



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2021) v. 8, n. 1, pp. 1–21

<https://doi.org/10.21712/lajer.2021.v8.n1.p1-21>

**Transição energética para a sustentabilidade no Chile e no Brasil:
Oportunidades e desafios decorrentes da pandemia por Covid-19**
*Energy transition to sustainability in Chile and Brazil: Opportunities and
challenges arising from the Covid-19 pandemic*

Axel Bastián Poque González

Aluno do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM.
Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, SP, Brasil
E-mail: axel.poque@usach.cl

Received: 18 March 2021 | Accepted: 15 May 2021 | Published online: 11 July 2021

Resumo: O presente artigo busca explorar, de forma interdisciplinar, a influência da pandemia por Covid-19 na transição energética para a sustentabilidade que experimentam o Chile e o Brasil no século XXI. Subsequentemente, apresentam-se as principais oportunidades e desafios sociais, ambientais e técnicos que determinarão o desenvolvimento dos sistemas elétricos de ambos os países após superada a crise sanitária. Comprova-se a correlação fortemente positiva entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a geração de eletricidade em ambos os países no decorrer do presente século. Assim, as quedas experimentadas no PIB o ano 2020 tiveram consequência na produção elétrica. No entanto, as energias renováveis não convencionais solar e eólica continuaram crescendo no seu aporte à produção de eletricidade, e em consequência, foram experimentadas quedas na geração termoeletrica e hidrelétrica. Por último, corrobora-se que nos próximos anos, elementos tais como a agenda mundial para a sustentabilidade, as variações no ciclo da água, a participação e empoderamento cidadão, os custos das tecnologias, a influência da eletricidade no desenvolvimento humano, e os conflitos socioambientais decorrentes da construção de infraestrutura energética serão agentes chave nos setores elétricos do Chile e do Brasil.

Palavras-chave: Transição energética, Setor elétrico, Chile, Brasil, Covid-19.

Abstract: *This article seeks to explore, adopting an interdisciplinary perspective, the influence of Covid-19 pandemic on the Chilean and Brazilian energy transition towards sustainability of 21st century. Subsequently, there are presented the main opportunities and challenges of social, environmental, and technical nature that might determine the development of the electricity systems of both countries after the current crisis will be overcome. The strong positive correlation between the Gross Domestic Product (GDP) and electricity generation in both countries along this century is evidenced. Thus, the drops experienced in GDP in 2020 had consequences on electricity production. However, non-conventional renewable energies solar and wind have continued to grow in their contribution to electricity production, and consequently, declines in thermoelectric and hydroelectric generation have been experienced. Finally, it is corroborated that in the coming years, elements such as the global sustainability agenda, variations in the water cycle, citizen participation and empowerment, technology costs, the influence of electricity on human development, and socio-environmental conflicts arising from the construction of energy infrastructure will be key players in Chile's and Brazil's electricity sectors.*

Keywords: Energy Transition, Power systems, Chile, Brazil, Covid-19.

1. Introdução

Segundo a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), a transição energética contemporânea tem como eixo principal a transformação de um sistema energético global fortemente dependente dos combustíveis fósseis para um outro de zero emissão. Espera-se a consolidação desse novo regime na segunda metade do presente século, isto no bojo das tentativas globais para limitar as mudanças climáticas causadas principalmente pelas emissões de CO₂ de origem antrópico (IRENA, [s.d.]). Assim, começa a se prever um mundo pósterio que, com quase 10 bilhões de pessoas habitando nele, poderia, eventualmente, suprir um 100% dos seus requerimentos energéticos com fontes renováveis o ano 2050 (Ram et al., 2019).

Neste cenário, a Agência Internacional de Energia (IEA) projeta que para o ano 2025 a capacidade instalada – global – para geração fotovoltaica e eólica superarão a capacidade instalada para produção de eletricidade via gás e carvão (International Energy Agency, 2020b). Consequentemente, tendo fontes para a produção de energia elétrica menos poluentes, o uso final da energia está virando para a eletricidade – eletrificação da economia. De fato, já é possível perceber um fortalecimento da eletrificação nos setores do transporte e doméstico (Rosenbloom, 2019; Santos, 2019; Sugiyama, 2012).

Nesse sentido, a virada para o maior uso de fontes energéticas renováveis não convencionais (ERNC) na região sul-americana é um elemento que merece destaque. Dentre os países que apresentam uma maior escalada (proporcional com suas matrizes elétricas) na inserção de capacidade instalada de geração solar, eólica, geotérmica e de biomassa, ao longo da última década, sobressaem o Uruguai, o Chile e o Brasil (Poque, 2020; REN21, 2019). Note-se que, tanto o Chile quanto o Brasil, embora com algumas nuances nas suas visões e articulações político-institucionais, compartilharam, até a década dos anos dois mil, modelos de desenvolvimento do setor elétrico baseados, principalmente, na hidro¹ e termoeletricidade. Já o caso do Uruguai merece ser analisado separadamente, pois, apesar de ser um país de menor dimensão, os níveis de crescimento na geração via eólica, solar e térmica renovável, em termos proporcionais, vão muito além dos casos chileno e brasileiro (Gebremedhin et al., 2009; Moran et al., 2018; OLADE, 2020; Rodríguez-Monroy et al., 2018).

Assim como em outras áreas, o ano 2020 tornou-se um ponto de inflexão em matéria energética, pois, as alterações socioeconômicas decorrentes da pandemia por Covid-19 estimularam mudanças imprevisíveis no setor. Por exemplo, em termos globais, a demanda por petróleo e carvão caiu fortemente, o setor elétrico reduziu suas emissões em 3,3% em relação com o 2019, e o aumento na presença das energias renováveis continuou aumentando (IEA, 2021; Randall e Warren, 2020). Dito o anterior, vale a pena se questionar, que aconteceu com os setores elétricos do Chile e do Brasil? Foram mantidas as tendências na incorporação de ERNC? Foi diminuído o uso dos combustíveis fósseis? De que forma a pandemia poderia ter influenciado os setores elétricos de ambos os países? Quais são os principais elementos a considerar no cenário após pandemia?

