.¹⁸ Em contrapartida, os incentivos para a eletrificação, impulsionados pelo crescimento das energias renováveis, exigem a tomada de ações para endereçar desafios técnicos nos sistemas de energia e garantir a estabilidade e a confiabilidade das redes elétricas, bem como reduzir sua vulnerabilidade (Beyza e Yusta, 2021).

A modernização dos sistemas elétricos será fundamental para assegurar a integração de áreas com elevado potencial de geração de energia limpa e renovável com centros consumidores. Igualmente fundamental é o desenvolvimento de novas soluções de flexibilidade, como baterias, bem como de incentivos para a adoção de aplicações tecnológicas capazes de acomodar a oferta e a demanda por energia distribuída (Tai *et al.*, 2022; Lei, 2023).

De forma similar, Gielen *et al.* (2019, p. 47) ressaltam que

será necessária infraestrutura para integrar as tecnologias. Isso incluirá redes inteligentes de carregamento para veículos elétricos; novas interconexões transfronteiriças de eletricidade de baixa perda; linhas de transmissão de super alta voltagem – possivelmente subterrâneas – para enviar quantidades massivas de energia de áreas com recursos eólicos ou solares abundantes para centros de demanda; redes de aquecimento urbano; e estratégias de gerenciamento de biomassa. Sem essa infraestrutura, a comercialização e implantação em massa de tecnologias de baixo carbono para a transição energética não ocorrerão no prazo.

Diferentemente das fontes fósseis de energia, marcadas pela distribuição desigual de recursos finitos e por produção e processamento centralizados em determinados países, as fontes renováveis são abundantes e intermitentes, ao passo que sua geração é descentralizada e dependente de minerais estratégicos para a produção de equipamentos e tecnologias (Paltsev, 2016; O'Sullivan, Overland e Sandalow, 2017; Abrão, 2022).

Nesse contexto, há desafios associados à necessidade de acesso contínuo a minerais como lítio, cobalto, níquel e cobre, essenciais para a fabricação de painéis solares, turbinas eólicas e baterias. Embora a demanda por esses minerais deva aumentar significativamente em razão do crescimento das energias renováveis e das tecnologias de baixo carbono,¹⁹ sua produção é mais concentrada que a dos setores fósseis (petróleo e gás), o que pode suscitar novos dilemas de segurança e dependências por insumos e parceiros comerciais (Gaspar Filho e Santos, 2022), além de riscos ambientais relacionados aos processos de extração e descarte de baterias e dispositivos elétricos.

A aceleração da transição e a eliminação de fontes intensivas em emissões, em particular do carvão, requerem a expansão contínua da capacidade não somente de fontes alternativas como a solar e eólica, mas também de outras fontes de baixo carbono. A Irena (2022; 2023a) estipula que o caminho de 1,5 °C, que prevê reduções de 37 Gt de emissões anuais de CO₂ até 2050, exige investimentos em hidrogênio limpo e seus derivados, bem como na captura e no armazenamento de

18. Embora a descarbonização de setores da indústria pesada se mostre como um desafio de maior magnitude, ações de eletrificação que contribuem para a mitigação de emissões incluem a adoção de veículos elétricos para transporte individual e coletivo e bombas de calor em sistemas residenciais e comerciais de aquecimento (Irena, 2022; 2023a; WEF, 2022).

19. Os tipos de recursos minerais utilizados variam de acordo com a tecnologia: lítio, níquel, cobalto, manganês e grafite são cruciais para o desempenho e a longevidade de baterias, enquanto elementos de terras raras são indispensáveis para a produção de ímãs permanentes utilizados em turbinas eólicas e motores elétricos. As redes elétricas necessitam de enormes quantidades de alumínio, enquanto o cobre se notabiliza por ser a pedra angular de todas as tecnologias associadas à eletricidade. Em um cenário compatível com o cumprimento dos objetivos do Acordo de Paris, a demanda por esses minerais deve aumentar significativamente, superando os 40% para cobre e elementos de terras raras, 60%-70% para níquel e cobalto e quase 90% para o lítio (IEA, 2022b).

carbono (*carbon capture and storage* – CCS) e de bioenergia associada à captura e ao armazenamento de carbono (*bioenergy with carbon capture and storage* – BECCS).²⁰

A insuficiência de financiamento para implementar essas soluções na escala necessária constitui um dos principais obstáculos para assegurar a redução de emissões e o crescimento inclusivo e sustentável. Em última instância, a transição energética depende de crescentes investimentos e financiamentos verdes para promover a descarbonização dos sistemas de energia, em especial nos países em desenvolvimento, que necessitam ampliar o acesso à energia e, simultaneamente, reduzir suas emissões de GEEs (Bhattacharyya, 2021; Belaid, Al-Sarihi e Al-Mestneer, 2023).

Atualmente, cerca de US\$ 1,5 é gasto em tecnologias de energia limpa para cada dólar gasto em combustíveis fósseis, mas até 2030, no cenário de emissões líquidas zero, cada dólar gasto em combustíveis fósseis deveria ser superado por US\$ 5,0 em energia limpa e por US\$ 4,0 em eficiência e usos finais. Isso significa que os investimentos em energias limpas precisariam aumentar para mais de US\$ 4 trilhões por ano até 2030 (IEA, 2022d).

O atendimento às necessidades de investimento em energia renovável e transição energética envolve, necessariamente, o apoio de entidades públicas e atores privados, que ainda se caracteriza por ser restrito em países em desenvolvimento, onde sua necessidade é mais elevada.²¹ A provisão de financiamento público internacional, combinada com outros determinantes ligados a políticas de atração e incentivos dos países hospedeiros, constitui um forte impulsionador dos investimentos nos países em desenvolvimento, cumprindo o papel de mobilizar o capital privado em direção às energias renováveis (Ragosa e Warren, 2019).

Nesse contexto, seria imprescindível fortalecer e coordenar ações de cooperação internacional para mobilizar recursos financeiros, compartilhar conhecimentos e tecnologias, reforçar capacidades institucionais e promover padrões globais de eficiência energética. Os países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e do G20 deveriam liderar o caminho ao promover investimentos em energia limpa e encerrar o apoio à infraestrutura baseada em carvão,²² estimulando o diálogo para a transição energética (Quitrow *et al.*, 2019). No caso da China, há crescente disposição em incrementar o engajamento de suas empresas e entidades de financiamento em energias renováveis e indústrias verdes no exterior (Amaral *et al.*, 2023).

Além do reconhecimento acerca da necessidade de ampliação dos esforços e da cooperação internacional, capazes de fortalecer sinergias e complementaridades, o enfrentamento dos desafios relativos à transição energética exige um mapeamento em relação aos seus progressos e dilemas. O ETI constitui uma ferramenta considerada capaz de subsidiar esse processo, à medida que identifica as trajetórias de transição energética de um conjunto extenso de países a partir de indicadores

20. As seis avenidas tecnológicas e suas respectivas contribuições para a redução das emissões são: i) energias renováveis (25%); ii) eficiência energética (25%); iii) eletrificação (20%); iv) hidrogênio (10%); v) CCS (6%); e vi) BECCS (14%) (Irena, 2022).

21. Embora os investimentos em transição energética tenham aproximadamente dobrado ao longo da última década, China, Estados Unidos e UE contabilizaram mais de 80% do total (BloombergNEF, 2022). Em contrapartida, o continente africano, com cerca de 40% do potencial global de energia renovável, respondeu por apenas 2% dos investimentos globais ao longo da última década (Ferris, 2021; Irena e AfDB, 2022).

22. Os compromissos globais de mitigação contribuíram para reduzir a disposição dos países para financiar usinas de carvão nos últimos anos. Ainda em 2021, Japão e Coreia do Sul se comprometeram a encerrar o apoio financeiro para a construção de usinas termelétricas a carvão no exterior, decisão que foi seguida pela China (Li, Li e Bo, 2022). Os três países correspondiam a 95% dos financiamentos transfronteiriços em projetos de carvão desde 2013 (Liu, Wang e Wang, 2021).

associados tanto às dimensões do triângulo energético quanto às capacidades tidas como habilitadoras para a transição energética.

3 O ÍNDICE DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA (ETI)

Vários índices foram desenvolvidos com o objetivo de expressar, comunicar e oferecer panoramas relacionados à transição energética. Eles agregam diversos indicadores e, embora não sejam isentos de críticas, contribuem aos esforços de quantificar e qualificar aspectos referentes ao desempenho dos países, permitindo a realização de comparações e análises que podem ser empregadas para diferentes finalidades, tais como: sublinhar mudanças ao longo do tempo; avaliar progressos em relação aos compromissos nacionais e regionais; informar tendências aos tomadores de decisão, aos formuladores de política e às demais partes interessadas; explorar oportunidades de investimento; e facilitar previsões (Neofytou, Nikas e Doukas, 2020).

Diante da crescente importância associada ao mapeamento dos progressos da transição energética global, o WEF desenvolveu o ETI, entendido como uma ferramenta analítica capaz de rastrear o desempenho dos sistemas de energia dos países e as condições que os habilitam a promover a transição energética.

As origens do ETI remontam às publicações do Índice de Desempenho da Arquitetura Energética (Energy Architecture Performance Index – Eapi), publicado anualmente entre 2013 e 2017. Durante esse período, o WEF, em parceria com a empresa de consultoria Accenture, providenciou um índice composto por três subíndices, conhecidos como “triângulo energético”: i) crescimento econômico e desenvolvimento; ii) sustentabilidade ambiental; e iii) acesso e segurança energética. O Eapi pretendia explorar as tendências e o desempenho da arquitetura dos sistemas nacionais de energia e fornecer orientações para tornar a transição energética mais efetiva, bem como promover o equilíbrio entre os componentes do triângulo energético (Fu, Lai e Yu, 2021).

O desenvolvimento do ETI buscou ampliar as interpretações possibilitadas pelo Eapi, fornecendo informações não somente sobre o desempenho dos sistemas nacionais de energia, mas também sobre as capacidades dos países em promover a transição energética. Dessa forma, o novo índice seria capaz de refletir a interdependência entre a transformação dos sistemas de energia e fatores macroeconômicos, políticos, regulatórios e sociais que determinam a preparação de um país para a transição.

A proposta, portanto, consiste em oferecer uma perspectiva holística para avaliar a transição energética, assumindo que os diversos componentes dentro do sistema e sua associação com aspectos externos ao setor de energia contribuem e integram a complexidade do fenômeno (Kuc-Czarnecka, Olczyk e Zinecker, 2021). A natureza abrangente de sua composição, conforme será detalhado adiante, alinha-se ao crescente entendimento a respeito das implicações mais amplas da transição energética, bem como à sua coevolução com fatores políticos e econômicos (Sovacool, 2016; Cherp *et al.*, 2018).

O objetivo principal do ETI é monitorar a transição energética e as possibilidades de transformação dos sistemas de energia em um escopo de 120 países,²³ bem como orientar decisões de investimento, elaborar políticas públicas e aplicar soluções mais limpas e sustentáveis. Doh, Budhwar e Wood (2021) sublinham que o índice é um valioso e abrangente mecanismo de referência, pois

23. É importante ressaltar uma lacuna relevante: a Rússia, uma das principais potências energéticas do mundo, não está na base da WEF em sua edição mais atualizada.

possibilita a realização de análises comparativas e auxilia na definição de prioridades e no alinhamento de políticas e incentivos de mercado. Adicionalmente, constitui instrumento para avaliar o progresso de diferentes países em relação ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o ODS 7, que prevê o acesso universal, confiável e sustentável à energia.²⁴

A estrutura mais recente adotada pelo ETI possibilita observar o desempenho atual dos sistemas de energia dos países (*system performance*) e suas capacidades para efetivar caminhos de transição energética (*transition readiness*) por meio de cinco componentes ponderados: i) equidade e inclusão; ii) segurança; iii) sustentabilidade; iv) estrutura regulatória e investimento; e v) fatores habilitadores.

A dimensão desempenho do sistema fornece uma avaliação do sistema energético com base em três dimensões principais, a saber: i) equidade; ii) sustentabilidade ambiental; e iii) segurança energética.

Em conjunto, essas três dimensões conformam o já mencionado triângulo energético, estrutura conceitual que reconhece suas interconexões e sua centralidade para a gestão e o funcionamento de sistemas sustentáveis de energia. Na visão dos formuladores do ETI, o objetivo primordial da transição energética efetiva deveria ser pautado pela otimização de resultados das três categorias, tornando possível a construção de um sistema seguro, acessível, sustentável e inclusivo (WEF, 2021; 2022; 2023).

A *equidade energética* constitui a dimensão na qual é avaliada a acessibilidade a formas modernas e limpas de energia, bem como a manutenção de preços competitivos para atividades econômicas e a proteção de consumidores vulneráveis. A *segurança energética* compreende a confiabilidade do fornecimento de energia, bem como a resiliência das redes elétricas e do sistema de energia como um todo. Já a *sustentabilidade ambiental* combina avaliações de eficiência energética, descarbonização e progressos em direção a sistemas limpos de energia (WEF, 2023).

A diferença do ETI para os outros índices, como o Índice Trilema de Energia²⁵ (World Energy Council – WEC), consiste justamente na proposta de compreender a preparação de um país para a transição energética por meio de apreciações multicriteriais (WEC, 2022). O segundo pilar do índice – preparação para a transição (*transition readiness*) – se baseia no reconhecimento de que o progresso da transição energética em um país também é determinado pela criação de um ambiente de capacitação robusto, efetivo e multidimensional (Singh *et al.*, 2019).

A avaliação da preparação de um país decorre da presença ou ausência de um ecossistema composto por dimensões facilitadoras, incluindo a disponibilidade de investimento e capital, a estabilidade de instituições e da governança, a efetividade da regulamentação e do compromisso político, o suporte de um ambiente de negócios inovador, a formação de capital humano e a capacidade da estrutura do sistema de energia em acomodar mudanças (Hund *et al.*, 2018).

24. De acordo com o último relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os ODS, o ritmo atual de progresso em direção às metas de energia sustentável é insuficiente para alcançar o ODS 7 até 2030. Melhorias na eficiência energética precisarão ser aceleradas para alcançar a meta climática de reduzir as emissões de GEEs. Centenas de milhões de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade, logo, o progresso lento em relação ao uso de combustíveis limpos para cozinhar significa que a saúde de 2,4 bilhões de pessoas está em risco. Além disso, persistem disparidades enormes no acesso à energia sustentável, deixando os mais vulneráveis ainda mais para trás (UNSTATS, 2022, p. 40).

25. Enquanto o triângulo energético já era, em alguma medida, captado pelo Eapi, índice predecessor do ETI, outros índices compostos, como o Índice Trilema de Energia (Energy Trilemma Index), se propuseram a estabelecer diagnósticos semelhantes. Igualmente conhecido pela sigla ETI, o trilema de energia é composto por avaliações a respeito da segurança energética, sustentabilidade ambiental e equidade energética de um país, refletindo a sua capacidade em atender a demanda de energia atual e futura, prover acesso de energia de modo universal e acessível e concretizar a transição do sistema de energia em paralelo à redução de danos ambientais e impactos climáticos (WEC, 2022).

Então, o ETI é composto por dois subíndices, sendo a composição de cada um baseada em diferentes dimensões. O cálculo de cada uma das dimensões resulta da agregação de indicadores individuais²⁶ (quadro 1).

QUADRO 1

Indicadores individuais e dimensões do ETI

Subíndices	Dimensões	Indicadores
Desempenho do sistema (60%)	Equidade e inclusão (33%)	Acesso à energia
		Acessibilidade energética
		Desenvolvimento econômico
	Sustentabilidade ambiental (33%)	Eficiência energética
		Energia limpa
		Mitigação de GEEs
	Segurança (33%)	Segurança no fornecimento
		Resiliência
		Confiabilidade
Preparação para a transição (40%)	Estrutura regulatória e investimento (50%)	Regulação e compromisso político
		Finanças e investimento
	Fatores habilitadores (50%)	Educação e capital humano
		Inovação
		Infraestrutura

Fonte: WEF. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/a1-methodology/>.

Para Neofytou, Nikas e Doukas (2020), o ETI contribui para o mapeamento da transição energética global por meio de indicadores que se ocupam em atender a complexidade do fenômeno e sua interdependência com fatores econômicos (crescimento e desenvolvimento, capital e investimento), ambientais (sustentabilidade), energéticos (segurança de acesso e matriz energética), políticos (compromisso e regulamentação), institucionais (governança e sistema de inovação) e sociais (educação e participação).

Todavia, cabe ressaltar que, embora balizado por uma ampla gama de indicadores, o índice enfrenta críticas em relação à falta de clareza em sua seleção e atribuição de pesos (Overland *et al.*, 2019). Há também questionamentos quanto à consistência dos critérios de avaliação devido às relações funcionais entre os indicadores e à ausência de uma estrutura coerente para a agregação dos dados (Neofytou, Nikas e Doukas, 2020). A escolha dos indicadores e a atribuição de pesos são criticadas por não oferecerem justificativas substanciais, incluindo variáveis de importância marginal e distorções que podem superestimar ou subestimar certos aspectos (Kuc-Czarnecka, Olczyk e Zinecker, 2021). Cabe recordar que a atribuição de pesos iguais em índices compostos,²⁷ embora de fácil entendimento, carece de evidências empíricas quanto à importância relativa das variáveis na transição energética e pode não refletir as prioridades individuais dos países em suas jornadas de transição (Fu, Lai e Yu, 2021).

26. O detalhamento dos indicadores presentes em cada dimensão está disponível no apêndice.

27. A atribuição de pesos iguais em índices compostos vem sendo debatida sob a perspectiva de robustez e interpretação de pontuações agregadas. Os índices compostos são amplamente utilizados e influentes, em particular na esfera da economia do desenvolvimento. Contudo, há controvérsias relacionadas à seleção arbitrária dos pesos dos componentes. Há considerações metodológicas, especialmente nas etapas de ponderação e agregação, em que surgem críticas importantes (Seth e McGillivray, 2018; Greco *et al.*, 2018).

A despeito das dimensões globais atreladas à transição, as decisões são de fato tomadas localmente por formuladores de política, empresários e consumidores. As circunstâncias específicas podem e devem influenciar a priorização de variáveis ou mesmo a atribuição de pesos distintos para a avaliação da transição energética de países ou grupo de países. Nesse sentido, o ETI não teria necessariamente a pretensão de se constituir como “recurso definitivo para o planejamento da transição energética”, mas uma ferramenta analítica que possibilita identificar áreas para melhoria e que pode ser adaptável aos contextos específicos dos países (Singh *et al.*, 2019, p. 3).