2. Estratégia, objetivos e contornos da pesquisa

O principal objetivo desta pesquisa é entender o comportamento dos setores elétricos do Chile e do Brasil ao longo dos últimos anos, e assim, identificar quais são as principais mudanças impulsionadas a partir do cenário configurado pela pandemia por Covid-19, declarada no início do ano 2020. Isto, principalmente, no que diz respeito à transição energética para a sustentabilidade e a introdução das ERNC. Como corolário, surge o interesse por estudar os principais elementos técnicos, sociais e ambientais que determinarão ambos os setores elétricos nos próximos anos.

Em síntese, o alvo do estudo são os setores elétricos do Chile e do Brasil. Logo, para atingir o fim proposto no parágrafo anterior, três passos dirigem o curso da pesquisa, a saber: a revisão da importância dos setores no desenvolvimento de ambos os países ao longo do século XXI, a inspeção do cenário atual e da influência da pandemia, e por fim, a identificação dos principais *drivers* que influenciarão os anos vindouros.

Os setores elétricos são sistemas sociotécnicos cujo estudo demanda análises interdisciplinares, já que, o contexto contemporâneo no qual estão inseridos está marcado pelo trânsito para a descarbonização, pelo discurso sobre a sustentabilidade, e sob a influência dos direcionamentos propelidos por múltiplos atores em disputa (Benedicto et al., 2020; Rosenbloom, 2019; Sovacool e Brisbois, 2019; Verbong e Geels, 2007). Constate-se que, os sistemas sociotécnicos envolvem ao menos três componentes fundamentais, conectadas

¹ Tanto o Chile quanto o Brasil são pioneiros no desenvolvimento hidroelétrico na região latino-americana. Em 1900, só o Brasil, o Chile e Costa Rica possuíam usinas hidroelétricas (Rubio e Tafunell, 2014).

entre elas, a saber: (i) redes de atores e grupos sociais, (ii) regras de tipo formal, cognitivo e normativo que guiam as atividades, e (iii) elementos técnicos, materiais, artefatos e infraestrutura (Papachristos et al., 2013; Rosenbloom, 2019).

Dado que, a inserção das ERNC, tanto no Chile quanto no Brasil, apresentam uma decolagem palpável só no século XXI, a janela temporária que limita o presente estudo é o período de 2000 a 2020 (Poque, 2020). Logo, por sua confiabilidade, a variável fulcral sob análise será a geração elétrica por fontes, a que estará em permanente contraste com indicadores socioeconômicos, pois, como sugerido por Cohen e Gómez (2019), busca-se o diálogo reflexivo entre acontecimentos e teoria, ao mesmo tempo que são entrançadas as dimensões social, ambiental e técnico-energética, em um exercício dialético que procura explicar e compreender o fenômeno sob estudo (Cohen e Gómez, 2019; José Antonio Amozurrutia de Maria y Campos, 2012).

A próxima seção (3) está focada na apresentação e análise de dados, a seção subsequente (4) está direcionada à compreensão dos principais elementos que configurarão o cenário elétrico do Chile e do Brasil após 2020, e por fim, a seção final (5) propõe algumas conclusões e reflexões interdisciplinares. Na Figura 1 pode-se apreciar um resumo dos principais elementos expostos na presente seção.

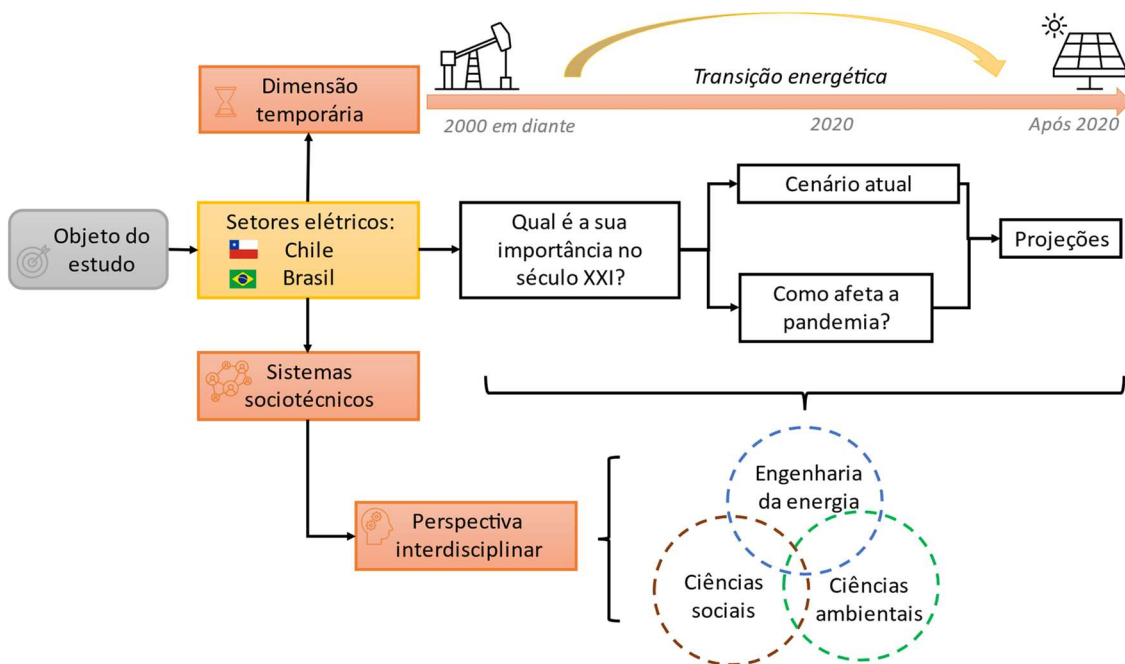


Figura 1. Metodologia, contexto e contornos da pesquisa. Fonte: Elaboração do autor.

3. Análise de dados

A América Latina e o Caribe tem sido uma das regiões mais atingidas pela pandemia por Covid-19, mesmo possuindo 8,4% da população global, até dezembro de 2020 concentrava 18,6% dos casos acumulados, além de 27,8% dos óbitos mundiais. Para mais, haveria aumentado a pobreza, a pobreza extrema, o desemprego, e todo tipo de desigualdades. Segundo dados da Comissão Econômica para a América Latina (CEPAL), em 2020 o Produto Interno Bruto (PIB) haveria experimentado uma queda de 5,2% no Brasil, enquanto no Chile, a redução chega aos 5,9% (CEPAL, 2021). Alguns dados de tipo geral a respeito dos dois países são apresentados na Figura 2.

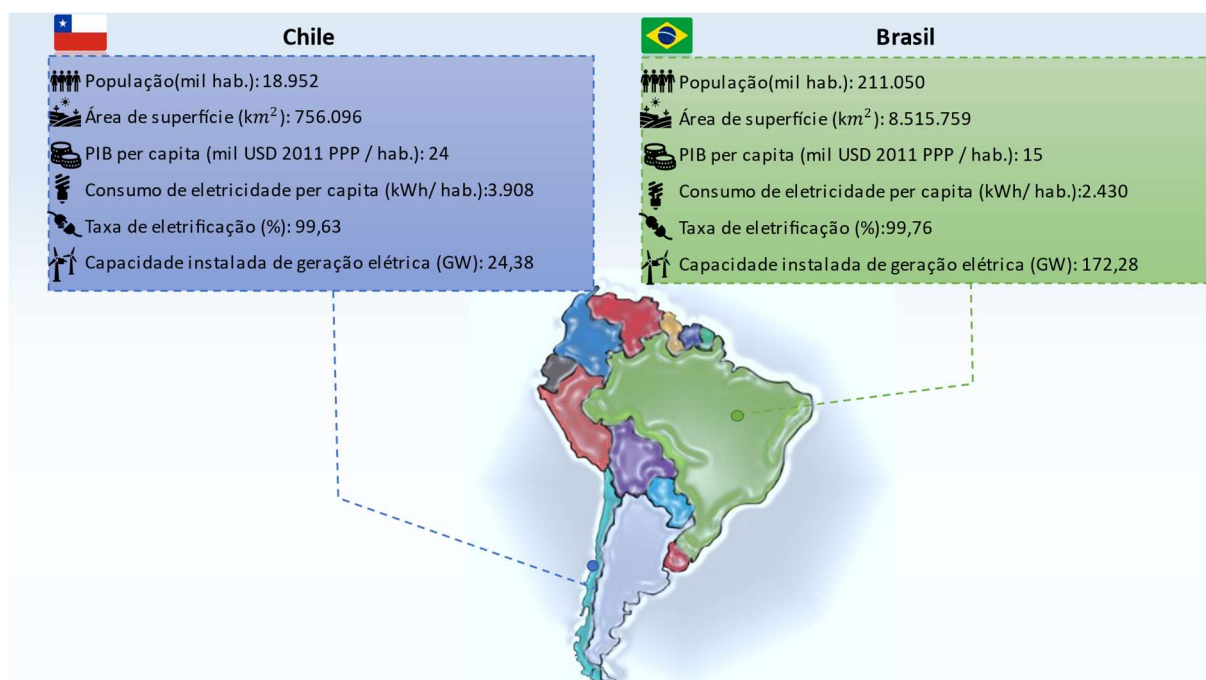


Figura 2. Dados gerais do Chile e do Brasil correspondentes ao ano 2019. Fonte: Elaboração do autor com dados de Organización Latinoamericana de Energía (2020).

3.1 A estreita relação entre a economia e a energia elétrica: Os casos chileno e brasileiro

Segundo o Balanço Energético do Chile, o ano 2019, 22% do uso final de energia do país esteve vinculado à eletricidade. Como é apresentado na Figura 3, o setor da economia chilena que mais consome energia elétrica é a indústria e mineração, seguido pela conjunção dos setores residencial, comercial e público (Comisión Nacional de Energía, 2019). Em consequência, maior atividade industrial, mineral e comercial implica incrementos nos requerimentos de eletricidade, ao mesmo tempo que aumentam os rendimentos económicos do país.

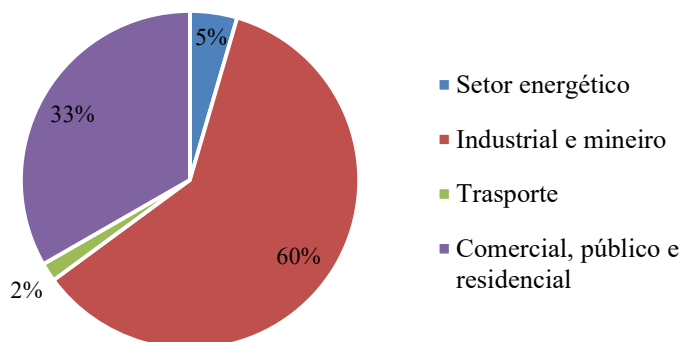


Figura 3. Composição setorial do consumo de eletricidade em 2019 no Chile. Fonte: Elaboração do autor com dados de Comisión Nacional de Energía (2019).

Como apresenta a Figura 4, as séries de dados do PIB chileno (Milhões de USD a preços constantes de 2010) e a geração de eletricidade do Sistema Elétrico Nacional² (GWh/Ano), no período 2000 - 2019, mostram uma *Correlação de Pearson* de 0,998 entre elas.