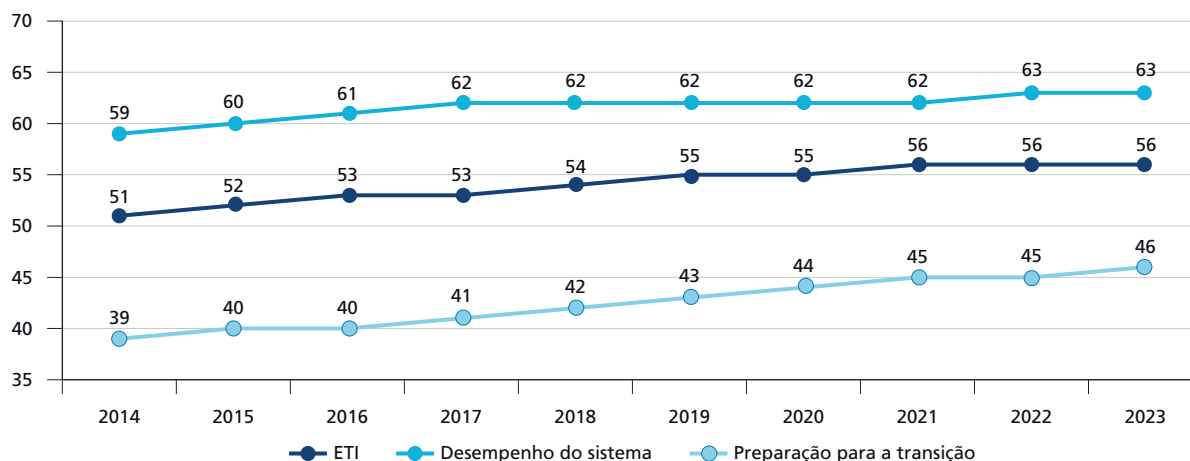
A transição energética e a velocidade de sua efetivação dentro de um universo nacional dependem de uma variedade de fatores, incluindo o contexto específico de cada país ou região, a disponibilidade de recursos e tecnologia, o nível de vontade política e apoio público e a urgência da crise climática.

O mais recente relatório do fórum, *Fostering Effective Energy Transition* (WEF, 2023), apresentou o balanço do ETI ao longo do período 2014-2023, detalhando os progressos e desafios dos 120 países mapeados pelo índice. Nesse período, as pontuações globais cresceram de forma consistente. A dimensão da preparação para a transição cresceu 19%, impulsionada pelos países emergentes e em desenvolvimento, mas apenas 6% das nações obtiveram melhoria na dimensão de desempenho do sistema (WEF, 2023).

O gráfico 1 ilustra a evolução das pontuações globais do ETI e de seus subíndices, considerando o período entre 2014 e 2023.

GRÁFICO 1

Pontuações globais do ETI e de seus subíndices (2014-2023)



Fonte: WEF. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/country-deep-dives-a57a63d0d5/#report-nav>.

De um total de 120 países, 113 progrediram em suas pontuações, embora apenas 55 tenham obtido avanços superiores a 10%. Notavelmente, grandes centros emergentes de demanda por energia, como Índia, China e Indonésia, encontram-se dentro deste grupo. Apenas 41 países alcançaram ganhos constantes ao longo da década passada.²⁸

28. Embora muitas economias avançadas estejam progredindo na transição energética, quatorze países emergentes e em desenvolvimento também se destacaram por seus avanços. Em termos de melhorias, Azerbaijão, Quênia, Paraguai e Zimbábue se sobressaíram nesse grupo de países.

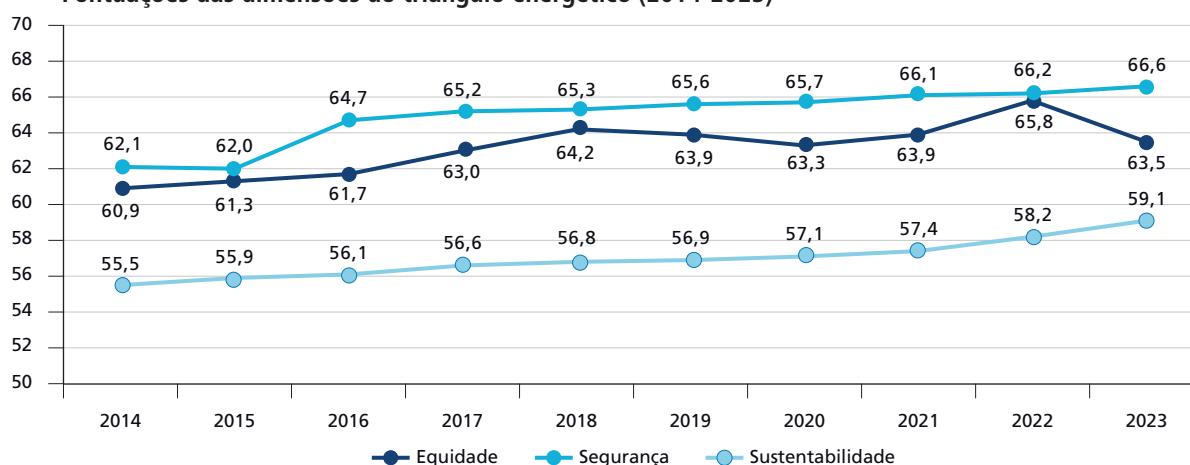
Os crescentes desafios em relação à equidade e à inclusão na transição energética impactaram a pontuação média global do ETI e contribuíram para a sua estagnação nos últimos três anos. Há significativos obstáculos para uma transição assentada no equilíbrio entre as dimensões do triângulo energético, especialmente nos países em desenvolvimento, mais vulneráveis às ações e aos efeitos da crise climática, e com capacidades reduzidas em comparação aos países desenvolvidos. As desigualdades manifestam o desafio de não somente promover estratégias para garantir a segurança e a sustentabilidade, mas também o acesso a recursos para efetivar caminhos justos e equitativos de transição (Antje *et al.*, 2023).

A volatilidade nos mercados de energia, causada por fatores econômicos e geopolíticos, levou a choques de preços, agravando a pobreza energética. O contexto adverso impactou a competitividade de indústrias intensivas em energia, implicando riscos ao crescimento econômico. Os países de baixa renda foram desproporcionalmente afetados, enfrentando inflação de combustíveis e alimentos, além de maior volatilidade nos mercados financeiros, com níveis crescentes de endividamento e juros maiores (Guénette, Kenworthy e Wheeler, 2022).

O gráfico 2 ilustra a evolução das pontuações observadas nos três diferentes quesitos (equidade, segurança e sustentabilidade) relacionados ao triângulo energético. Chama atenção a queda na equidade ocorrida entre 2022 e 2023.

GRÁFICO 2

Pontuações das dimensões do triângulo energético (2014-2023)



Fonte: WEF. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/country-deep-dives-a57a63d0d5/#report-nav>.

Os países desenvolvidos se destacam quando consideradas as dimensões de equidade e segurança, sobretudo. Em contrapartida, os países em desenvolvimento, em particular da Ásia, América Latina e África, exibem pontuações abaixo da média mundial nessas dimensões e enfrentam desafios significativos em suas trajetórias. As economias emergentes e em desenvolvimento da Ásia, do Oriente Médio e do norte da África apresentam desafios maiores na dimensão da sustentabilidade, dada a dependência de seus sistemas de energia em relação à produção e/ou ao consumo de combustíveis fósseis.

A lista dos vinte primeiros colocados no *ranking* do ETI, de 2023, é dominada por países desenvolvidos, com amplo destaque para os países europeus, conforme ilustrado na tabela 1.

TABELA 1

Vinte primeiros colocados no ranking do ETI em 2023

Posição	País	Região	ETI	Desempenho do sistema	Preparação para a transição
1ª	Suécia	Europa	78,5	81,0	74,8
2ª	Dinamarca	Europa	76,1	73,7	79,8
3ª	Noruega	Europa	73,7	77,3	68,3
4ª	Finlândia	Europa	72,8	68,9	78,6
5ª	Suíça	Europa	72,4	75,7	67,4
6ª	Islândia	Europa	70,6	73,9	65,6
7ª	França	Europa	70,6	73,3	66,5
8ª	Áustria	Europa	69,3	69,2	69,5
9ª	Holanda	Europa	68,8	65,7	73,5
10ª	Estônia	Europa	68,2	74,2	59,2
11ª	Alemanha	Europa	67,5	64,6	71,9
12ª	Estados Unidos	América do Norte	66,3	68,4	63,2
13ª	Reino Unido	Europa	66,2	67,7	64,0
14ª	Brasil	América Latina e Caribe	65,9	68,9	61,3
15ª	Portugal	Europa	65,8	66,7	64,5
16ª	Espanha	Europa	65,0	65,1	64,7
17ª	China	Ásia	64,9	65,0	64,8
18ª	Hungria	Europa	64,3	68,8	57,5
19ª	Canadá	América do Norte	64,2	66,7	60,3
20ª	Luxemburgo	Europa	64,2	61,5	68,2

Fonte: WEF (2023).

Elaboração dos autores.

Ressalvadas as exceções de China e Brasil, esse quadro reforça as disparidades existentes em relação aos diferentes estágios de desenvolvimento socioeconômico e o fato de que as nações possuem capacidades distintas para promover trajetórias consistentes de descarbonização e ação climática. Essas distinções encontram correspondência no princípio das “responsabilidades comuns porém diferenciadas” (*common but differentiated responsibilities* – CBDR),²⁹ tradicionalmente defendido pelos países em desenvolvimento nas negociações internacionais do clima (Jinnah, 2017).

Considerando a heterogeneidade da transição e suas manifestações diante das distintas realidades nacionais e/ou regionais, pretende-se, na seção 4, apresentar a evolução e as perspectivas para a transição energética na China e na América Latina, considerando os desafios e progressos em termos da sustentabilidade, segurança e equidade dos sistemas de energia e as respectivas condições facilitadoras para transição.

4 A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA CHINA E NA AMÉRICA LATINA: TRAJETÓRIAS E DESAFIOS

O ETI se apresenta como uma ferramenta útil para descrever os panoramas da transição energética na China e na América Latina, em especial quando combinado ao uso de outros dados e indicadores

29. O princípio pode ser assim resumido: devem arcar com a maior parte dos reparos os países que, historicamente, mais contribuíram para a criação do problema climático e os países que contam com capacidade de arcar com os custos da implementação da agenda climática (Amaral *et al.*, 2023).

econômicos e socioambientais. O índice permite observar ambas as trajetórias, em particular o desempenho dos sistemas de energia e as condições habilitadoras para a transição energética.

De um lado, observa-se que na China os principais desafios residem na composição da matriz energética, ainda caracterizada pela elevada dependência por fontes fósseis de energia, em particular do carvão. O país asiático, contudo, tem alcançado avanços significativos em termos de expansão da capacidade de energia renovável, fenômeno que reflete sua liderança produtiva e tecnológica em tecnologias energéticas.

De outro lado, a América Latina se destaca pela sustentabilidade de seus sistemas energéticos, menos intensivos em emissões, devido à elevada participação da energia hidrelétrica nas matrizes de geração. A região também apresenta significativo potencial para expandir o uso de fontes limpas de energia, principalmente eólica e solar, cuja participação no fornecimento de eletricidade tem crescido nos últimos anos. Isso não significa a inexistência de desafios, presentes sobretudo nas dimensões de equidade e segurança energética, tampouco de imperativos associados à melhoria da preparação da região para a transição energética.

4.1 A transição energética na China

A China ocupa hoje a 17^a posição no *ranking* do ETI, com pontuação de 64,9. Apesar da trajetória de desenvolvimento socioeconômico do país ser intensiva em fontes fósseis e, consequentemente, em emissões, o país tem elevado seu compromisso com a descarbonização do sistema energético e estabelecido medidas e regulamentos voltados para a promoção das energias renováveis e de outras tecnologias de baixo carbono. As medidas têm proporcionado resultados positivos nos indicadores chineses, ainda que persistam desafios impeditores de transição mais acelerada.

De acordo com o WEF, a China apresenta boa *performance* do sistema e prontidão para transição energética. Melhorias na diversificação do fornecimento de eletricidade e na modernização da rede, com aumento da participação das fontes renováveis, estão entre os principais motores desse desempenho, ainda que a matriz energética siga predominantemente fóssil devido à alta utilização de carvão. Já no escopo de prontidão para a transição, o país apresentou comportamento positivo nos indicadores de financiamento e investimento, capital humano e educação, infraestrutura e crescimento e desenvolvimento econômico. No entanto, apesar da elevação substancial dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (na ordem de 35% nos últimos dez anos), a *performance* de inovação possui margens para melhorias (WEF, 2023).

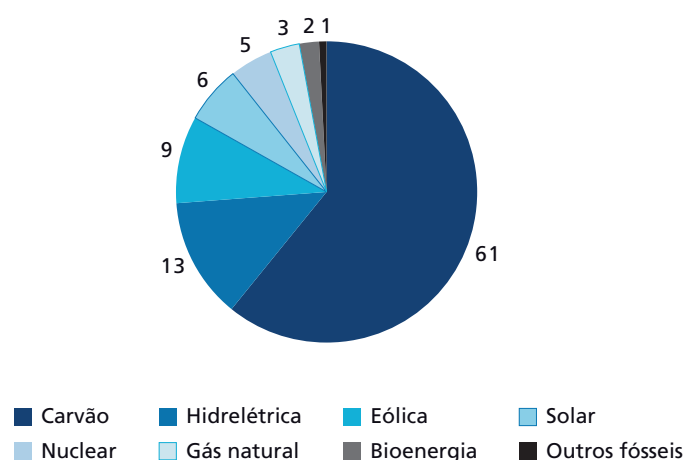
É pertinente destacar, contudo, a grande variação regional desses indicadores. Shen *et al.* (2023) agruparam 282 cidades chinesas em cinco categorias funcionais com base na sua estrutura de produção industrial e PIB *per capita*: cidades de produção de energia (52), cidades industriais (93), cidades de serviços (44), cidades de alta tecnologia (16) e cidades menos desenvolvidas (77). As pontuações médias do ETI variam entre esses grupos, com as cidades de alta tecnologia obtendo pontuação mais elevada (71,9) e as cidades de produção de energia, a mais baixa (36,3). Cidades de serviços (58,4), cidades industriais (45,7) e outras cidades menos desenvolvidas (44,5) ficaram no escopo intermediário. Diferenças significativas na prontidão para a transição contribuem para a heterogeneidade entre os grupos. As cidades de serviços e de alta tecnologia exibiram pontuações de prontidão para a transição notavelmente mais elevadas que as demais.

Yang *et al.* (2023) destacam que as discrepâncias na transição para o uso de energias renováveis nas cidades chinesas são notáveis entre as regiões ocidental e oriental. Nas regiões sudoeste e noroeste, como Sichuan, Yunnan, Qinghai, Gansu e Guangxi, observou-se uma expressiva adoção de fontes de energia renovável. Em contrapartida, as cidades com proporção inferior de consumo de energia renovável concentram-se principalmente no nordeste, norte e leste da China, especialmente em Heilongjiang, Liaoning, Shandong e Anhui.

O gráfico 3 apresenta a distribuição da matriz elétrica chinesa por fonte de energia. Chama atenção o fato de que 61% do sistema elétrico é sustentado pela queima de carvão.

GRÁFICO 3

Geração de eletricidade na China em 2023, por fonte de energia (Em %)



Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

Enquanto a participação da geração hidrelétrica tem se mantido relativamente estável ao longo das últimas décadas, a da energia eólica, responsável por 9% da eletricidade gerada no país, registrou expressivo aumento nas últimas duas décadas. Entre 2001 e 2011, a geração eólica passou de 0,7 para 74,1 terawatts-hora (TWh), chegando a 885 TWh em 2023. A mesma tendência, ainda que mais recente, mas em menor ritmo, foi registrada em relação à energia solar, cuja geração de eletricidade de 2012 a 2022 passou de 3,5 TWh para 584 TWh (gráfico 4).

A expansão verificada nas unidades geradoras de energias renováveis, excetuando-se a hidrelétrica, é notória. O gráfico 5 ilustra essa tendência.³⁰

30. De acordo com Röder e Welfle (2019), o aumento da capacidade de bioenergia enfrenta obstáculos significativos devido aos custos comparativamente elevados associados à produção de eletricidade. Estes custos se devem, principalmente, às tecnologias existentes que se baseiam, em grande parte, em métodos convencionais de centrais elétricas, tais como a combustão direta de combustíveis sólidos ou a utilização de subprodutos gasosos da biomassa em turbinas a gás ou motores a gás.

GRÁFICO 4

Geração de eletricidade a partir de fontes limpas de energia (2000-2023)

(Em TWh)

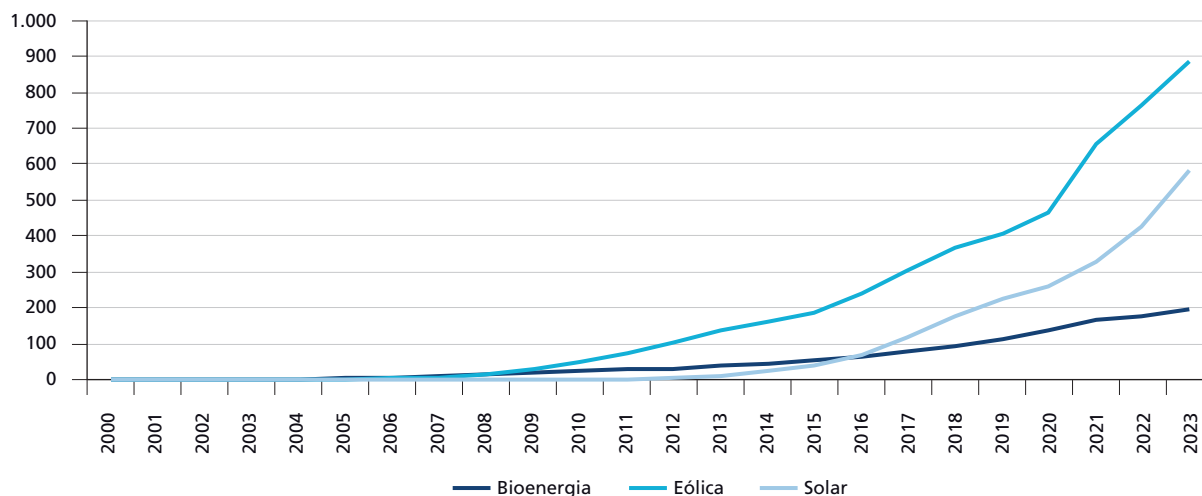
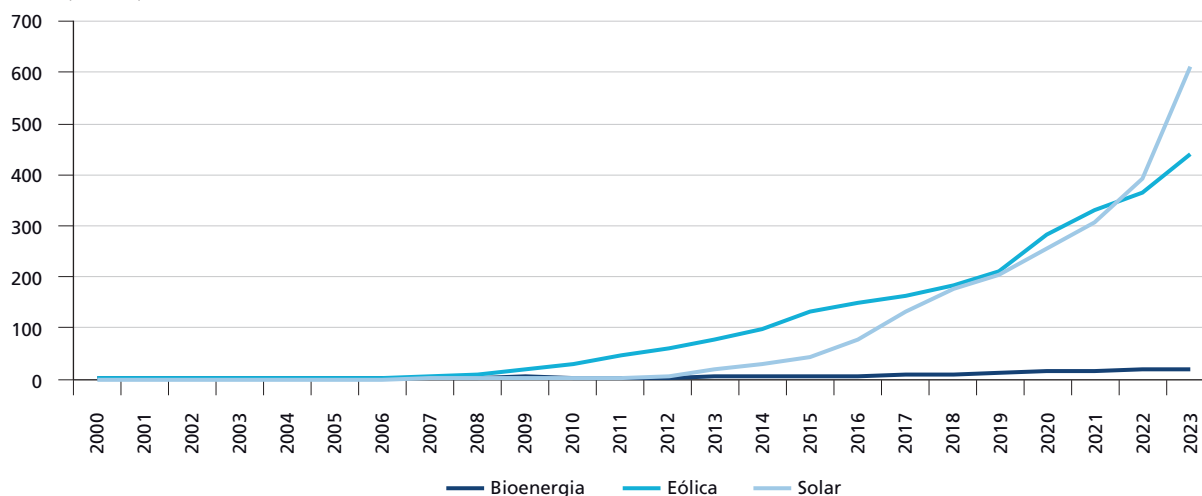
Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

GRÁFICO 5

Capacidade instalada a partir de fontes limpas na China (2000-2023)

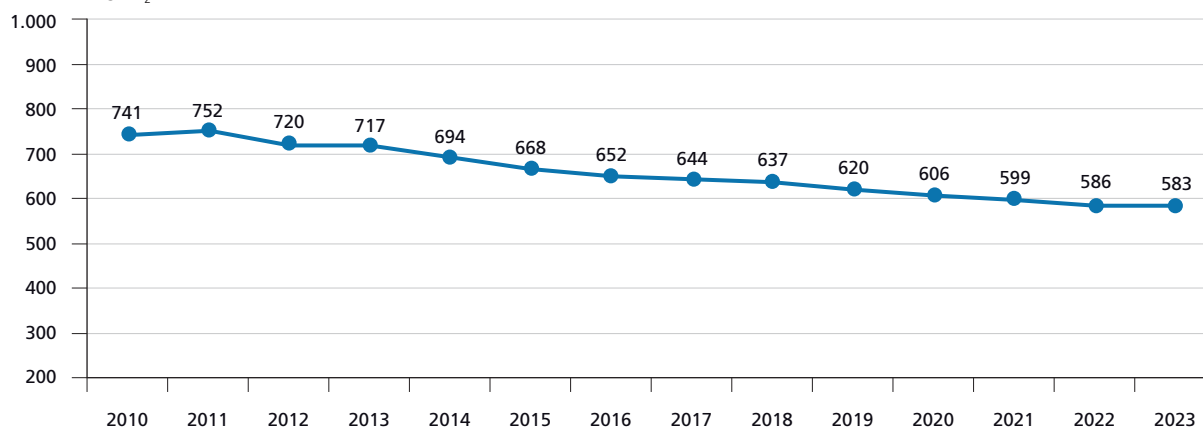
(Em GW)

Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

O crescimento das energias renováveis tem permitido à China cumprir compromissos assumidos globalmente. Conforme meta apresentada na 15ª Conferência de Copenhague (COP 15), em 2009, a China logrou reduzir, em 2020, a intensidade de CO₂ em 48,4% em comparação com o nível de 2005. Na Cúpula de Ambição Climática de Paris, em 2020, o presidente Xi Jinping ainda afirmou que a China “adotaria políticas e medidas mais vigorosas” para 2030, incluindo a redução da intensidade de CO₂ em mais de 65% em relação aos níveis de 2005 (Chaney e Godement, 2021).

Em particular no setor de geração de eletricidade, observa-se a gradativa redução da intensidade de emissões, conforme se observa no gráfico 6.

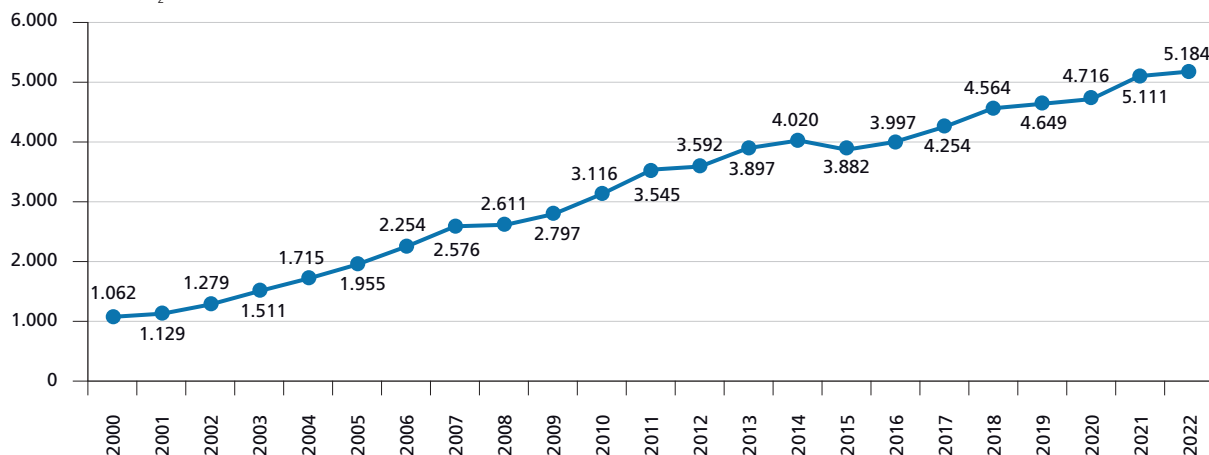
GRÁFICO 6

Intensidade de emissões no setor de geração de eletricidade da China (2010-2023)(Em gCO₂e/kWh)Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

Adicionalmente, a China tem obtido êxitos relacionados aos esforços de conservação e eficiência energética. A intensidade energética, que mede a quantidade de energia necessária para gerar uma determinada quantidade de produto, teve queda superior a 70% em quatro décadas, passando de 3,4 toneladas de carvão equivalente (tce) por 10.000 RMB, em 1980, para 0,74 tce por 10.000 RMB, em 2020. Durante as últimas duas décadas, os esforços da China representaram metade da economia global de energia (UNCTAD, 2023).

Apesar desses progressos em direção ao estabelecimento de um sistema de energia menos intensivo em emissões e marcado por uma maior presença de energias renováveis, há no caso chinês a nítida manifestação das questões associadas ao triângulo energético, em especial de suas interações, traduzidas no “trilema” de energia. Nesse sentido, convém sublinhar os desafios referentes à dimensão da sustentabilidade de seu sistema de energia. O gráfico 7 evidencia como o grau de emissões de GEEs do sistema elétrico chinês é massivo e apresenta uma trajetória ascendente.

GRÁFICO 7

Emissões de CO₂ do setor de geração de energia da China (2000-2022)(Em MtCO₂e)Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

O crescimento expressivo de cerca de 10% ao ano do PIB chinês desde o período de reforma e abertura comercial e econômica resultou na expansão da economia em cerca de cem vezes até 2020 (World Bank, 2020). Com a entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC) e o aumento substancial do seu comércio exterior, as necessidades vinculadas à geração de eletricidade, indústria, transportes, infraestrutura e outros setores em expansão associados a esse crescimento impulsionaram a demanda energética no país, que registrou aumento de cerca de seis vezes nos últimos vinte anos, tanto em termos absolutos quanto *per capita*.³¹

O atendimento ao aumento no consumo de energia tornou a economia chinesa significativamente dependente do mercado energético global e de suas principais rotas de abastecimento, das quais se destaca o estreito de Malaca, por onde trafega a maior parte das importações chinesas de energia. Na China, a importação de petróleo bruto representa mais da metade do seu consumo total (IEA, 2021).

Nesse contexto, o crescimento da geração e da capacidade instalada a partir de fontes renováveis, conforme evidenciado nos gráficos 4 e 5, contribui ao equacionamento dos dilemas entre segurança, equidade e sustentabilidade, à medida que reduz a vulnerabilidade em face das importações de energia, diversifica as fontes de fornecimento de eletricidade e agrega aos esforços de mitigação das mudanças climáticas. Mesmo assim, as políticas do governo chinês direcionadas à diversificação da estrutura energética permanecem permeadas por limites que têm, até o momento, condicionado o seu processo de transição energética, marcado por progressos e desafios que se moldam aos dilemas do triângulo energético.

Isso fica evidente quando se analisa o setor de carvão. Em 2016, o governo chinês proibiu a construção de novas centrais, acarretando redução na utilização desse combustível. No entanto, a proibição expirou em 2018 e a construção de novas plantas voltou a acelerar. Em 2020, a China construiu três vezes mais capacidade de produção de energia a carvão do que o resto do mundo combinado, de acordo com o Global Energy Monitor e o Centro de Investigação sobre Energia e Ar Limpo (Maizland, 2021). Atualmente, a China é a maior produtora mundial e é responsável por cerca de metade do carvão consumido globalmente (Myllyvirta, 2023).

Em resumo, as necessidades de abastecimento energético da segunda maior economia do mundo implicaram também a gradual diversificação da matriz energética em direção a maior utilização de fontes renováveis e ganhos de eficiência conduzidos por políticas e incentivos motivados por diversos fatores. Esses fatores incluem não somente benefícios em termos de segurança energética e sustentabilidade, mas também o aproveitamento de oportunidades de diversificação produtiva e de inovação e desenvolvimento tecnológico (Hilton e Kerr, 2016; Queiroz e Nogueira, 2021).

4.1.1 Ação pública rumo ao esverdeamento da economia chinesa

Em termos de compromisso político, a China estabeleceu um quadro abrangente conhecido como a política 1+N. O número 1 representa o documento político que descreve os princípios orientadores para alcançar as metas de pico e neutralidade da China. O N abrange um plano de ação em conjunto com documentos complementares destinados a reduzir as emissões de carbono e a facilitar a transição para uma economia verde em vários setores. As ações da China visam a um conjunto de áreas prioritárias: energia, indústria, construção urbana e rural, economia circular e transporte (UNCTAD, 2023).

31. Disponível em: <https://ember-energy.org/countries-and-regions/china/>.

O plano de ação fornece um roteiro para a concretização dos objetivos climáticos para 2030 e 2060, incluindo metas efetivas nas áreas mencionadas. O plano menciona a meta de elevar a participação de fontes não fósseis de energia no total consumido para 80% até 2060 e atingir o pico e a estabilização do consumo de petróleo entre 2026 e 2030.

Entre as metas específicas relativas ao setor de energia estão: a manutenção da capacidade doméstica de processamento de petróleo bruto em 1 bilhão de toneladas até 2025; que pelo menos 50% da eletricidade seja transmitida por meio de novas linhas construídas para fontes renováveis; e que se atinja 40 GW de capacidade hidrelétrica instalada, sobretudo na região sudoeste.³² Outras metas incluem a redução de 65% das emissões de CO₂ por unidade do PIB até 2025, em comparação ao nível de 2005, e a elevação da representação das capacidades eólica e solar para 25% do total até 2030 (Boer e Danting, 2022).

De acordo com o 14º Plano Quinquenal (Five Year Plan – FYP), cujo planejamento se estende até 2025, o desenvolvimento do sistema energético da China envolverá cinco objetivos principais: i) segurança energética “mais segura e sólida”; ii) transição energética de baixo carbono “notavelmente eficaz”; iii) aumento “significativo” da eficiência energética; iv) melhoria “óbvia” da capacidade de inovação; e v) melhoria contínua dos serviços energéticos gerais (Carbon Brief, 2022).

As medidas adotadas nos âmbitos fiscal e tributário proporcionaram incentivos e subsídios importantes às indústrias verdes, paralelamente a uma maior regulação e oneração direcionadas às atividades poluidoras. Uma série de incentivos tributários foram introduzidos para desonerar empresas e governos locais engajados em investimentos de P&D e para estimular as indústrias verdes. Empresas qualificadas envolvidas na prevenção e no controle da poluição, por exemplo, podem usufruir de uma taxa preferencial reduzida de imposto de renda corporativo. Paralelamente, a geração de energia a partir de fontes renováveis, incluindo hidrelétricas, tornou-se elegível para deduções fiscais que variam de 50% a 100% do imposto sobre valor adicionado (IVA).³³

Desde a última década, a China dominou os investimentos globais em tecnologias de baixo carbono, representando quase metade do total. Em 2023, o país destinou cerca de US\$ 676 bilhões em investimentos, abrangendo, entre outros, energia solar e eólica, veículos elétricos e baterias. Esse montante representa cerca de 38% dos investimentos globais em transição energética, o equivalente aos investimentos combinados dos Estados Unidos (US\$ 303 bilhões) e da UE (US\$ 360 bilhões) (gráfico 8).

O ritmo de expansão parece constituir uma tendência nos próximos anos, com aproximadamente 379 GW de capacidade solar potencial em grande escala e a maior parte dos 371 GW de capacidade eólica potencial prevista para instalação até o final de 2025. Se concretizada, essa capacidade prospectiva tem o potencial de elevar a frota eólica global em quase 50% e impulsionar as instalações solares globais de grande escala em 85% em comparação com os níveis atuais, o que sinalizará o êxito da meta estabelecida no 14º FYP de atingir 1.200 GW em energia solar e eólica até 2030 (GEM, 2023).

A grande demanda proporcionada por esses investimentos possibilitou que a China se tornasse também a principal nação manufatureira de equipamentos utilizados na geração de energia a partir

32. Disponível em: https://en.ndrc.gov.cn/policies/202110/t20211027_1301020.html.

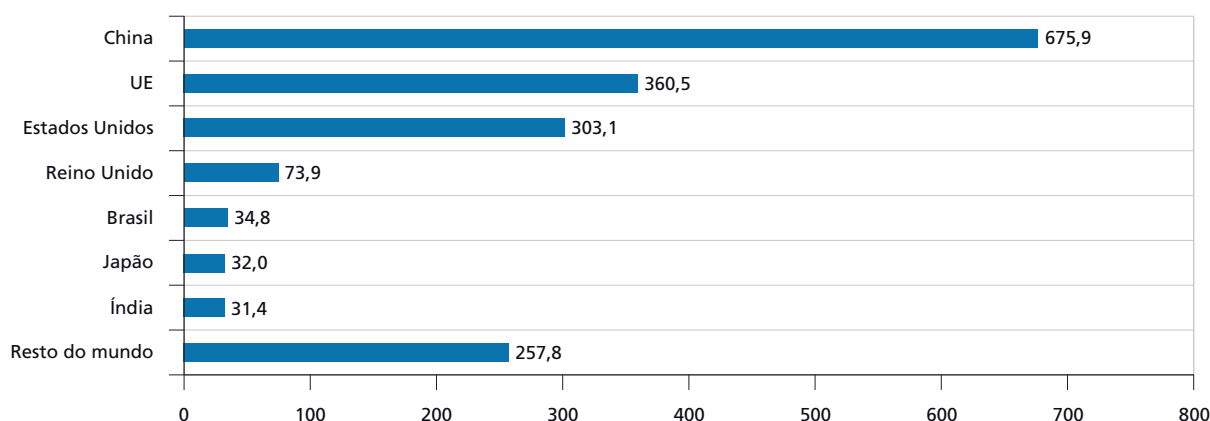
33. Disponível em: <https://taxsummaries.pwc.com/peoples-republic-of-china/corporate/taxes-on-corporate-income>.

de fontes renováveis e referência na fabricação de veículos elétricos e outras tecnologias de baixo carbono (Hawkins e Cheung, 2023).

GRÁFICO 8

Investimentos em transição energética¹ de países e regiões selecionados (2023)

(Em US\$ bilhões)



Fonte: BloombergNEF. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>.

Nota: ¹ Por investimentos em transição energética, entende-se o desenvolvimento de atividades e/ou de setores de energias renováveis, redes de transmissão, energia nuclear, armazenamento de energia, captura e armazenamento de carbono, hidrogênio, transporte e aquecimento eletrificados, bem como da indústria e dos transportes.

Ademais, as empresas chinesas desenvolveram laboratórios onde são pesquisadas e desenvolvidas as tecnologias capazes de afetar o combate à crise climática. Entre 2010 e 2019, 2.659 novas patentes de energias renováveis foram registradas por empresas, inventores e instituições chinesas, sendo 1.803 referentes à energia solar e 360, à eólica (Nurton, 2020).

O rápido desenvolvimento das tecnologias de baixo carbono e a expansão das inovações nesse setor na China são outros elementos que podem ser atribuídos às políticas chinesas. Notavelmente, o aumento nos pedidos de patentes atua como indicador-chave dessa conjuntura, especialmente quando comparado com a tendência decrescente observada na maioria dos países após 2012. A China tem registrado aumento consistente dos pedidos de patentes desde 2010, mantendo o maior volume de pedidos no setor de energia solar (Crijns-Graus *et al.*, 2022).

Enquanto em 1990 as empresas chinesas quase não obtiveram patentes internacionais, nos anos 2000, apesar de um aumento significativo, a atividade geral permaneceu comparativamente baixa em comparação com os seus homólogos globais. Em contraste, a partir de 2018-2019, elas conquistaram destaque em âmbito mundial ao registrarem aproximadamente seis vezes mais patentes internacionais para baterias e energia solar fotovoltaica, e oito vezes mais para tecnologias de veículos elétricos em comparação aos registros de 2008-2009. No total, o número de patentes relacionadas com energia na China aumentou quase quarenta vezes entre 2000 e 2020 (IEA, 2021).