² Devido às características da geografia chilena, o Sistema Elétrico Nacional (SEN) é um sistema único de 3.100 km de extensão que cobre quase todo o território pátrio. Aliás, o SEN vai desde a cidade de Arica, no norte, até a ilha de Chiloé, no sul (Coordinador Eléctrico Nacional, 2021).

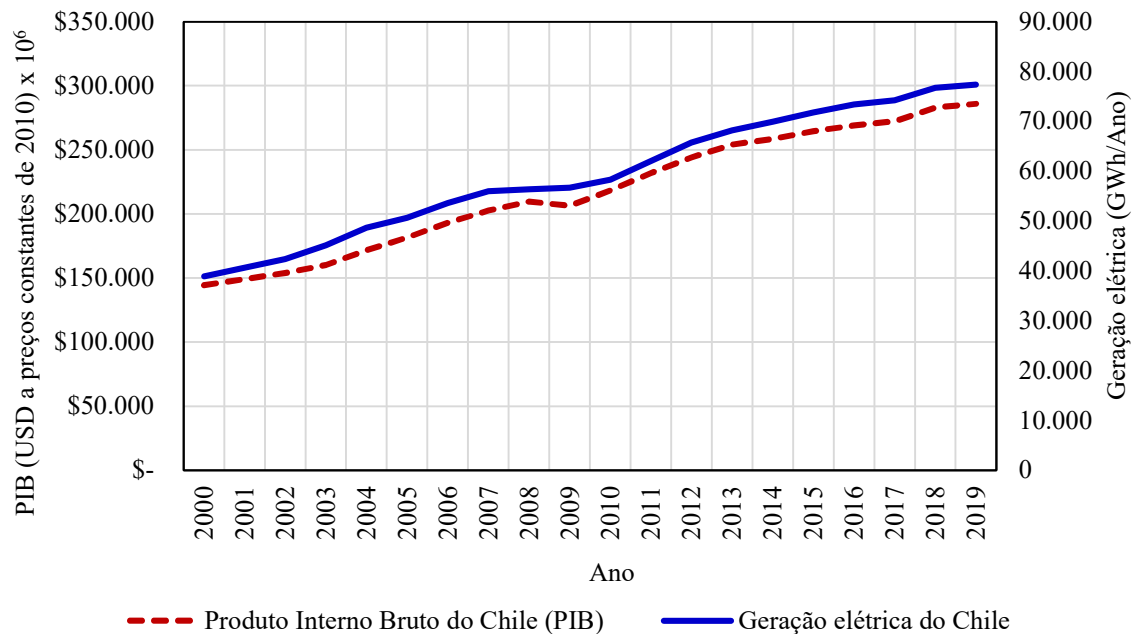


Figura 4. Geração elétrica no Sistema Elétrico Nacional (SEN) do Chile e Produto Interno Bruto (PIB) do Chile. Fonte: Elaboração do autor com dados de Banco Mundial BIRF-AIF (2021) e Coordinador Eléctrico Nacional (2021).

Já no caso brasileiro, o Balanço Energético do ano 2019 mostra que 19% da demanda energética total do país esse ano foi coberta pela eletricidade. Logo, como é apresentado na Figura 5, o setor da economia brasileira que mais consome energia elétrica é a indústria, seguido pelos setores residencial, comercial e público. Neste caso, pode-se observar que um eloquente 26%, do total da eletricidade produzida, é consumida no setor residencial (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

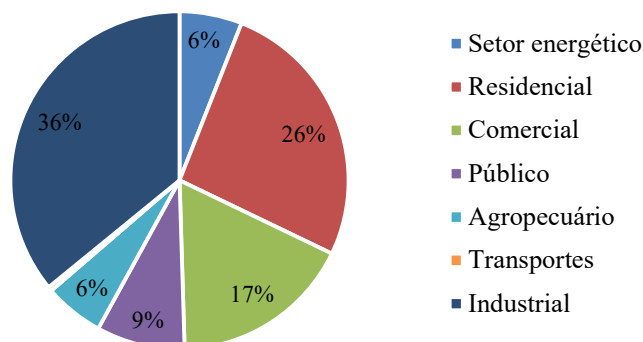


Figura 5. Composição setorial do consumo de eletricidade em 2019 no Brasil. Fonte: Elaboração do autor com dados de Empresa de Pesquisa Energética (2020).

Como apresenta a Figura 6, as séries de dados do PIB brasileiro (Milhões de USD a preços constantes de 2010) e a geração de eletricidade do Sistema Interligado Nacional³ (GWh/Ano), no período 2000 - 2019, mostram uma *Correlação de Pearson* de 0,944. Apesar que a relação entre PIB e geração elétrica é fortemente positiva, pode-se observar que, embora com quedas no PIB nos anos 2015 e 2016, a geração de eletricidade continuou crescendo. E dessa forma, comprova-se que também existem outros fatores relevantes que impulsionaram o aumento da demanda elétrica no país nesse período.

³ O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema de produção e transmissão de energia elétrica de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O SIN é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte (Operador Nacional do Sistema Eléctrico, 2021).