Segundo o relatório da IEA (2022c) intitulado *Tracking Clean Energy Innovation: focus on China*, o fato de cerca de 80% das patentes chinesas nessas tecnologias também estarem hoje protegidas no exterior sugere que sua qualidade melhorou e que a transição do país de importador de tecnologia para inovador foi resultado de uma abordagem única, combinando a formação de *joint-ventures*

e parcerias corporativas, um grande mercado interno, políticas de atração de mercado, apoio à promoção de recursos e forte competição interempresarial baseada em tecnologia.

No contexto da aceleração das mudanças climáticas e dos alertas sobre as consequências irreversíveis de seus desencadeamentos, as ações da China em matéria de transição energética têm impactos fundamentais nas perspectivas globais para o êxito dos objetivos de mitigação.

Muitos avanços foram resultantes da combinação de políticas públicas e investimentos (públicos e privados) na promoção da descarbonização da economia chinesa, sobretudo no aumento da participação das energias renováveis na matriz energética, mas também em outras tecnologias, como os veículos elétricos. Como resultado, o país assumiu a liderança no desenvolvimento tecnológico das indústrias verdes. Combinando esses avanços com os incentivos ao combate às mudanças climáticas e à poluição, há perspectivas promissoras de que a transição energética de baixo carbono na China continuará se expandindo nos próximos anos.

Contudo, não é possível minimizar os desafios intrínsecos à descarbonização de uma economia altamente carbonífera, cujo sistema de geração de eletricidade permanece muito dependente do recurso em questão. Não apenas o carvão constitui uma importante fonte de receitas para províncias produtoras, como a China ainda se mantém como seu maior importador mundial (Myllyvirta, 2023). Incentivos à produção de carvão seguem existindo na China, assim como, apesar de declarações emitidas pelo alto escalão político e das novas diretivas de investimentos e financiamentos no exterior, os projetos executados por seus bancos e suas empresas permanecem substancialmente fósseis (Bridle *et al.*, 2016).³⁴

4.2 A transição energética na América Latina

A América Latina comporta 9% da população global, 6% do fornecimento mundial de energia e apenas 4% das emissões anuais de GEE, com significativa heterogeneidade em termos de dotação de recursos naturais, configuração dos sistemas de energia e políticas de planejamento energético e ambiental. Os países encontram-se em diferentes estágios de transição energética (WEF, 2023).

De acordo com os *scores* do ETI, a transição é liderada por Brasil, Uruguai, Costa Rica e Chile, representantes regionais que se encontram entre as trinta maiores pontuações globais (tabela 2).

TABELA 2

Pontuações do ETI na América Latina em 2023

Posição global	País	Pontuação ETI	Varição em relação a 2014 (%)
14 ^a	Brasil	65,9	4,61
23 ^a	Uruguai	63,6	3,58
25 ^a	Costa Rica	63,5	2,94
30 ^a	Chile	62,5	5,26
34 ^a	Paraguai	61,9	5,63
39 ^a	Colômbia	60,5	4,40
47 ^a	El Salvador	57,3	-1,27

(Continua)

34. Mais informações disponíveis em: <https://www.bu.edu/cgp/>.

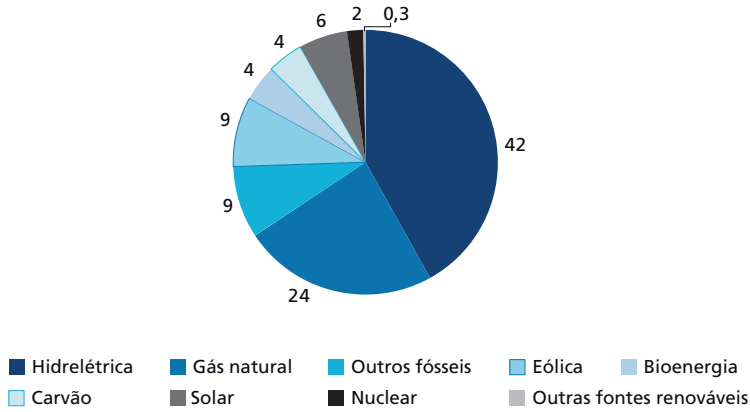
(Continuação)

Posição global	País	Pontuação ETI	Varição em relação a 2014 (%)
51 ^a	Panamá	56,4	1,33
53 ^a	Peru	56,4	-1,72
68 ^a	México	54,1	1,99
74 ^a	Bolívia	53,5	3,83
78 ^a	Equador	52,8	3,43
85 ^a	Argentina	52,0	2,49
87 ^a	Guatemala	51,9	4,56
93 ^a	República Dominicana	50,3	8,68
98 ^a	Trinidad e Tobago	48,3	-1,30
100 ^a	Honduras	48,0	0,62
103 ^a	Venezuela	47,7	1,56
114 ^a	Nicarágua	44,9	-0,16
115 ^a	Jamaica	44,9	2,31

Fonte: WEF (2023).
Elaboração dos autores.

Graças à elevada participação das energias renováveis na geração de eletricidade, os combustíveis fósseis representam cerca de dois terços da matriz energética da América Latina, abaixo dos 80% identificados globalmente.³⁵ O gráfico 9 ilustra essa participação das fontes renováveis na região, com destaque para a energia hidrelétrica.

GRÁFICO 9
Geração de eletricidade na América Latina em 2023, por fonte
(Em %)



Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

Embora a relação entre renováveis e fósseis tenha se mantido em níveis estáveis ao longo das últimas décadas, houve certo declínio da participação da geração hidrelétrica entre 2000 e 2023, de 60% para 42%, movimento que foi acompanhado pelo crescimento das fontes eólica e solar,

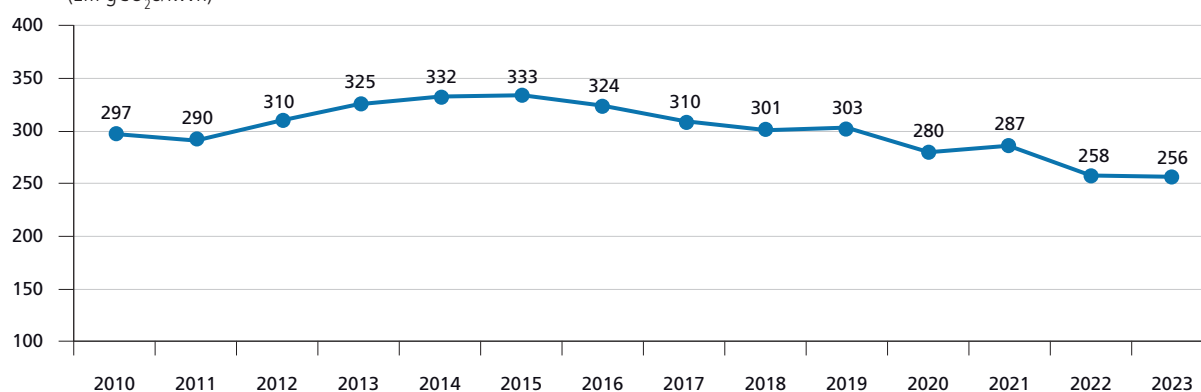
35. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/increase-in-annual-clean-energy-investment-in-selected-countries-and-regions-2019-2023>.

que passaram para uma representação combinada de cerca de 15%.³⁶ Identificou-se também maior representação para bioenergia, que elevou participação de 2% para 4%, durante o mesmo período.

O gás natural experimentou crescimento significativo, praticamente dobrando sua participação desde o ano 2000, indicando o emprego enquanto substituto de combustíveis fósseis mais poluentes, como carvão e petróleo (Lampis *et al.*, 2022; Guerrero, 2021). Embora sujeito a críticas, o gás natural contribui para diversificar as matrizes e garantir a segurança energética, além de viabilizar a expansão de fontes intermitentes, como a eólica e a solar.³⁷

Essa mudança estrutural implicou redução nas emissões de GEE na geração de eletricidade, conforme ilustra o gráfico 10.

GRÁFICO 10

Intensidade de emissões no setor de geração de eletricidade da América Latina (2010-2023)(Em gCO₂e/kWh)

Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

Essa trajetória descendente coincidiu com a expansão da capacidade instalada renovável. O setor eólico praticamente triplicou desde 2015, incrementando-se de 14 GW para 43 GW a potência instalada. A expansão da energia solar se deu de forma ainda mais acelerada, tornando-se a fonte limpa mais disseminada na América Latina, com um total de 46 GW. Já com relação à bioenergia, houve também crescimento, com a capacidade mais que dobrando entre 2010 e 2022 (gráfico 11).

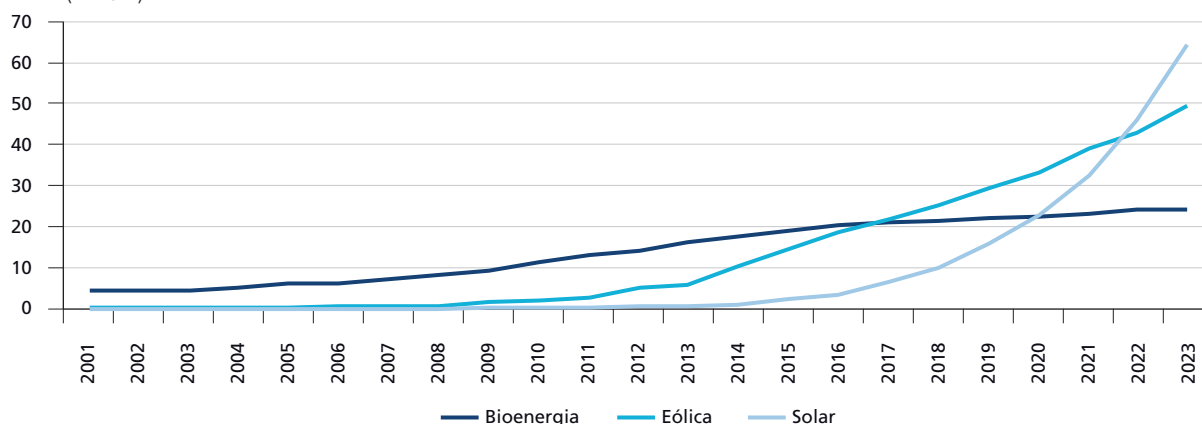
36. Tomando o caso brasileiro como exemplo, Losekann e Tavares (2019) observam que a energia hidrelétrica apresenta restrições para atender ao crescimento da demanda futura por energia, dado que o potencial de geração a partir desta fonte já foi amplamente explorado. Acrescenta-se a isto os elevados custos financeiros e socioambientais para construção e maturação de novas usinas, em especial as de grande porte.

37. Em entrevista para Koop (2023), Andrés Rebolledo, secretário executivo da Organização de Energia da América Latina (Organización Latinoamericana de Energía – Olade), defendeu que gás natural constitui uma fonte de energia de menor impacto ambiental e que contribui para garantir a segurança energética, mostrando-se como combustível de transição até o momento em que se encontrem soluções para integração em larga escala de fontes renováveis intermitentes por meio de tecnologias de armazenamento.

GRÁFICO 11

Capacidade instalada a partir de fontes limpas na América Latina (2001-2023)

(Em GW)

Fonte: Ember, 2024. Disponível em: <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>.

Os avanços foram liderados por Brasil, México e Chile, responsáveis (em conjunto) por 88% e 83% das capacidades de geração solar e eólica da região, respectivamente. O Brasil ainda se destaca por sediar 70% da capacidade de geração a partir de bioenergia.

Progressos também foram obtidos pela Argentina, que adicionou 3 GW de capacidade eólica entre 2014 e 2021, e pelo Uruguai, que triplicou sua potência eólica durante o mesmo período. Paraguai e Costa Rica, ao lado do próprio Uruguai, se notabilizam por suas matrizes de geração compostas quase que exclusivamente por fontes renováveis (Pablo-Romero, Sanchez-Braza e Romero, 2022), enquanto para a Colômbia se projeta crescimento vertiginoso das energias eólica e solar nos próximos anos.³⁸

A América Latina dispõe, portanto, de imenso potencial para produção de energias limpas, com possibilidades para tornar o fornecimento de eletricidade ainda menos intensivo em emissões (IEA, 2023b). Esta perspectiva é corroborada pelo estudo publicado pelo Global Energy Monitor (GEM), que identifica projetos anunciados, em pré-construção ou em construção, que somam mais de 319 GW de capacidade eólica e solar. Caso plenamente efetivados, estes projetos proporcionariam crescimento de mais de 460% da capacidade destas fontes até 2030 (Bauer *et al.*, 2023).

A concretização destes empreendimentos depende, contudo, da reversão de infraestruturas tradicionalmente desenhadas para sustentar a produção e o consumo de fontes fósseis. Isto implica modernizar os sistemas elétricos, incluindo a construção de redes regionais interconectadas,³⁹ bem como expandir a infraestrutura de apoio, tornando tanto a conectividade transfronteiriça quanto sistemas escaláveis de armazenamento essenciais para viabilizar matrizes baseadas em renováveis (Espinosa e Melgar, 2023).

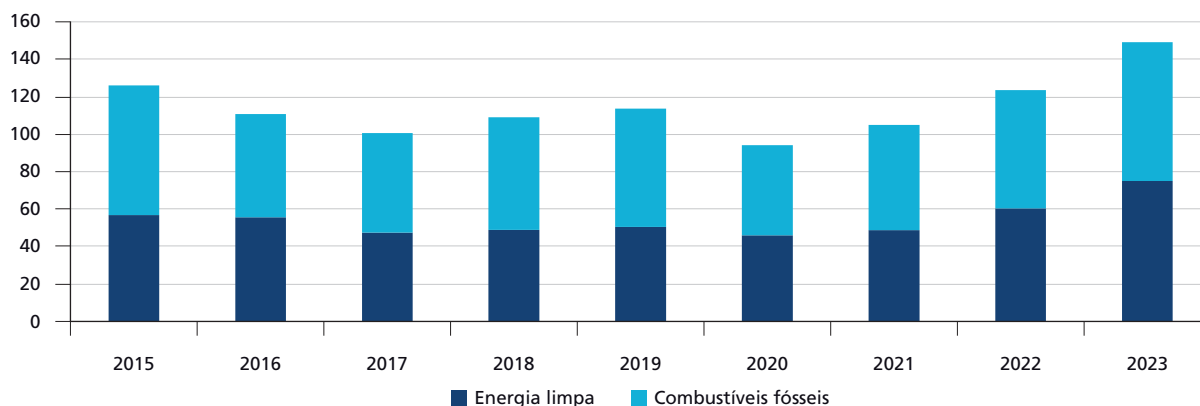
38. Atualmente, as fontes renováveis (eólica e solar) representam apenas 1,5% da capacidade instalada em operação na Colômbia. Contudo, projeta-se que, com a efetivação de projetos já aprovados, a participação combinada de ambas as fontes aumente para quase 40,0% em 2027 (Araújo e Muñoz Cabré, 2023).

39. Em relação aos incentivos à integração energética regional, Lins e Mascotte (2020) identificam que a integração poderia prover a flexibilidade ao sistema por meio da complementariedade, favorecendo a maior participação de fontes renováveis intermitentes.

GRÁFICO 12

Investimentos em energia¹ na América do Sul, Central e Caribe (2015-2023)

(Em US\$ bilhões)



Fonte: IEA (2024).

Nota: ¹ Os investimentos em energia limpa incluem geração a partir de fontes renováveis e energia nuclear, sistemas de armazenamento, redes de eletricidade, combustíveis fósseis com captura e armazenamento de carbono (CCUS) e setores de uso final. As fontes fósseis englobam atividades de exploração e produção de petróleo e gás e geração de energia a partir do carvão, petróleo e gás natural (IEA, 2024).

De acordo com a IEA (2024), os investimentos no setor de energia da América Latina, excluindo o México, somaram cerca de US\$ 150 bilhões em 2023. O crescimento dos investimentos em energias limpas, especialmente geração a partir de fontes renováveis, tem se dado em paralelo aos aportes em atividades ligadas aos combustíveis fósseis.

Em que pese a expansão dos investimentos em energias limpas, é necessário acelerar a mobilização de recursos para cumprir com as metas de neutralidade de carbono até 2050, assumidas por quase metade dos 33 países da América Latina, incluindo Brasil, Chile, Costa Rica e Colômbia. De acordo com a IEA (2024), o investimento anual médio em energia limpa no período de 2026 a 2030 precisaria quadruplicar em comparação com a década anterior para se alinhar a esses objetivos. Neste sentido, é fundamental endereçar melhorias em termos de infraestrutura e estruturas de incentivos regulatórios e institucionais, bem como superar desafios associados às dimensões da equidade e da segurança energética, que tradicionalmente limitaram as trajetórias de transição na região.

A década passada constituiu um período de lentos progressos socioeconômicos para a América Latina, com taxas de crescimento de apenas um terço da média global. Este panorama, combinado a restrições fiscais, endividamento externo e inflação alta, impôs barreiras para a qualidade do fornecimento de energia e redução da pobreza energética: atualmente, 16 milhões de pessoas na região não têm acesso à eletricidade, enquanto 77 milhões não têm acesso a combustíveis limpos e modernos para cozinhar (IEA, 2021; Martínez, 2023).

4.2.1 Desempenho e condições habilitadoras para a transição energética na América Latina

Nas dimensões de equidade e segurança, os desafios associados à construção de sistemas de energia acessíveis, confiáveis e resilientes são ligados às dificuldades concernentes aos países importadores (Stevens, 2022). Como resultado, a sustentabilidade dos sistemas de energia da região se mostrou ofuscada quando observado o crescimento agregado do ETI desde 2014, que acumulou ganhos ao redor de 5% ao longo dos últimos dez anos, patamar inferior ao verificado mundialmente (tabela 3).

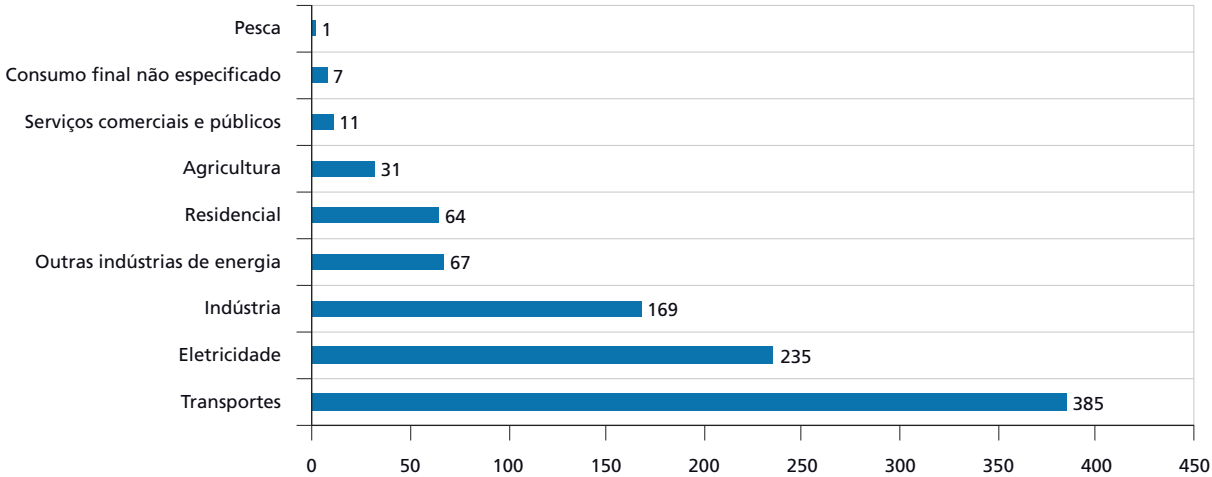
TABELA 3
ETI e dimensões médias para transição energética na América Latina (2014-2023)

Ano	ETI	Desempenho do sistema	Preparação para transição
2014	52,20	62,30	36,90
2015	52,60	62,60	37,40
2016	53,20	63,70	37,50
2017	54,20	64,40	39,00
2018	54,90	64,60	40,40
2019	54,50	64,70	39,10
2020	54,30	64,60	38,80
2021	54,40	64,50	39,20
2022	54,90	65,20	39,50
2023	54,80	64,80	39,80
Crescimento acumulado no período (%)	4,74	3,86	7,29

Fonte: WEF (2023).
Elaboração dos autores.

Além do fornecimento seguro e acessível, integra o rol de pilares da transição energética na América Latina a adoção de esforços para promover a descarbonização de setores de uso final, em especial de transportes, responsável por cerca de 40% das emissões do setor de energia. O gráfico 13 ilustra a distribuição de emissões de GEE por setores na América Latina.

GRÁFICO 13
Distribuição setorial das emissões relativas ao setor de energia na América Latina em 2020
(Em MtCO₂e)



Fonte: Energy Statistics Data Browser, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WEOCSAM&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCSHareBySector>. Acesso em: 10 set. 2024.

Soto *et al.* (2022) postulam que as ações contínuas de eletrificação e melhorias de eficiência energética colaboram para mitigação de emissões em segmentos de uso final. Os ganhos de eficiência tendem a implicar menores necessidades de investimento no setor elétrico, enquanto a expansão da eletromobilidade proporciona redução de emissões no setor de transportes, embora dependa do ritmo da descarbonização da matriz elétrica.

Em que pese os benefícios de ganhos de eficiência, que podem produzir reduções de pelo menos 20% no consumo de energia (Yepez e Urteaga, 2023), a América Latina tem progredido de forma modesta neste quesito, com reduções anuais de intensidade energética inferiores a outros países e regiões.⁴⁰ Apesar disto, Lapillone e Sudries (2023) indicam que a adoção de iniciativas de eficiência energética⁴¹ tem se disseminado na região, com maior intensidade no transcorrer da última década.⁴²

O uso mais eficiente de energia se mostra como condição para a introdução de veículos elétricos, segmento que deve conquistar mais espaço nos sistemas de transporte. Espera-se que o mercado regional de veículos elétricos cresça para US\$ 3,5 bilhões em 2028, ante o atual montante de US\$ 1,46 bilhão. Brasil e México lideram as vendas de veículos híbridos e elétricos, enquanto Colômbia e Costa Rica buscam aderir a este movimento por meio da adoção de incentivos financeiros (Barneda, 2023; Carlier, 2023; Moya, 2023). O Chile, por sua vez, lidera a eletrificação de sistemas de transporte coletivo, com cerca de 40% da frota regional de ônibus elétricos⁴³ (Monroy, 2023).

A reconfiguração dos sistemas de energia para acomodar crescentes quantidades de fontes intermitentes e permitir o crescimento da frota de veículos híbridos e elétricos pode ser viabilizada pelo desenvolvimento de soluções de baterias e sistemas de armazenamento (Soto *et al.*, 2022).

Parte desse esforço pode ser impulsionado pela abundância de minerais estratégicos, elementos tidos como centrais nas novas indústrias verdes (Vasquez, 2023). A riqueza mineral poderia render para a região oportunidades de capitalizar inovações no segmento de armazenamento e produzir benefícios em termos de desenvolvimento, agregação de valor e encadeamentos produtivos (Salazar-Xirinachs, 2023).

Enquanto Bolívia, Argentina e Chile dispõem de mais de 60% dos recursos de lítio identificados globalmente, em particular na região conhecida como “triângulo do lítio”, os dois últimos, somados ao Brasil, encontram-se entre os cinco principais produtores da *commodity* (tabela 4).

Embora a crescente demanda por lítio proporcione oportunidades, a atividade de extração implica desafios ambientais e a proteção aos direitos de comunidades locais. Em paralelo, há receios a respeito da conformação de arranjos de interação pautados pelo “colonialismo verde” ou “extrativismo verde”, por meio dos quais se cristalizariam desigualdades e a condição subordinada da América Latina como fornecedora de *commodities* para a transição energética (Dorn, 2022; Blair *et al.*, 2023).

40. Nos últimos quinze anos, os Estados Unidos e a UE reduziram sua intensidade energética entre 2,0% e 1,8% ao ano, enquanto a América Latina obteve reduções anuais médias de apenas 0,5% (Vasquez, Steinbuks e Estevez, 2023).

41. As medidas incluem aplicações de eficiência para o setor residencial, suporte para eletrificação de modais de transporte, padrões de eficiência para motores elétricos, requerimentos mandatórios para grandes consumidores e padrões mínimos de desempenho (Minimum Energy Performance Standards – MEPS).

42. De acordo com mapeamento realizado em dezesseis países, foram 12 novas medidas por ano entre 2010 e 2018 e 24 novas medidas desde 2019, em comparação a 4 por ano entre 2000 e 2009.

43. O país é seguido pela Colômbia, com 1.589, ou 31% da frota regional de ônibus elétricos. México, Brasil e outros países completam a lista com menos de 1 mil ônibus cada (Monroy, 2023).

Entretanto, é fato que os combustíveis de baixas emissões são fonte de oportunidades, incluindo-se não somente os biocombustíveis, mas também hidrogênio verde,⁴⁴ cujo potencial de aplicação na América Latina se assenta na disponibilidade de recursos renováveis (Machado, 2023; Oliveira, 2022). Há projetos operacionais e em desenvolvimento no Brasil, Colômbia, Argentina, Chile e Uruguai (Cuberos, 2022), em que pese as incertezas quanto às futuras fontes de demanda e o ritmo de maturação desta tecnologia (Koop, 2023).

TABELA 4

Produção estimada e distribuição global de reservas e recursos de lítio (2022)

(Em toneladas métricas)

País	Produção estimada	Reservas ¹	Recursos ²
Argentina	6.200	2.700.000	20.000.000
Austrália	61.000	6.200.000	7.900.000
Brasil	2.200	250.000	730.000
Canadá	500	930.000	2.900.000
Chile	39.000	9.300.000	11.000.000
China	19.000	2.000.000	6.800.000
Portugal	600	60.000	270.000
Zimbábue	800	310.000	690.000
Bolívia	-	-	21.000.000
Estados Unidos	-	1.000.000	12.000.000
Outros países	-	3.300.000	14.028.000
Total	129.300	26.050.000	97.318.000

Fonte: USGS (2023).

Notas: ¹ As reservas constituem os recursos que podem ser economicamente extraídos ou produzidos no momento de sua determinação (USGS, 2023).² Refere-se aos recursos minerais ou de outro tipo para os quais a localização, a qualidade, a quantidade e o teor são conhecidos ou estimados a partir de evidências geológicas específicas, embora sem a devida comprovação de viabilidade técnica e econômica (USGS, 2023).

Obs.: Áustria, Congo, República Tcheca, Finlândia, Alemanha, Gana, Mali, México, Namíbia, Sérvia e Espanha têm reservas reportadas. Além destes países e da Bolívia, outros três países apresentam disponibilidade de recursos de lítio: Rússia, Peru e Cazaquistão.

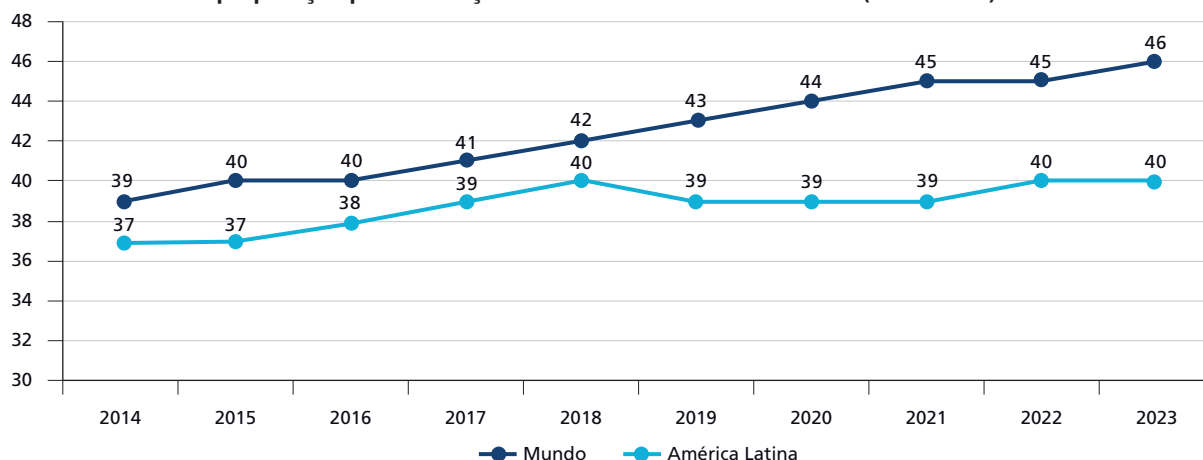
Por fim, é preciso evidenciar que a concretização de trajetórias efetivas de transição depende da construção de ambientes econômicos, regulatórios e político-institucionais favoráveis à descarbonização. A despeito das ressalvas anteriormente assinaladas, há a estagnação no subíndice de preparação para transição na América Latina (gráfico 14), situando a região abaixo da média mundial, posição que sugere limitações em termos de recursos, infraestrutura, arquitetura institucional e regulatória e capital humano.

As dificuldades em termos de preparação para a transição manifestam-se nos custos elevados de capital para a região, superiores em comparação a outros mercados, inclusive emergentes. A discrepância, que restringe a mobilização de recursos para transição energética, está associada a diversos fatores, incluindo volatilidade macroeconômica, risco cambial, sistemas financeiros pouco desenvolvidos, além da instabilidade política (Palacios e Cárdenas, 2022).

44. Diferentemente do chamado "hidrogênio cinza", produzido a partir de combustíveis fósseis, o hidrogênio verde é obtido a partir de fontes renováveis de energia por meio de processos de eletrólise da água, podendo ser utilizado como alternativa sustentável em setores-chave, a exemplo de transporte, indústria e geração de energia. As suas aplicações incluem a produção de células de combustível para geração de eletricidade, combustível para veículos elétricos e matéria-prima para produtos químicos. Há desafios associados aos custos para produção de hidrogênio verde, que ainda não se mostram competitivos quando comparados com os combustíveis fósseis (Oliveira, 2022).

GRÁFICO 14

Subíndice de preparação para transição na América Latina e no mundo (2014-2023)



Fonte: WEF (2023).
Elaboração dos autores.

O objetivo de acelerar a transição na região demanda superar estes desafios e implementar ações tidas como habilitadoras, entre as quais se destacam: aperfeiçoar a governança e promover participação ativa de entidades públicas e privadas; incorporar a integração e a interconexão regional nas estratégias energéticas de longo prazo; e adotar programas de eficiência para reduzir a intensidade energética e promover a competitividade (Martínez, 2023).

Soma-se a isto o imperativo de reforçar as políticas de fiscalização e monitoramento e firmar parcerias capazes de catalisar recursos para a expansão das fontes renováveis, condição necessária para descarbonizar os sistemas elétricos e viabilizar avanços em setores de uso final. Para este objetivo, sublinha-se não somente a construção de mecanismos de coordenação regional, mas também a exploração de complementaridades e sinergias com parceiros extrarregionais, incluindo potências tecnológicas e financeiras como a China.

5 SINERGIAS E POTENCIALIDADES ENTRE CHINA E AMÉRICA LATINA PARA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A observação dos indicadores do ETI permite identificar esforços empreendidos tanto pela China quanto pelos países da América Latina no processo de descarbonização de suas economias. No entanto, ainda que esta região disponha de grande potencial para desenvolver sistemas de geração de energia limpa e acelerar sua trajetória de transição energética, a grande lacuna de investimentos para financiar o processo constitui um dos principais fatores que explicam a lentidão observada.

Alternativamente, a China, mesmo possuindo uma matriz energética extremamente dependente de recursos fósseis, sobretudo o carvão, tem intensificado esforços na promoção de sua transição energética, a ponto de transformar-se em potência global no desenvolvimento de tecnologias verdes e energias renováveis, com protagonismo de diversas grandes empresas.

O país asiático, maior fabricante mundial de equipamentos de energia renovável e principal investidor em tecnologias verdes e transição energética, emergiu como aliado-chave e importante parceiro econômico da América Latina, com participação significativa em inúmeros projetos

com impacto substancial no desenvolvimento econômico e, potencialmente, nas trajetórias de transição energética.

Sua contribuição tem potencial para desempenhar um papel significativo na diversificação de matrizes energéticas e na redução da dependência dos combustíveis fósseis. Essa aptidão ganha ainda mais força considerando que o país se consagrou, por meio de suas empresas e entidades de financiamento, como um dos grandes investidores e financiadores nos países em desenvolvimento.

Em 2020, a China liderou, pela primeira vez, as saídas de investimento externo direto (IED) no mundo. Entre 2012 e 2022, o IED global chinês ultrapassou US\$ 1 trilhão, segundo o Banco Mundial.⁴⁵ O volume de IED chinês representou mais de 10% da quota global durante cinco anos consecutivos e esteve entre os três maiores por dez anos seguidos (Peng, Ji e Kong, 2023; China's..., 2022).

Além disso, a China se destaca como relevante financiadora de projetos de desenvolvimento. Empréstimos e financiamentos – concedidos principalmente por meio do Banco de Desenvolvimento da China (China Development Bank – CDB) e do Banco de Exportação e Importação da China (China Export-Import Bank – Chexim) – chegaram a eclipsar o volume desembolsado por instituições tradicionais como o Banco Mundial (Horn, Reinhart e Trebesch, 2019; Ray e Simmons, 2020).

A China reúne condições que a colocam em posição singular para contribuir com os esforços de transição energética nos países em desenvolvimento. O país asiático dispõe de robusta indústria eólica e solar, tem gradativamente se tornado fonte de IED⁴⁶ em energias alternativas e outras tecnologias energéticas e desfruta de experiência acumulada no provimento combinado de financiamento, tecnologia e serviços de construção para projetos de infraestrutura (Bandhary *et al.*, 2022; Cabré, Gallagher e Li, 2018).

Em termos acumulados, contudo, estes investimentos ainda se encontram concentrados em combustíveis fósseis. No caso do IED, foram mais de US\$ 52 bilhões direcionados apenas ao setor de carvão, entre 2013 e 2023 (Zhou e Ma, 2023). Os empréstimos e financiamentos do CDB e do Chexim também se notabilizam por sua predominância em fontes fósseis de energia: entre 2000 e 2021, ambas as instituições financiaram aproximadamente 24 GW em projetos de carvão no exterior, tornando a China um dos “campeões” no patrocínio de projetos de carvão (Kong e Gallagher, 2021).

Como forma de equalizar o descompasso entre os avanços obtidos pela China na arena da sustentabilidade e o perfil de seus investimentos e financiamentos internacionais, o governo chinês emitiu diretivas nos últimos anos centradas na elevação dos padrões socioambientais de seus projetos no exterior. As novas diretrizes⁴⁷ incluem o compromisso de encerrar o patrocínio para novos projetos de carvão⁴⁸ e de incentivar o desenvolvimento de empreendimentos em energias limpas no exterior (Nedopil *et al.*, 2021; Sandalow *et al.*, 2022).

45. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/BM.KLT.DINV.CD.WD?locations=CN>.

46. Desde 2018, os fluxos acumulados de IED chinês em energias alternativas praticamente duplicaram, subindo de US\$ 21 bilhões para mais de US\$ 38 bilhões, segundo dados da China Global Investment Tracker (CGIT). Disponível em: <https://www.aei.org/china-global-investment-tracker/>.

47. Destacam-se, até o momento, as Diretrizes para a Proteção Ecológica e Ambiental de Projetos de Cooperação em Investimento Estrangeiro e Construção, que encoraja as empresas a priorizarem projetos “verdes e de alta qualidade no exterior” e as Orientações de Desenvolvimento Verde para projetos da Nova Rota da Seda (Belt and Road Initiative – BRI), que estipulam um sistema de classificação de empreendimentos de acordo com o risco ambiental estimado que representam (Amaral *et al.*, 2023).

48. O compromisso da China foi publicizado antes da COP26, sediada em Glasgow, na Escócia, onde o tema do financiamento público para usinas de carvão se situou no centro das discussões.

As repercussões deste processo na América Latina constituem fenômeno emergente e com contornos que sugerem relevantes oportunidades para a região em termos de transição energética. Ainda que as empresas chinesas estejam envolvidas em projetos de grande porte em setores como petróleo e gás na região, o foco destes investimentos tende a ser mais diversificado se comparado com outras regiões, com destaque, em particular, para projetos envolvendo usinas hidrelétricas (UHEs), tanto na geração de energia quanto na sua transmissão e distribuição. Há também aumento notável na atenção a fontes alternativas, como a energia fotovoltaica e eólica.