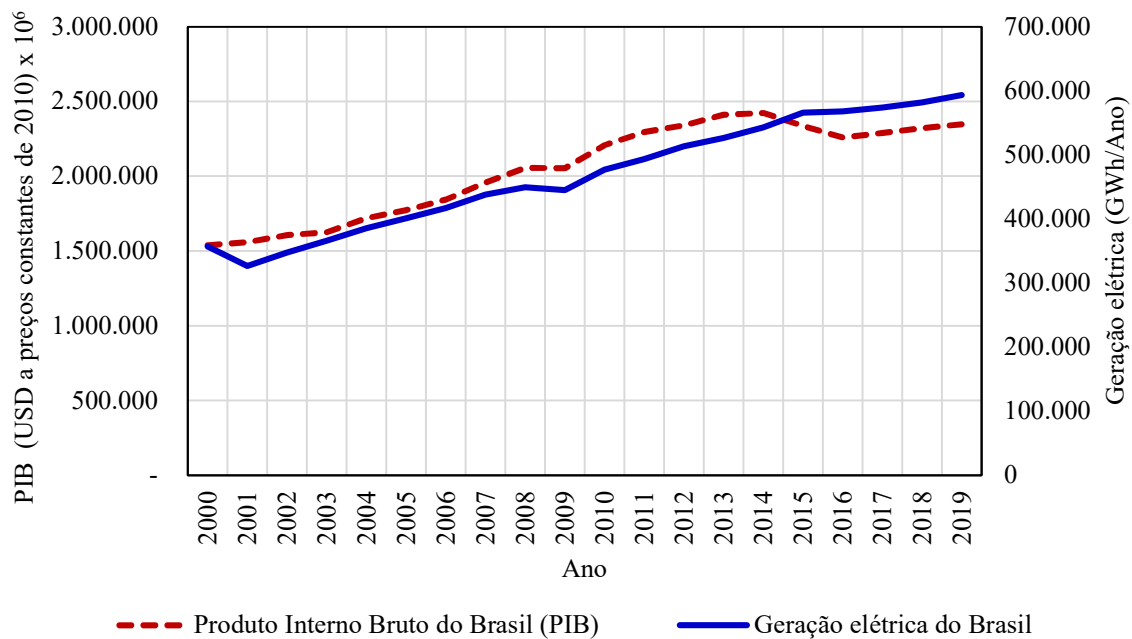


Figura 6. Geração elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil e Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Fonte: Elaboração do autor com dados de Banco Mundial BIRF-AIF (2021) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (2021).

3.2 A geração elétrica no Chile e no Brasil no século XXI

Como mostra a Figura 7, em 2020 o Chile apresenta o menor crescimento (em relação ao ano anterior) da geração elétrica (0,5%) do século XXI. Deve ser observado que de 2019 para 2020, a produção solar, eólica e geotérmica apresentou um crescimento respectivamente de 20%, 15% e 22%, enquanto a geração hidrelétrica e termoelétrica caiu 1% e 3%.

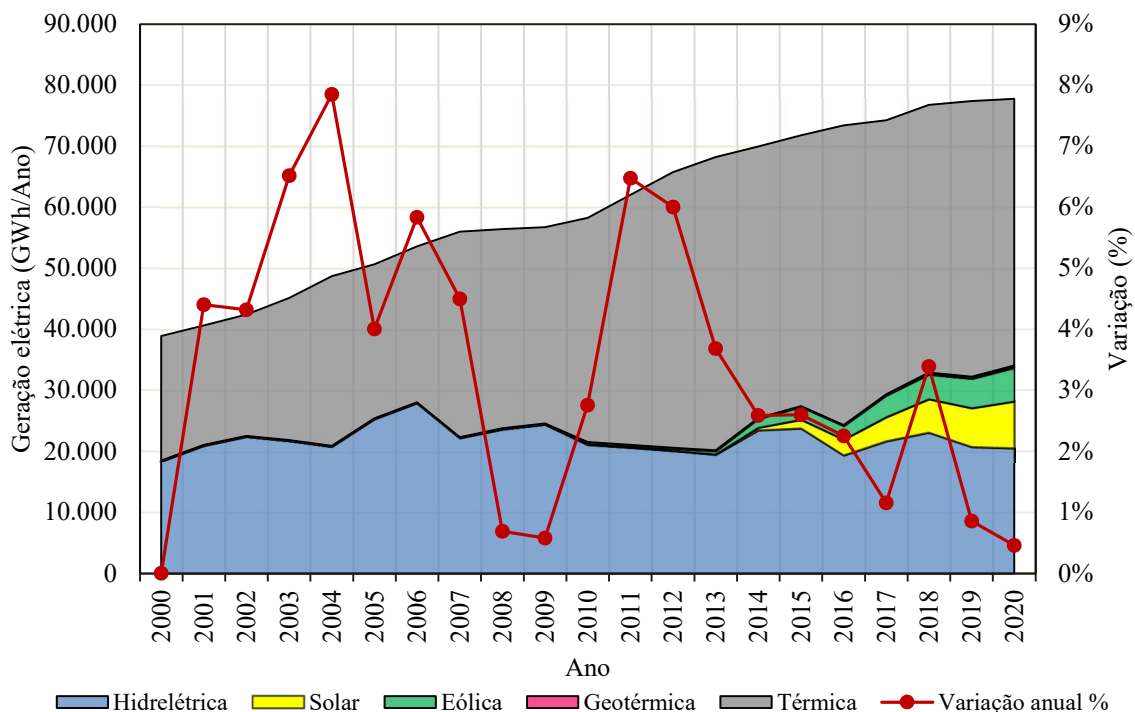


Figura 7. Geração elétrica no Sistema Elétrico Nacional (SEN) do Chile, por fontes, anual, e no período 2000 - 2020. Fonte: Elaboração do autor com dados de Coordenador Elétrico Nacional (2021).

Já no caso brasileiro, como mostra a Figura 8, em 2020 observa-se uma queda na geração elétrica de 1,6% em relação com o ano anterior. Deve ser notado que de 2019 para 2020, a produção solar e eólica

apresentou crescimento de 19% e 1%, enquanto a geração via hidrelétricas, termoelétricas e nucleares reduziu-se respectivamente em 1%, 7% e 13%.

Note-se que, as economias do Chile e do Brasil foram afetadas pela crise do *subprime* do ano 2008 (Santarcángelo et al., 2016), e concomitantemente, visualiza-se quedas nas tendências de produção histórica de energia elétrica em 2009. Logo, a recuperação posterior a esse evento financeiro correlacionou-se com um aumento na produção de eletricidade de origem térmica. Só na década de 2010 aparecem em maior quantidade as energias renováveis solar e eólica.