A presença chinesa no setor hidrelétrico foi responsável pela maior parte dos volumes de IED e/ou financiamento direcionados a projetos de energias renováveis na região. Ao longo da última década a China expandiu sua participação na geração hidrelétrica na região por meio da aquisição de ativos, financiamento de projetos e contratos de construção de novas centrais.

A China Three Gorges (CTG), maior estatal chinesa de geração de energia hidrelétrica, adquiriu participação em usinas importantes no Brasil desde 2014, como Santo Antônio do Jari (Amapá), Cachoeira Caldeirão (Amapá) e São Manoel (Mato Grosso), e, desde então, expandiu sua participação na América Latina.⁴⁹ Hoje, a empresa conta com operações em países como Equador, Bolívia, Chile e Peru. Salienta-se a aquisição do portfólio de dez centrais elétricas da Duke Energy no Brasil, por US\$ 1,2 bilhão, com capacidade de geração superior a 2 GW e a compra das hidrelétricas Jupia e Ilha Solteira por US\$ 3,7 bilhões no leilão realizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), no Brasil.⁵⁰ Com isso, a empresa chinesa tornou-se a segunda maior geradora privada (sob a perspectiva do Estado brasileiro).⁵¹ A empresa adquiriu ainda ativos no Peru por US\$ 3,6 bilhões, contando, por exemplo, com uma usina de 456 MW da Odebrecht (Lima, 2017).

Destaca-se também, em termos de volume de investimento, o empreendimento da Sinohydro no Equador, a usina Coca Codo Sinclair, por US\$ 3,4 bilhões, que poucos anos após sua inauguração enfrenta diversos problemas estruturais na construção do projeto (Kliman *et al.*, 2019).

Os financiamentos chineses igualmente aumentaram de forma substancial na última década. A Argentina recebeu até o momento a maior parcela dos recursos (em número de contratos e volume financeiro). Isto se deve em grande parte ao contrato de construção das barragens La Barrancosa e Condor Cliff, um complexo hidrelétrico localizado na província de Santa Cruz. Quanto a outras grandes hidrelétricas adquiridas por intermédio de suporte financeiro chinês, vale destacar a aquisição dos ativos da Duke Energy pela CTG em 2016, por meio de sua subsidiária Rio Paraná Energia, operação financiada pelo Banco Industrial e Comercial da China (ICBC) na ordem de US\$ 1 bilhão (CTG Brasil, 2017).

No Chile, a australiana Pacific Hydro e a norueguesa Stakraft garantiram um empréstimo de dez anos, no valor de US\$ 171 milhões, de um consórcio que incluiu o Bank of China (BOC) e outras três instituições financeiras estrangeiras – Sumitomo Mitsui Banking Corporation (SMBC), Natixis e DNB, respectivamente do Brasil, França e Noruega –, para refinarçar a barragem La Higuera de 155 MW (Baini, 2017).

49. Disponível em: <https://china.aiddata.org/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

50. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_transmissao/documentos/Resultado_leilao_07-2015.pdf. Acesso em: 14 mar. 2024.

51. Assim como outras empresas chinesas presentes na América Latina, como a State Grid, a CTG é uma empresa estatal controlada pelo governo central da China.

Essa expansão decorre da combinação entre o processo de internacionalização das estatais chinesas no período e do aproveitamento do extenso potencial hidrelétrico presente na região, em especial dos países que integram a região amazônica. O processo não foi diferente em relação à atuação das empresas chinesas na construção e operação de linhas de transmissão e distribuição, com a participação de grandes companhias, como a State Grid.

O grande destaque no setor está na construção das linhas de transmissão da UHE de Belo Monte. Após vencer a licitação para a construção das duas linhas de transmissão para a usina de Belo Monte, a segunda maior do Brasil e a quarta maior do mundo, com capacidade instalada de 11 GW, a State Grid introduziu no projeto o sistema de transmissão de corrente contínua de ultra-alta tensão (*high voltage direct current* – UHVDC) de aproximadamente 800 kV, que permite o transporte eficiente de energia por distâncias intercontinentais, minimizando as perdas energéticas. Estas linhas de alta tensão conectam pontos separados por mais de 4,6 mil quilômetros. A primeira linha de transmissão foi estabelecida por meio da formação da *joint venture* Belo Monte Transmissora de Energia, uma colaboração entre a State Grid e as subsidiárias da Eletrobras, Eletronorte e Furnas, marcando a estreia da tecnologia de ultra-alta tensão (UHV) da empresa chinesa em empreendimentos internacionais (Cui e Zheng, 2019).

Não obstante, projetos chineses de construção de UHEs na América Latina têm sido frequentemente envolvidos em controvérsias e enfrentado forte oposição de diversos setores sociais. Um exemplo é a usina Coca Codo Sinclair, no Equador, considerada a obra de infraestrutura mais cara da história do país, com investimentos estimados em mais de US\$ 3,2 bilhões. Construída pela estatal chinesa Sinohydro, com financiamento subsidiado pelo Chexim, a usina enfrentou problemas significativos logo após o início de sua operação relacionados a casos de rupturas e danos ambientais (Kliman *et al.*, 2019).⁵²

Outras UHEs operadas pela China também enfrentaram desafios semelhantes, como a usina de Rositas, na Bolívia, que recebeu investimentos concessionais do Chexim no valor de US\$ 1,3 bilhão. O projeto, iniciado pelo governo boliviano em 2016 e executado pela CTG, por meio de sua subsidiária China International Water and Electric, em parceria com a Empresa Constructora Reedco, tem sido alvo de protestos por parte das comunidades locais preocupadas com a inundação de terras. A despeito dos protestos, o governo boliviano tem resistido às tentativas de interrupção das obras da hidrelétrica (Jemio, 2019).

Apesar de ainda muito incipientes em comparação aos projetos de energia hidrelétrica, ganharam ímpeto nos últimos anos aqueles relacionados a energias alternativas, como solar e eólica, também com financiamentos chineses. Notavelmente, o Chexim concedeu empréstimo de US\$ 332 milhões para o projeto da usina fotovoltaica Cauchari Solar na Argentina, concluído em 2019. Empresas chinesas como Shanghai Electric Group Co, Jiangsu Talesun Solar Ltd. e Power Construction Corporation of China Ltd. colaboraram com a Sociedade Estatal de Energia e Mineração de Jujuy (Jemse), estatal argentina, na empreitada.

Enquanto isso, a Fazenda Solar Ituverava, na Bahia, operada pela Enel Green Power Brasil Participações, com capacidade de 254 MW, exigiu investimento de US\$ 400 milhões, com cofinanciamento

52. A construção da hidrelétrica supostamente teria ignorado estudos de impacto ambiental que alertaram para a erosão do leito do rio e danos à vegetação circundante. Consequentemente, houve a ruptura do Sistema Trans-Equatoriano de Oleodutos e do Oleoduto de Petróleo Bruto Pesado, resultando em novos alertas de emergência devido ao risco de rompimentos adicionais. O projeto, que havia sido rejeitado múltiplas vezes desde a década de 1980 em virtude dos riscos ambientais, gerou grande controvérsia (Kliman *et al.*, 2019).

de um consórcio entre o BOC e o Santander. O financiamento foi apoiado pela China Export and Credit Insurance Corporation (Sinosure) e garantido pela Enel (Maisch, 2017).

Bancos e empresas chinesas participaram no desenvolvimento e na aquisição de parques eólicos em vários países. Uma das principais provedoras de energia eólica e fabricantes de turbinas eólicas e outros componentes da indústria, a Xinjiang Goldwind, iniciou suas operações na América Latina com a construção do parque eólico Villonaco, no Equador, cujas operações tiveram início em 2013. Desde então, a empresa expandiu atividades para outros países da região, incluindo Argentina, Brasil, Chile e Uruguai (Gubinelli, 2020). A firma adquiriu, em 2017, os parques Loma Blanca I, II, III e VI, localizados na província de Chubut, e Miramar, com uma capacidade total de 349 MW, da Sideco Americana, por US\$ 25 milhões (Bajo..., 2020).

Em 2019, a China General Nuclear Power (CGN), estatal chinesa do setor de energia nuclear, adquiriu o portfólio eólico da Atlantic Energias Renováveis, da gestora britânica Actis. Com essa aquisição, a CGN assumiu a propriedade de vários parques eólicos em todo o Brasil, a saber: o Parque Eólico Lagoa do Barro, com capacidade de 195 MW, localizado no estado do Piauí; o Complexo Morrinhos (180 MW), situado na Bahia; o Parque Eólico Renascença V (30 MW), no Rio Grande do Norte; e o Complexo Santa Vitória do Palmar (207 MW), no Rio Grande do Sul. No mesmo ano, a empresa também adquiriu ativos com capacidade total de 540 MW da empresa italiana Enel Green Power. A aquisição de portfólio incluiu os parques solares de Nova Olinda (292 MW), no Piauí, e também Lapa (158 MW) e Cristalândia (90 MW), localizados na Bahia (Enel..., 2019).

Em 2016, a State Power Investment Corporation (SPIC) expandiria suas operações para a América Latina ao adquirir os ativos de energias renováveis da empresa australiana Pacific Hydro no Brasil e no Chile. Em parceria com a Pacific Hydro, a SPIC se envolveu no parque eólico de Punta Sierra, localizado na região de Coquimbo, no Chile. Esse projeto recebeu investimento de cerca de US\$ 197 milhões do Banco Industrial e Comercial da China (ICBC) e do China Construction Bank (CCB), em colaboração com outros bancos estrangeiros, e incluiu o fornecimento de turbinas eólicas pela empresa Xinjiang Goldwind.⁵³ O ICBC também forneceu co-financiamento para o Parque Eólico El Corti em Buenos Aires e o Parque Eólico Punta Sierra no Chile, em colaboração com o CCB, o Commonwealth Bank da Austrália (CBA) e o Banco Nacional da Austrália (NAB).

Embora a atuação das empresas e bancos chineses nas indústrias relacionadas à transição energética na América Latina focalize indubitavelmente o segmento de energias renováveis, é importante mencionar também o recente progresso na fabricação de veículos elétricos (EV). Em 2022, a China registrou crescimento de 82% nas vendas destes veículos, representando quase 60% das compras globais. Este número superou significativamente o observado em países pioneiros na adoção de EVs, como os Estados Unidos, a Noruega e outras nações escandinavas (Ellerbeck, 2023).

No Brasil, a BYD, maior fabricante mundial de veículos elétricos e baterias recarregáveis, opera fábricas de montagem de chassis de ônibus 100% elétricos e de produção de módulos fotovoltaicos, ambas localizadas em Campinas (São Paulo). Além disso, possui uma fábrica no Polo Industrial de Manaus (Amazonas), especializada na produção de baterias de fosfato de ferro e lítio.⁵⁴ Recentemente a BYD comprou a fábrica em Camaçari, na Bahia, onde a Ford produzia os modelos Ka e EcoSport. A empresa anunciou em 2023 a intenção de expandir suas fábricas para o México, Argentina e Colômbia.

53. Disponível em: <https://china.aiddata.org/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

54. Disponível em: <https://www.byd.com.br/sobre/>. Acesso em: 18 mar. 2024.

A Chery, outra fabricante chinesa de EVs, juntamente com o Grupo Caoa, também conta com fábricas no Brasil, as únicas da América Latina, localizadas em Jacareí (São Paulo) e Anápolis (Goiás). Os planos de expansão da produção de veículos elétricos por empresas chinesas na região integram a motivação oficialmente declarada pelo governo chinês em promover o setor no exterior, superando barreiras impostas no mercado internacional (sobretudo nos Estados Unidos e em outros países ocidentais), construindo cadeias globais de provedores e aproximando mercados consumidores (He, 2024).

A expansão dessas parcerias pode implicar a descarbonização das economias latino-americanas. No entanto, deve-se avaliar e mensurar permanentemente os impactos socioambientais dos projetos, principalmente os de grande porte, com possíveis externalidades negativas sobre comunidades e biomas próximos. Assim, é pertinente que a regulação pública permaneça em constante monitoramento e avaliação em termos de qualidade, segurança e eficiência dos projetos desenvolvidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética é essencial ao enfrentamento às mudanças climáticas. Porém, avaliar seu progresso constitui um processo desafiador devido à diversidade de estágios de desenvolvimento e infraestruturas energéticas em que se encontram os países, além de ser necessário compreender suas distintas inclinações e interesses em perseguir os objetivos de descarbonização e desenvolvimento sustentável.

Considerando este desafio, identificou-se no ETI uma ferramenta abrangente e multifacetada, embora não isenta de questionamento, capaz de contribuir para avaliar os progressos e desafios relacionados à transição energética. Com base em seus indicadores, que se fragmentam em subíndices de desempenho e preparação (quadro 1), constatou-se a conjuntura desafiadora da transição energética global em termos de sustentabilidade, equidade e segurança energética. Os choques externos dos últimos anos contribuíram para desintegrar as cadeias de abastecimento de energia, incrementar os custos de vida e elevar o nível das emissões de CO₂.

A partir destes desafios, elencaram-se estratégias que podem ser concebidas e implementadas para reduzir a dependência de fontes fósseis e viabilizar as metas de neutralidade de carbono que se disseminaram nos últimos anos. Destacou-se, neste sentido, a ampliação das fontes renováveis como meio para assegurar segurança energética e promover a sustentabilidade ambiental, bem como a importância de ações para favorecer ganhos de eficiência energética e a eletrificação de setores de uso final. A modernização das redes de transmissão e a garantia de sua resiliência, a adoção de soluções flexíveis de armazenamento e os investimentos em novas tecnologias de baixo carbono igualmente se mostraram essenciais para acelerar o ritmo da transição.

Evidentemente, os dilemas para construção de sistemas de energia sustentáveis, justos e resilientes variam de acordo com as realidades e capacidades nacionais e regionais, marcadas por diferenças e disparidades relevantes. No caso da China, os desafios situam-se na dimensão da sustentabilidade, considerando a ampla participação do carvão na matriz energética do país. Apesar disso, foram constatados progressos recentes nos indicadores de desempenho e preparação, melhorias estas que inseriram a China entre os vinte primeiros colocados no *ranking* do ETI (tabela 1).

Os avanços na transição energética chinesa resultaram da diversificação do fornecimento de eletricidade, com incremento da participação de fontes renováveis, em especial das energias eólica e solar (gráficos 4 e 5). Houve, também, redução da intensidade de emissões no setor de geração (gráfico 6), bem como êxitos referentes aos esforços de conservação e eficiência energética. Os resultados positivos também se expressaram nos indicadores de financiamento e investimento, capital humano e educação, infraestrutura e P&D.

Por sua vez, as décadas de rápida expansão econômica e industrial legaram ao país persistentes problemas de poluição atmosférica, do solo e da água. As respostas político-institucionais a estes desafios incluíram a implementação da política 1+N, que estabelece os princípios orientadores para que as metas de pico e neutralidade sejam alcançadas até 2030 e 2060, respectivamente. As diretrizes do plano de ação se traduziram em diversas metas setoriais, abrangendo os segmentos de energia, indústria, construção, economia circular e transportes.

Apesar de certo ceticismo relacionado à concretização das metas de descarbonização chinesas, evidenciou-se seu papel dominante nos investimentos globais em tecnologias de baixo carbono (gráfico 8), especialmente em energia solar, eólica, veículos elétricos e baterias. A liderança não se resumiu à fabricação e à exportação de tecnologias de baixo carbono, mas também abrangeu inovações materializadas no desenvolvimento de novas soluções e aplicações capazes de enfrentar a crise climática.

A América Latina, por seu turno, caracteriza-se pela sua posição de liderança em termos de sustentabilidade, graças à participação elevada das fontes renováveis nos sistemas de energia de seus países (gráfico 9). Em termos dinâmicos, observou-se a expansão recente das fontes eólica e solar, movimento que coincidiu com a redução da intensidade de emissões no setor de geração (gráfico 10). Houve, também, crescimento do consumo de energia a partir do gás natural e relativo declínio da geração hidrelétrica nas últimas décadas.

A despeito das potencialidades da região para produção de energias limpas, há diversos desafios para a transição energética, especialmente nas dimensões de equidade e segurança (tabela 3). A necessidade de atração de investimentos e da modernização das redes para acomodar crescentes quantidades de fontes intermitentes de energia se somam ao imperativo de ampliar as iniciativas voltadas para possibilitar ganhos de eficiência energética.

A concepção de estratégias para tornar o fornecimento de eletricidade menos dependente de combustíveis fósseis e a adoção de iniciativas para favorecer a eletrificação de setores de uso final também se deparam com barreiras associadas às condições habilitadoras para a transição energética, incluindo limitações em termos de recursos, infraestrutura, arquitetura institucional e regulatória e capital humano (gráfico 14).

Considerando as potencialidades e desafios para transição energética na América Latina, é imperativo fortalecer a cooperação regional, para aprimorar políticas de eficiência energética e expandir o uso de fontes renováveis, bem como estabelecer parcerias com atores extrarregionais, como a China, líder na produção de equipamentos de energia renovável e principal investidor em tecnologias verdes e transição energética.

Neste contexto, o país asiático emerge como aliado-chave para os países latino-americanos. Suas contribuições manifestam-se especialmente no preenchimento de lacunas de investimentos e financiamentos para desenvolvimento de projetos em geração e transmissão de energia renovável,

além de oportunidades atreladas ao segmento de indústrias verdes, em particular de veículos elétricos. Adicionalmente, há potencial considerável em termos de cooperação técnica.