Caso particular foi a queda de 8,5% nos níveis de geração elétrica no Brasil o ano 2001, pois, o setor teve que fazer frente a um problema conjuntural e multifatorial que envolvia a um processo de privatizações e reconfiguração da regulação elétrica cheio de incertezas, fortes secas e instabilidades nos custos dos combustíveis de uso primário, além de outros elementos já documentados na literatura (Jardini et al., 2002; Leme, 2020; Pereira e Costa, 2004).

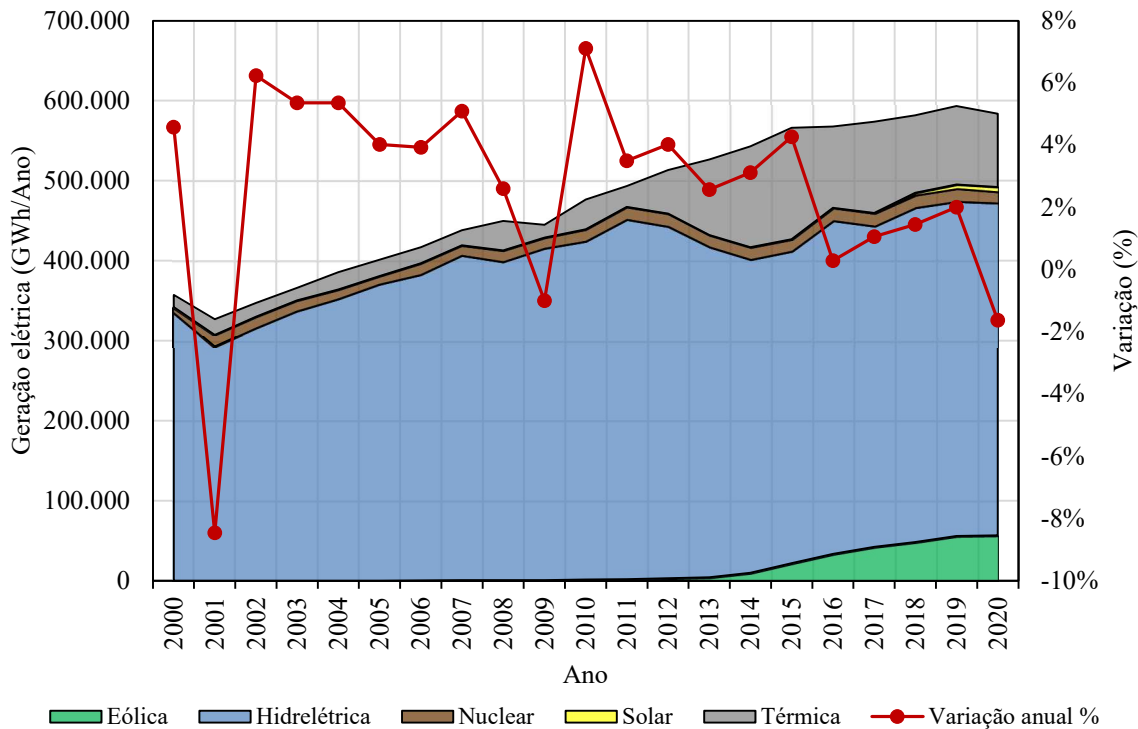


Figura 8. Geração elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil, por fontes, anual, e no período 2000 - 2020. Fonte: Elaboração do autor com dados de Operador Nacional do Sistema Elétrico (2021).

É relevante que ao longo do século XXI a infraestrutura de geração hidrelétrica vem experimentando uma diminuição na sua utilização em ambos os países. A Figura 9 apresenta a porção da capacidade hidrelétrica nacional que foi empregada cada ano, a partir do 2000 e até 2019. A saber, o uso de 100% corresponde à capacidade total instalada operando as 8760 horas do ano. Logo, o caso mais interessante é o chileno, pois, em 2019, apenas um 35% da capacidade hidrelétrica total neta instalada é aproveitada.

Em janeiro de 2021 a capacidade instalada hidrelétrica neta no Chile é de 6.926,53 MW, dos quais 3.421,53 MW correspondem a centrais de reservatório (Subdepartamento Informática-Comisión Nacional Energía, 2021). Logo, pode-se inferir que a queda no aproveitamento da infraestrutura hidrelétrica no Chile tem direta relação com a queda nos níveis de água represada na última década, por causa do extenso período de secas que tem acometido o país (Comisión Nacional de Energía, 2021; Garreaud et al., 2020).

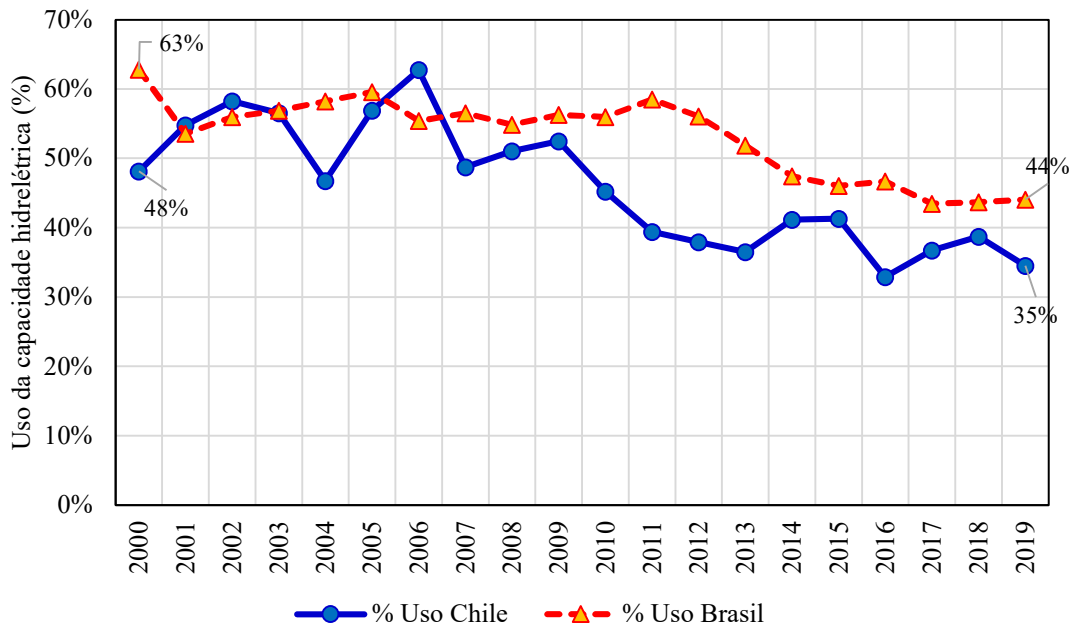


Figura 9. Uso da capacidade hidrelétrica no Chile e no Brasil no período 2000 - 2020. Fonte: Elaboração do autor com dados de OLADE (2020); Operador Nacional do sistema Elétrico (2021) e Subdepartamento Informática-Comisión Nacional de Energía (2021).

Deve-se salientar que, a crise econômica atual decorrente da pandemia, e a possível recuperação vindoura, enfrentarão setores elétricos (chileno e brasileiro) cujas matrizes estão mais diversificadas, em comparação com aquelas que fizeram frente às crises precedentes (Figura 10 e Figura 11). Para alcançar essa finalidade têm sido introduzidas novas regulações ao longo dos últimos anos, elas serão apresentadas sucintamente na próxima subseção.

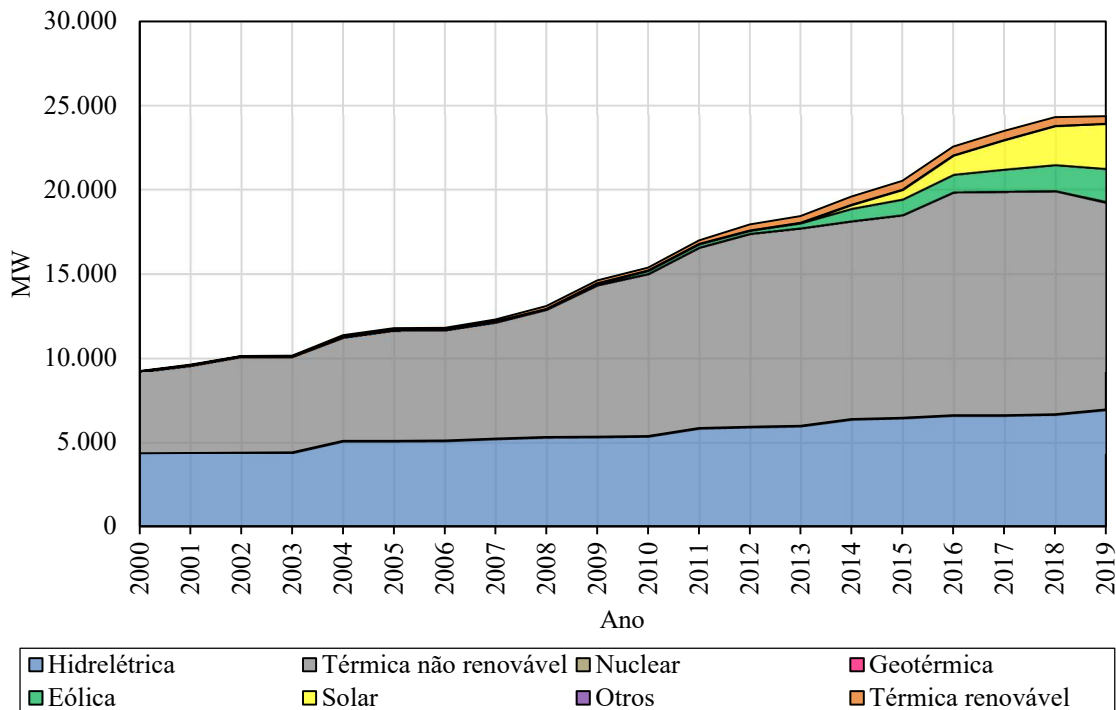


Figura 10. Capacidade instalada no Chile (MW). Fonte: Elaboração do autor com dados de OLADE (2020).