O monitoramento e a avaliação permanente das necessidades e possíveis projetos e iniciativas podem colaborar para consolidar as parcerias já estabelecidas, bem como ocasionar novas alternativas para a garantia da produção de energia segura, eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- 14FYP energy plan: more plans on energy storage and hydrogen – China's emissions analysis. **Carbon Brief**, 24 Mar. 2022. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/china-briefing-24-march-2022-14fyp-energy-plan-more-plans-on-energy-storage-and-hydrogen-chinas-emissions-analysis/>. Acesso em: 22 fev. 2024.
- AALTO, P. *et al.* Introduction: electrification and the energy transition. In: AALTO, P. (Ed.). **Electrification: accelerating the energy transition**. [s.l.]: Elsevier, 2021. p. 3-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822143-3.00006-8>. Acesso em: 3 jun. 2023.
- ABRÃO, R. A. A geopolítica das energias renováveis: o Brasil em meio a um cenário global em transformação. **Monções**, v. 11, n. 22, p. 118-150, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/rmufgd.v11i22.14541>. Acesso em: 3 out. 2023.
- ALLISON, G. China's dominance of solar poses difficult choices for the west. **Financial Times**, 22 June 2023. Disponível em: <https://www.ft.com/content/fd8e7175-9423-4042-a6f7-c404afdfcda4>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- AMARAL, T. *et al.* Financiamentos chineses de projetos de energias renováveis na América Latina: uma análise à luz dos desafios das mudanças climáticas. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 35, p. 10-65, 2023.
- ANTJE, K. *et al.* Calling energy inequalities into the transition agenda. **Energy Research and Social Science**, v. 101, 2023.
- ARAÚJO, J. V.; MUÑOZ CABRÉ, M. M. **Energía solar y eólica en Colombia: panorama y resumen de políticas 2022**. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2023. Disponível em: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2023/03/solar-eolica-colombia-sei2023.016.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2023.
- ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: progress, challenges, and opportunities. **Energy Research and Social Science**, p. 112-121, 2014.
- BAINI, T. Pacific Hydro, Statkraft refinance La Higuera. **Latin Finance**, 26 Mar. 2019. Disponível em: <https://latinfinance.com/topics/corporate-sovereign-strategy/2019/03/26/pacific-hydro-statkraft-refinance-la-higuera/>.
- BAJO la lupa: las dificultades de Goldwind en Argentina. **BN Americas**, 17 dic. 2020. Disponível em: <https://www.bnamericas.com/es/analisis/bajo-la-lupa-las-dificultades-de-goldwind-en-argentina>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BANDHARY, R. R. *et al.* Demanding development: the political economy of climate finance and overseas investments from China. **Energy Research and Social Science**, v. 93, 2022.
- BARNEDA, D. Olade planteó un nuevo escenario de la electromovilidad en América Latina. **Mejor Energía**, 21 ago. 2023. Disponível em: <https://www.mejorenergia.com.ar/noticias/2023/08/21/1799-olade-planteo-un-nuevo-escenario-de-la-electromovilidad-en-america-latina>. Acesso em: 26 dez. 2023.
- BAUER, S. *et al.* **Uma corrida para o topo: América Latina 2023**. California: Global Energy Monitor, mar. 2023. Disponível em: <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/03/GEM-LATAM-report-Portuguese.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2023.

BELAID, F.; AL-SARIHI, A.; AL-MESTNEER, R. Balancing climate mitigation and energy security goals amid converging global energy crises: the role of green investments. **Renewable Energy**, v. 205, p. 534-542, Mar. 2023.

BEYZA, J.; YUSTA, J. M. The effects of the high penetration of renewable energies on the reliability and vulnerability of interconnected electric power systems. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 215, 2021.

BHATTACHARYYA, R. Green finance for energy transition, climate action and sustainable development: overview of concepts, applications, implementation and challenges. **Green Finance**, v. 4, n. 1, p. 1-35, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3934/gf.2022001>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BLAIR, J. J. *et al.* The 'alterlives' of green extractivism: lithium mining and exhausted ecologies in the Atacama Desert. **International Development Policy**, v. 16, 2023.

BLOOMBERGNEF – BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE. **Energy transition investment trends 2022**: tracking global investment in the low-carbon energy transition. [s.l.]: BloombergNEF, 2022. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-Exec-Summary-2022.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2023.

_____. **Energy transition investment trends 2024**: tracking global investment in the low-carbon transition. [s.l.]: BloombergNEF, 2024. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>. Acesso em: 3 out. 2024.

BORDOFF, J.; O'SULLIVAN, M. L. The age of energy insecurity. **Foreign Affairs**, 10 Apr. 2023. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/world/energy-insecurity-climate-change-geopolitics-resources>. Acesso em: 2 jun. 2023.

BRICOUT, A. *et al.* From the geopolitics of oil and gas to the geopolitics of the energy transition: is there a role for European supermajors? **Energy Research and Social Science**, v. 88, 2022.

BRIDLE, R. *et al.* **Subsidies to coal power generation in China**. Winnipeg: IISD, 13 Nov. 2016. (Report). Disponível em: <https://www.iisd.org/publications/report/subsidies-coal-power-generation-china>.

CABRÉ, M.; GALLAGHER, K.; LI, Z. Renewable energy: the trillion dollar opportunity for Chinese overseas investment. **China and World Economy**, v. 26, n. 6, p. 27-49, 2018.

CARLIER, M. Electric vehicles in Latin America: statistics and facts. **Statista**, 19 Dec. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/topics/9634/electric-vehicles-in-latin-america/#topicOverview>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CECHIMEX – CENTRO DE ESTUDIOS CHINA-MEXICO. **El Triángulo del Litio**: la IED China que carga la batería del mundo. Ciudad de México: Cechimex, 2023. Disponível em: https://dusselpeters.com/CECHIMEX/20230222_CECHIMEX_Tri%C3%A1ngulo_Litio_IED_China_Diana_Manjarrez.pdf. Acesso em: 1º dez. 2024.

CHANEY, E.; GODEMENT, F. China's climate pledges and the coal-driven economy. **Institut Montaigne**, 27 May 2021. Disponível em: <https://www.institutmontaigne.org/en/expressions/chinas-climate-pledges-and-coal-driven-economy>. Acesso em: 22 fev. 2024.

CHEN, D. *et al.* The impact of energy regulation on energy intensity and energy structure: firm-level evidence from China. **China Economic Review**, v. 59, n. 101351, p. 101351, 2020.

CHERP, A. *et al.* Integrating techno-economic, socio-technical and political perspectives on national energy transitions: a meta-theoretical framework. **Energy Research and Social Science**, v. 37, p. 175-190, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.015>.

CHINA says a third of electricity will come from renewables by 2025. **Reuters**, 1 June 2022. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/china-says-third-electricity-will-come-renewables-by-2025-2022-06-01/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

CHINA'S development banks provided no green energy finance in 2022: research. **Reuters**, 13 Nov. 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/china/chinas-development-banks-provided-no-green-energy-finance-2022-research-2023-11-14/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

CHINA'S ODI among world's top 3 in 10 consecutive years. **SCIO**, 9 Nov. 2022. Disponível em: http://english.scio.gov.cn/pressroom/2022-11/09/content_78509342.htm. Acesso em: 14 mar. 2024.

COZZI, L. *et al.* For the first time in decades, the number of people without access to electricity is set to increase in 2022. **International Energy Agency Commentaries**, 3 Nov. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/commentaries/for-the-first-time-in-decades-the-number-of-people-without-access-to-electricity-is-set-to-increase-in-2022>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CRIJNS-GRAUS, W. *et al.* International comparison of research and investments in new renewable electricity technologies: a focus on the European Union and China. **Energies**, v. 15, n. 17, p. 6383, 2022.

CTG BRASIL – CHINA THREE GORGES CORPORATION. **Demonstrações financeiras em 31 de dezembro de 2017 e 2016 e relatórios dos auditores independentes**. São Paulo: CTG Brasil, 2017. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/5b6d81c0-07fe-4bdb-8bb9-14699e84f3c9/dacdf297-0846-e827-15aa-1840bb7106db?origin=1>.

CUBEROS, L. América Latina avanza hacia el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde. **Dialogue Earth**, 22 nov. 2022. Disponível em: <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/360893-60802-america-latina-avanza-hacia-el-desarrollo-de-proyectos-de-hidrogeno-verde/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

CUI, S.; ZHENG, Z. China and Brazil Development Finance Cooperation: a case study of the Belo Monte Transmission Line Project. In: PETERS, E. D. (Ed.). **China's financing in Latin America and the Caribbean**. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2019. p. 235-258.

DE BOER, D.; DANTING, F. Impressive progress in China's 1+N Policy Framework. **CCICED**, 11 Mar. 2022. Disponível em: <https://cciced.eco/climate-governance/how-is-progress-in-chinas-1n-policy-framework/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

DOH, J.; BUDHWAR, P.; WOOD, G. Long-term energy transitions and international business: concepts, theory, methods, and a research agenda. **Journal of International Business Studies**, v. 52, n. 5, p. 951-970, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/s41267-021-00405-6>. Acesso em: 10 jun. 2023.

DORN, F. M. Green colonialism in Latin America? Towards a new research agenda for the global energy transition. **European Review of Latin American and Caribbean Studies**, n. 114, p. 137-146, 2022.

ELLERBECK, S. Electric vehicle sales leapt 55% in 2022: here's where that growth was strongest. **WEF**, 11 May 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/electric-vehicles-ev-sales-growth-2022/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

ENEL sells 540 MW of renewable capacity in Brazil for 700 million euros. **Enel Green Power**, 16 Jan. 2019. Disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/pt/midias/press/2019/01/enel-sells-540-mw-of-renewable-capacity-in-brazil-for-700-million-euros>. Acesso em: 22 maio 2023.

ENERGY crisis revives coal demand and production. **Reuters**, 19 Oct. 2022. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/energy/energy-crisis-revives-coal-demand-production-2022-10-19/>. Acesso em: 2 jun. 2023.

ESPINOSA, P.; MELGAR, L. Accelerating Latin America's clean-energy revolution. **Project Syndicate**, 29 Nov. 2023. Disponível em: <https://www.project-syndicate.org/commentary/latin-america-and-caribbean-clean-energy-transition-challenges-and-opportunities-by-patricia-espinosa-and-lourdes-melgar-2023-11>. Acesso em: 21 dez. 2023.

FENG, T.; SUN, L.; ZHANG, Y. The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China. **Energy Policy**, v. 37, n. 12, p. 5475-5483, 2009.

FERRIS, N. Weekly data: the massive potential for solar energy in the Global South. **Energy Monitor**, 10 May 2021. Disponível em: <https://www.energymonitor.ai/tech/renewables/weekly-data-the-massive-potential-for-solar-energy-in-the-global-south/>. Acesso em: 2 jun. 2023.

FOUQUET, R. Historical energy transitions: speed, prices and system transformation. **Energy Research and Social Science**, v. 22, p. 7-12, 2016.

FU, F. Y. *et al.* The dynamic role of energy security, energy equity and environmental sustainability in the dilemma of emission reduction and economic growth. **Journal of Environmental Management**, v. 280, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111828>. Acesso em: 11 jun. 2023.

FU, Y.; LAI, K. K.; YU, L. Multi-nation comparisons of energy architecture performance: a group decision-making method with preference structure and acceptability analysis. **Energy Economics**, v. 96, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105139>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GASPAR FILHO, V.; SANTOS, T. Energy security transition: clean energy, critical minerals, and new dependencies. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022.

GEM – GLOBAL ENERGY MONITOR. **A race to the top: China 2023**. Covina: GEM, 2023. Disponível em: <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/06/GEM-RTTT-China-2023-report-English-1.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

GIELEN, D. *et al.* The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, v. 24, p. 38-50, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>. Acesso em: 10 jun. 2023.

GRECO, S. *et al.* On the methodological framework of composite indices: a review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. **Social Indicators Research**, v. 141, p. 61-94, 2019.

GRINZSTEJN, C.; RODRIGUEZ, M. E.; ESTILL, G. **O dilema da China: entre a liderança na transição energética e a dependência do carvão**. Rio de Janeiro: BRICS Policy Center, 2022.

GUBINELLI, G. Goldwind pondrá en funcionamiento sus 5 parques eólicos de Argentina en los próximos 2 meses. **Energía Estratégica**, 14 dic. 2020. Disponível em: <https://www.energiaestrategica.com/goldwind-pondra-en-funcionamiento-sus-5-parques-eolicos-de-argentina-en-los-proximos-2-meses/>. Acesso em: 22 mar. 2024.

GUÉNETTE, J.-D.; KENWORTHY, P.; WHEELER, C. **Implications of the war in Ukraine for the global economy**. Washington: World Bank, Apr. 2022. (EFI Policy Note, n. 3). Disponível em: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5d903e848db1d1b83e0ec8f744e55570-0350012021/related/Implications-of-the-War-in-Ukraine-for-the-Global-Economy.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2023.

GUERRERO, A. L. Geopolitics of global energy transformation and territorial dynamics of energy transition in South America. **Ambiente e Sociedade**, v. 24, 2021.

HAN, C; WEI, S. China's no new coal power overseas pledge, one year on. **China Dialogue**, 22 Sept. 2022. Disponível em: <https://chinadialogue.net/en/energy/chinas-no-new-coal-power-overseas-pledge-one-year-on/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

HAWKINS, A.; CHEUNG, R. China on course to hit wind and solar power target five years ahead of time. **The Guardian**, 29 June 2023.

HE, L. China vows to help its EV champions succeed overseas despite threats of sanctions. **CNN**, 27 Feb. 2024. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2024/02/07/cars/china-ev-global-push-intl-hnk/index.html>. Acesso em: 11 mar. 2024.

HILTON, I.; KERR, O. The Paris Agreement: China's 'new normal' role in international climate negotiations. **Climate Policy**, v. 17, n. 1, p. 48-58, Oct. 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2016.1228521>.

HIRSH, R. F.; JONES, C. F. History's contributions to energy research and policy. **Energy Research and Social Science**, v. 1, p. 106-111, Mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.010>. Acesso em: 2 out. 2023.

HODSON, H. EVs are poised to make China the world's biggest car exporter. **The Economist**, 13 Nov. 2023. Disponível em: <https://www.economist.com/the-world-ahead/2023/11/13/evs-are-poised-to-make-china-the-worlds-biggest-car-exporter?>. Acesso em: 22 fev. 2024.

HORN, S.; REINHART, C.; TREBESCH, C. **China's overseas lending**. Cambridge: NBER, 2019. (Working Paper, n. 26050).

HUANG, J. *et al.* How successful are the restoration efforts of China's lakes and reservoirs? **Environment International**, v. 123, p. 96-103, 2019.

HUND, D. *et al.* A framework for fostering effective energy transitions. **McKinsey and Company**, 12 Apr. 2018. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/a-framework-for-fostering-effective-energy-transitions>. Acesso em: 25 maio 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Tracking clean energy innovation**: a framework for using indicators to inform policy. [s.l.]: IEA, Nov. 2020.

_____. **An energy sector roadmap to carbon neutrality in China**: executive summary. Paris: IEA, Sept. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china/executive-summary>. Acesso em: 22 fev. 2024.

_____. **Global energy review**: CO2 emissions in 2021. Paris: IEA, Mar. 2022a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>. Acesso em: 2 jun. 2023.

_____. **The role of critical minerals in clean energy transitions**. Paris: IEA, Mar. 2022b. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2023.

_____. **Tracking clean energy innovation**: focus on China. Paris: IEA, Mar. 2022c. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/6a6f3da9-d436-4b5b-ac3b-2622425d2ae4/TrackingCleanEnergyInnovation-FocusonChina_FINAL.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

_____. **World energy outlook 2022**. Paris: IEA, Nov. 2022d. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>. Acesso em: 1º jun. 2023.

_____. **Energy efficiency**. Paris: IEA, Dec. 2022e. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>. Acesso em: 3 jun. 2023.

_____. **CO2 emissions in 2022**. Paris: IEA, Mar. 2023a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>. Acesso em: 3 jun. 2023.

_____. **World energy investment 2023**. Paris: IEA, May 2023b.

_____. **World energy outlook 2023**. Paris: IEA, Oct. 2023c. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf>. Acesso em: 1º jun. 2023.

_____. **Latin America energy outlook**. Paris: IEA, Nov. 2023d.

_____. **World energy investment 2024**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>. Acesso em: 21 out. 2024.

IMAHASHI, R. Coal use set to hit all-time high in 2022 amid energy crisis. **Nikkei Asia**, 16 Dec. 2022. Disponível em: <https://asia.nikkei.com/Business/Energy/Coal-use-set-to-hit-all-time-high-in-2022-amid-energy-crisis-IEA>. Acesso em: 3 jun. 2023.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **World energy transitions outlook 2022: 1,5 °C pathway**. Abu Dhabi: Irena, 2022. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2022/mar/irena_weto_summary_2022.pdf?la=en&hash=1da99d3c3334c84668f5caae029bd9a076c10079. Acesso em: 20 maio 2023.

_____. **World energy outlook 2023: 1,5 °C pathway**. Abu Dhabi: Irena, 2023a. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>. Acesso em: 10 nov. 2023.

_____. **Renewable power generation costs in 2022**. Abu Dhabi: Irena, 2023b. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

_____. **Renewable capacity statistics 2023**. Abu Dhabi: Irena, 2023c. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>. Acesso em: 13 nov. 2023.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY; AfDB – AFRICAN DEVELOPMENT BANK. **Renewable energy market analysis: Africa and its regions**. Abu Dhabi: Irena; AfDB, 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Renewable-Energy-Market-Analysis-Africa>. Acesso em: 4 jun. 2023.

JEMIO, M. T. O polêmico referendo para reativar a represa boliviana de Rositas. **Diálogo Chino**, 20 fev. 2019. Disponível em: <https://dialogochino.net/pt-br/mudanca-climatica-e-energia-pt-br/23572-o-polemico-referendo-para-reativar-a-represa-boliviana-de-rositas/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

JL, Q.; ZHANG, D. How much does financial development contribute to renewable energy growth and upgrading of energy structure in China? **Energy Policy**, v. 128, p. 114-124, 2019.

JINNAH, S. Makers, takers, shakers, shapers: emerging economies and normative engagement in climate governance. **Global Governance**, v. 23, p. 285-306, 2017.

KLIMAN, D. *et al.* Grading China's Belt and Road. **CNAS**, 8 Apr. 2019. Disponível em: <https://www.cnas.org/publications/reports/beltandroad>. Acesso em: 14 mar. 2024.

KONG, B.; GALLAGHER, K. P. The new coal champion of the world: the political economy of Chinese overseas development finance for coal-fired power plants. **Energy Policy**, v. 155, 2021.

KOOP, F. Gás natural: faça de dois gumes na transição energética da América Latina. **Diálogo Chino**, 18 jan. 2018. Disponível em: <https://dialogochino.net/pt-br/mudanca-climatica-e-energia-pt-br/50409-natural-gas-latin-america-energy-transition/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

_____. Q&A: 'Latin America has different versions of the energy transition'. **Dialogue Earth**, 21 Aug. 2023. Disponível em: <https://dialogochino.net/en/climate-energy/377476-latin-america-has-different-versions-of-the-energy-transition/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

KUC-CZARNECKA, M. E.; OLCZYK, M.; ZINECKER, M. Improvements and spatial dependencies in energy transition measures. **Energies**, v. 14, n. 13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en14133802>.

LAMPIS, A. *et al.* Energy transition or energy diversification? Critical thoughts from Argentina and Brazil. **Energy Policy**, v. 171, 2022.

LAPILLONE, B.; SUDRIES, L. Empowering sustainable development through energy efficiency. **Enerdata**, Mar. 2023. Disponível em: <https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/publications/executive-briefing/empowering-sustainable-development-through-energy-efficiency-latin-america.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2023.

LEI, L. High renewables development costs are a ‘symptom’ of inflexible power grids: IRENA chief. **Eco-Business**, 31 Oct. 2023. Disponível em: <https://www.eco-business.com/news/high-renewables-development-costs-are-a-symptom-of-inflexible-power-grids-irena-chief/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

LI, D.; LI, S.; BO, M. China’s overseas energy investments after the “no coal” pledge: an assessment. **Global China Pulse**, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3RSiOzD>. Acesso em: 1º dez. 2024.

LI, L.; TAEIHAGH, A. An in-depth analysis of the evolution of the policy mix for the sustainable energy transition in China from 1981 to 2020. **Applied Energy**, v. 263, n. 114611, p. 114611, 2020.

LIMA, E. Odebrecht vende 3ª maior hidrelétrica do Peru para consórcio chinês. **UOL**, 25 ago. 2017. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/efe/2017/08/25/odebrecht-vende-3-maior-hidroeletrica-do-peru-para-consorcio-chines.htm#:~:text=A%20Odebrecht%20anunciou%20nesta%20quinta,US%24%201%2C4%20bilh%C3%A3o>. Acesso em: 14 mar. 2024.

LINS, C.; MASCOTTE, B. **Integração energética na América Latina: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: Cebri, 2020.

LIU, H. *et al.* The carbon brief profile: China. **Carbon Brief**, 29 Nov. 2023. Disponível em: <https://interactive.carbonbrief.org/the-carbon-brief-profile-china/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

LIU, S.; WANG, Y.; WANG, Y. South Korea and Japan will end overseas coal financing: will China catch up? **World Resources Institute**, 14 June 2021. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/south-korea-and-japan-will-end-overseas-coal-financing-will-china-catch>. Acesso em: 3 jun. 2023.

LIU, Z. *et al.* Legal system of soil pollution remediation in China and its regulation and guidance to soil pollution remediation. **Sustainability**, v. 15, n. 15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15151504>.

LONG, X. *et al.* Nonrenewable energy, renewable energy, carbon dioxide emissions and economic growth in China from 1952 to 2012. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 680-688, 2015.

LÓPEZ-BELLIDO, L.; WERY, J.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J. Energy crops: prospects in the context of sustainable agriculture. **European Journal of Agronomy: the Journal of the European Society for Agronomy**, v. 60, p. 1-12, 2014.

LOSEKANN, L.; TAVARES, F. B. **Política energética no BRICS: desafios da transição energética**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2495).

MA, T. *et al.* China’s improving inland surface water quality since 2003. **Science Advances**, v. 6, n. 1, p. 3798, 2020.

MACHADO, N. América Latina tem 319 GW em renováveis anunciadas até 2030; Brasil lidera. **Eixos**, 10 mar. 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/america-latina-tem-319-gw-em-renovaveis-anunciadas-ate-2030-brasil-lidera/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MAISCH, M. Enel brings online 546 MW of solar projects in Brazil. **PV Magazine**, 19 Sept. 2017. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2017/09/19/enel-brings-online-546-mw-of-solar-projects-in-brazil/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

MAIZLAND, L. China’s fight against climate change and environmental degradation. **Council on Foreign Relations**, 19 May 2021. Disponível em: <https://www.cfr.org/background/china-climate-change-policies-environmental-degradation>. Acesso em: 22 fev. 2024.

MAJKUT, J. *et al.* Security implications of Nord Stream sabotage. **Center for Strategic and International Studies**, 29 Sept. 2022. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/security-implications-nord-stream-sabotage>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MARTÍNEZ, R. Q. **Energy transition powering transformative sustainable development in Latin America and the Caribbean**. Santiago: CEPAL, maio 2023. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ppt_challenges_eclac.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

MAZZOCCO, I.; SEBASTIAN, G. Electric shock: interpreting China's electric vehicle export boom. **CSIS**, 14 Sept. 2023. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/electric-shock-interpreting-chinas-electric-vehicle-export-boom>. Acesso em: 22 fev. 2024.

MONROY, M. Conoce el ranking que tiene a Chile liderando la electromovilidad en Latinoamérica. **La Tercera**, 9 nov. 2023. Disponível em: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/conoce-el-ranking-que-tiene-a-chile-liderando-la-electromovilidad-en-latinoamerica/7GVXYE6M2FAFNM3GHFNC6TC73Y/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MORTON, K. China's ambition on climate change in a post-pandemic world. In: GABUSI, G. (Ed.). **Drivers of global change**. Torino: Twai, 2022. p. 36-40.

MOTA, C. Como seca histórica no Brasil traz risco de inflação e racionamento de energia. **BBC**, 31 maio 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57290389>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MOYA, D. La apuesta de América Latina por la electromovilidad: Costa Rica, México y Brasil lideran la carrera. **Diario Financiero**, 20 oct. 2023. Disponível em: <https://dfsud.com/america/la-apuesta-de-america-latina-por-la-electromovilidad-costa-rica-mexico>. Acesso em: 26 dez. 2023.

MYLLYVIRTA, L. What is causing the record rise in both China's coal production and imports? **Crea**, 8 June 2023. Disponível em: <https://energyandcleanair.org/record-rise-in-chinas-coal-production-and-imports/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

NAM, E.; JIN, T. Mitigating carbon emissions by energy transition, energy efficiency, and electrification: difference between regulation indicators and empirical data. **Journal of Cleaner Production**, v. 300, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126962>. Acesso em: 20 jun. 2023.

NEDOPIL, C. *et al.* What China's new guidelines on 'green development' mean for the Belt and Road. **China Dialogue**, 18 Aug. 2021. Disponível em: <https://dialogue.earth/en/business/what-chinas-new-guidelines-on-green-development-mean-for-the-belt-and-road/>. Acesso em: 21 maio 2023.

NENGCHANG, C.; XIAOXIA, H.; DASONG, L. China launches first national soil survey in 40 years. **Dialogue Earth**, 2 Aug. 2022. Disponível em: <https://dialogue.earth/en/nature/china-launches-first-national-soil-survey-in-40-years/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

NEOFYTOU, H.; NIKAS, A.; DOUKAS, H. Sustainable energy transition readiness: a multicriteria assessment index. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 131, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109988>. Acesso em: 14 jun. 2023.

NURTON, J. Patenting trends in renewable energy. **Wipo**, Jan. 2020. Disponível em: https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2020/01/article_0008.html. Acesso em: 22 fev. 2024.

OLIVEIRA, R. C. **Panorama do hidrogênio no Brasil**. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2787).

O'SULLIVAN, M.; OVERLAND, I.; SANDALOW, D. The geopolitics of renewable energy. **SSRN Electronic Journal**, p. 17-27, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2998305>. Acesso em: 4 out. 2023.

OVERLAND, I. *et al.* The GeGaLo index: geopolitical gains and losses after energy transition. **Energy Strategy Review**, v. 26, p. 100406, 2019.

PABLO-ROMERO, M.; SÁNCHEZ-BRAZA, A.; ROMERO, M. Renewable energy in Latin America. **AIMS Energy**, v. 10, n. 4, p. 695-717, 2022.

PALACIOS, L.; AYALA, J. J. G. Financing the energy transition in Latin America and the Caribbean: an incomplete puzzle. **Center on Global Energy Policy**, Sept. 2023. Disponível em: <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/financing-the-energy-transition-in-latin-america-and-the-caribbean-an-incomplete-puzzle/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

PALACIOS, L.; CÁRDENAS, M. A bold plan to finance Latin America's energy transition. **Americas Quarterly**, 24 Feb. 2022. Disponível em: <https://americasquarterly.org/article/a-bold-plan-to-finance-latin-americas-energy-transition/>. Acesso em: 26 dez. 2023.

PALTSEV, S. The complicated geopolitics of renewable energy. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 72, n. 6, p. 390-395, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00963402.2016.1240476>. Acesso em: 4 out. 2023.

PENG, D.; JI, Y.; KONG, Q. OFDI and firms' sustainable productive capacity: evidence from Chinese industrial firms. **International Review of Economics and Finance**, v. 83, p. 641-652, Jan. 2023.

PORTER, S. The energy trilemma: finding the right balance between sustainability, security and affordability. **Forbes**, 11 Apr. 2023. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/deloitte/2023/04/11/the-energy-trilemma-finding-the-right-balance-between-sustainability-security-and-affordability/?sh=552641e465a8>. Acesso em: 30 set. 2023.

QUEIROZ, T.; NOGUEIRA, I. Por um rejuvenescimento verde? Liderança climática e novo normal chinês. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS, 8., 2021, Belo Horizonte, Minas Gerais. **Anais...** Belo Horizonte: ABI, 2021.

QUITZOW, R. *et al.* Advancing a global transition to clean energy: the role of international cooperation. **Economics**, v. 13, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2019-48>. Acesso em: 13 jun. 2023.

RAGOSA, G.; WARREN, P. Unpacking the determinants of cross-border private investment in renewable energy in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 854-865, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.166>. Acesso em: 16 jun. 2023.

RAY, R.; SIMMONS, B. A. Tracking China's overseas development finance. **Global Development Policy Center**, 7 Dec. 2020. Disponível em: <https://www.bu.edu/gdp/2020/12/07/tracking-chinas-overseas-development-finance/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

RITCHIE, H. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? **Our World in Data**, 18 Sept. 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>. Acesso em: 10 nov. 2023.

RITCHIE, H.; ROSER, M. China: CO2 country profile. **Our World in Data**, 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2/country/china#citation>.

RÖDER, M.; WELFLE, A. Bioenergy. In: LETCHER, T. M. (Ed.). **Managing global warming: an interface of technology and human issues**. Massachusetts: Academic Press, 2019. p. 379-398. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00012-0>.

SANDALOW, D. *et al.* **Guide to Chinese climate policy 2022**. Oxford: The Oxford Institute for Energy Studies, 2022.

SCHONHARDT, S. China invests \$546 billion in clean energy, far surpassing the U.S. **Scientific American**, 30 Jan. 2023. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/china-invests-546-billion-in-clean-energy-far-surpassing-the-u-s/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SETH, S.; MCGILLIVRAY, M. Composite indices, alternative weights, and comparison robustness. **Social Choice and Welfare**, v. 51, p. 657-679, 2018.

SHEN, Y. *et al.* A dataset of low-carbon energy transition index for Chinese cities 2003-2019. **Scientific Data**, v. 10, n. 1, p. 906, 2023.

SINGH, H. V. *et al.* The energy transitions index: an analytic framework for understanding the evolving global energy system. **Energy Strategy Reviews**, v. 26, p. 100382, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100382>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SOTO, D. L. *et al.* **La ruta energética de América Latina y el Caribe**. Washington: BID, 2022.

SOVACOO, B. K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy Research and Social Science**, v. 13, p. 202-215, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>. Acesso em: 11 jun. 2023.

STEVENS, D. Las lecciones energéticas de las crisis de América Latina. **Nexos**, 2 mayo 2022. Disponível em: <https://medioambiente.nexos.com.mx/las-lecciones-energeticas-de-las-crisis-de-america-latina/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

TAI, H. *et al.* **The energy transition: a region-by-region agenda for near-term action**. New York: McKinsey and Company, 2022. Disponível em: https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/the-energy-transition-a-region-by-region-agenda-for-near-term-action#/. Acesso em: 28 maio 2023.

THE EVIDENCE is clear: the time for action is now. We can halve emissions by 2030. **IPCC**, 4 Apr. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>. Acesso em: 3 jun. 2023.

TOLLEFSON, J. What the war in Ukraine means for energy, climate and food. **Nature**, 5 Apr. 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00969-9>. Acesso em: 8 dez. 2023.

UGARTECHE, O.; LEÓN, C.; GARCÍA, J. China and the energy matrix in Latin America: governance and geopolitical perspective. **Energy Policy**, v. 177, June 2023.

UNCTAD – UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **China's policy strategies for green low-carbon development: perspective from South-South cooperation**. Geneva: United Nations, 2023. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/gds2023d6_en.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

UNDP – UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **China's climate policy documents: 1+N and updated NDC**. Beijing: UNDP, 2021. (Issue Brief, n. 6).

UNSTATS – UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS STATISTICS DIVISION. **The sustainable development goals report 2022**. New York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral commodity summaries 2023**. Virginia: USGS, 31 Jan. 2023. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

VASQUEZ, C.; STEINBUKS, J.; ESTEVEZ, R. From potential to action: energy efficiency in Latin America. **World Bank Blogs**, 2 Oct. 2023. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/energy/potential-action-energy-efficiency-latin-america>. Acesso em: 28 dez. 2023.

WANG, Z. *et al.* Energy structure change and carbon emission trends in China. **Energy**, Oxford, England, v. 115, p. 369-377, 2016.

WEC – WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Trilemma Index 2022**. London: WEC, 2022. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2022>. Acesso em: 15 maio 2023.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. **Fostering effective energy transition: 2021 edition**. Geneva: WEF, Apr. 2021. (Insight Report). Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2021/in-full/appendix-methodology/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

_____. **Fostering effective energy transition**: 2022 edition. Geneva: WEF, May 2022. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Energy_Transition_Index_2022.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

_____. **Fostering effective energy transition**: 2023 edition. Geneva: WEF, June 2023. (Insight Report). Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/china>. Acesso em: 22 fev. 2024.

WHITE, E. How China cornered the market for clean tech. **Financial Times**, 9 Aug. 2023. Disponível em: <https://www.ft.com/content/6d2ed4d3-c6d3-4dbd-8566-3b0df9e9c5c6>. Acesso em: 20 set. 2023.

WORLAND, J. The lesson from BYD's EV takeover: don't discount China. **Time**, 12 Jan. 2024. Disponível em: <https://time.com/6554994/china-byd-ev-takeover/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

YANG, G. *et al.* China's ambitious low-carbon goals require fostering city-level renewable energy transitions. **Science**, v. 26, n. 3, p. 106263, 2023.

YEPEZ, A.; URTEAGA, J. A. América Latina y el Caribe pueden mitigar el cambio climático aprovechando su eficiencia energética. **BID**, 20 abr. 2023. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/energia/es/america-latina-y-el-caribe-pueden-mitigar-el-cambio-climatico-aprovechando-su-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 21 set. 2023.

YORK, R.; BELL, S. E. Energy transitions or additions? Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. **Energy Research and Social Science**, v. 51, p. 40-43, 2019.

ZHANG, H. *et al.* Changes in China's river water quality since 1980: management implications from sustainable development. **Clean Water**, v. 6, n. 1, 2023.

ZHAO, F. J. *et al.* Soil contamination in China: current status and mitigation strategies. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 750-759, 2015.

ZHOU, L.; MA, Z. After a decade of fossil fuel investing, can China fulfill its promise of a "Green" Belt and Road Initiative? **World Resources Institute**, 24 Oct. 2023. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/greening-chinas-belt-and-road-initiative>. Acesso em: 14 mar. 2024.

APÊNDICE

QUADRO A.1

Detalhamento dos indicadores do Índice de Transição Energética

Dimensões	Indicadores	Detalhamento
Desempenho do sistema (50%)	Equidade (33%)	Acesso urbano a eletricidade (percentual da população urbana)
		Acesso rural a eletricidade (percentual da população rural)
		Acesso a combustíveis e tecnologias limpas para cozinhar (percentual da população)
		Preços de eletricidade domésticos, incluindo impostos (USc15p/kWh PPP)
		Preços de eletricidade para indústria (USc15p/kWh)
		Preços de gás por atacado (US\$/MMBTU)
		Subsídios de energia (percentual do PIB)
		Importações líquidas de combustível (percentual do PIB)
		Vantagens comparativas em tecnologias de baixo carbono
	Segurança (33%)	Diversificação dos parceiros de importação
		Diversidade da Oferta Total de Energia
		Importações líquidas de energia (percentual da Oferta Total de Energia)
		Diversidade da oferta de eletricidade
		Flexibilidade no sistema elétrico
		Resiliência do fornecimento de gás
		Índice de Duração Média de Interrupção do Sistema
		Índice de Frequência Média de Interrupção do Sistema
	Sustentabilidade (33%)	Intensidade energética (MJ/\$2017 PPP PIB)
		Consumo de energia <i>per capita</i> (GJ/capita)
		Emissões de CO ₂ <i>per capita</i> (T/capita)
		Intensidade de CO ₂ na Oferta Total de Energia (Kg/GJ)
		Intensidade de CH ₄ na produção de energia (kT/GJ)
		Parcela de energias limpas no consumo final de energia (percentual)
Preparação para a transição (50%)	Estrutura regulatória e investimento (50%)	Índice de Acesso à Energia Sustentável RISE
		Índice de Eficiência Energética RISE
		Índice de Energia Renovável RISE
		Índice de Cozinha Limpa RISE
		Compromisso do país com Carbono Zero
		Estabilidade política
		Pontuação da Taxa Eficaz de Carbono
		Classificação de crédito
		Crédito doméstico ao setor privado (percentual do PIB)
		Restrições regulatórias ao IED
		Estado de Direito
		Fluxos internacionais para países em desenvolvimento (percentual do PIB)
		Investimentos em energias renováveis (percentual do PIB)

(Continua)

(Continuação)

Dimensões	Indicadores	Detalhamento
Preparação para a transição (50%)	Fatores habilitadores (50%)	Pontuação da implantação de capacidade renovável
		Qualidade da infraestrutura de transportes
		Preparação da infraestrutura digital
		Empregos em energia renovável em relação ao total da força de trabalho industrial
		Qualidade da educação
		Disponibilidade de mão de obra qualificada
		Ambiente de negócios inovador
		Investimento público em pesquisa e desenvolvimento, como percentual do PIB
		Desenvolvimento de tecnologias ambientais como percentual de todas as tecnologias

Fonte: WEF – World Economic Forum. *Fostering effective energy transition*: 2023 edition. Geneva: WEF, June 2023. (Insight Report). Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/> china. Acesso em: 22 fev. 2024.

Elaboração dos autores.

Obs.: PPPs – *purchasing power parities* (paridades do poder de compra); PIB – produto interno bruto; RISE – Regulatory Indicators for Sustainable Energy; e IED – investimento externo direto.