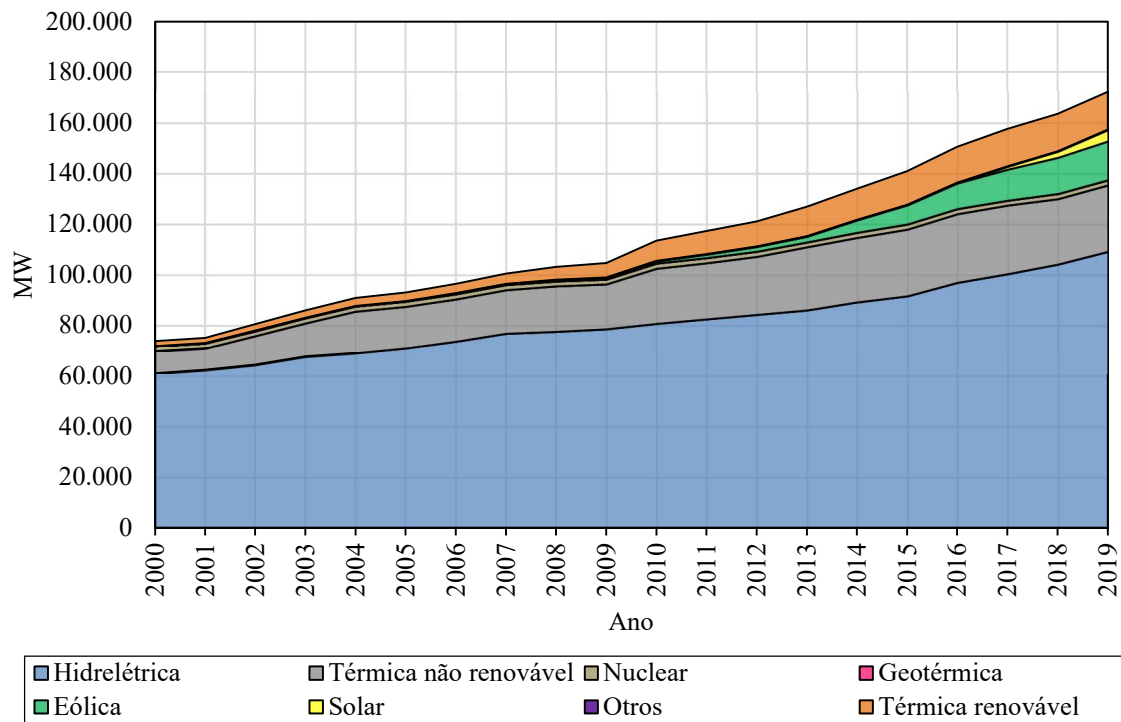


Figura 11. Capacidade instalada no Brasil (MW). Fonte: Elaboração do autor com dados de OLADE (2020).

3.3 Breve revisão das regulações chilena e brasileira

A atual governança do setor elétrico chileno tem sua origem no ano 1982, quando a Ditadura Militar (1973-1990) estabeleceu a primeira reforma do mundo, para o setor elétrico, baseada na liberalização (Lei Geral de Serviços Elétricos, LGSE). Assim, as empresas estatais foram privatizadas e se instituíram três segmentos econômicos: geração, transmissão e distribuição. A área da geração se tornou governada pela competência do livre mercado, e tanto a transmissão quanto a distribuição foram definidas como monopólios naturais. Contudo, o Estado assumiu o papel de regulador e fiscalizador (Allain e Madariaga, 2019; Baigorrotegui, 2019; Cifuentes et al., 2014).

Já na década de 2000 o quadro regulatório (LGSE) foi notoriamente reformado por meio das Leis Curta I (2004) e Curta II (2005), as quais, foram estimuladas pela necessidade de aprimorar a governança do setor após – e no meio de – as crises hídricas (1998-1999) e de abastecimento de gás, elemento prezado para a geração elétrica em aquele então (2004). Enquanto a Lei Curta I esteve principalmente focada no aperfeiçoamento da regulação para o setor da transmissão (planejamento, definições e custos); a Lei Curta II esteve orientada na introdução de mecanismos de licitação que permitissem garantir o fornecimento de eletricidade para clientes finais atendidos pelas empresas distribuidoras. Além disso, pela primeira vez, na história do país, foi introduzida na LGSE uma definição para as ERNC (Allain e Madariaga, 2019; Maillet e Rozas, 2019).

O estímulo para a introdução de ERNC veio através das leis de quotas n° 20.257 (2008) e n° 20.698 (2013). A primeira delas procurava alcançar 10% da geração (que forneceria clientes finais) via ERNC em 2024, mas posteriormente, a segunda redefiniu os limites, ambicionando conseguir 20% em 2025 (Valdes et al., 2019). Já, a partir de 2014, os processos de licitações de energia incorporaram blocos horários, os quais permitiram que empresas que gerarem via ERNC variáveis tivessem maiores chances na hora de competir (Nasirov et al., 2018). Por fim, em 2017 a nova Lei de Transmissão buscou aprimorar a regulação desse segmento, modernizar a LGSE e criar um quadro normativo específico para o organismo operador do sistema, enquanto ente público independente (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2017).

No caso Brasileiro, observa-se a instauração da tendência neoliberal na década de noventa, quando via Lei n° 8.987 (1995) e Lei n° 9.047 (1995) foram abertos os mercados elétricos ao investimento privado, permitiram-se as licitações para novos empreendimentos de geração, a criação da figura do Produtor Independente de Energia, o livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, e a liberdade para que grandes consumidores escolhem seus próprios fornecedores de energia (Chiganer et al., 2002; Werner, 2019). Todos eles, elementos já inseridos no Chile via LGSE nos anos oitenta. Logo em 1996, via Lei n°

9.427 foi instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), voltada a regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, enquanto em 1998 foi instituído o Operador Nacional do Sistema (ONS) (Chiganer et al., 2002).

Após crise de 2001, o quadro regulatório brasileiro experimentou novas mudanças, pois, colocou-se a ênfase no aprimoramento dos processos de planejamento, regulamentação, fiscalização e o monitoramento da indústria de energia elétrica; tarefas que ficaram em mãos do Poder Executivo. Além disso, foi interrompido o processo de privatização do Sistema Eletrobrás (que congrega às concessionárias estatais de geração e transmissão de energia) e foram delimitados os mercados específicos para atuação das concessionárias de distribuição (mercado regulado) e dos agentes de comercialização de energia (mercado livre) (Pereira e Costa, 2004; Werner, 2019).

Falando em energias renováveis, o grande incentivo nesta matéria veio por conta do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), criado pela Lei nº 10.438 (2002). Note-se que, PROINFA esteve orientado à promoção das pequenas centrais hidrelétricas (PCH), usinas eólicas e termelétricas a biomassa. Numa primeira fase, o plano esteve baseado nos *Feed-in Tariffs* (FIT), mas, numa segunda fase houve uma mudança para o uso de leilões. O incentivo para projetos solares de grande escala apareceu através de leilões específicos no ano 2014 (Aquila et al., 2017; De Melo et al., 2016).

Por último, ambos os países têm desenvolvido quadros regulatórios para a Geração Distribuída (GD). No Brasil, na atualidade estão nessa faixa as hidrelétricas de até 3 MW ou outras renováveis de até 5 MW. Já no caso chileno, a GD inclui geração de todo tipo até 9 MW e renovável até 20 MW. Ademais, no caso residencial, regulado pela Lei nº 20.571 (2012), são permitidas instalações até 300 kW (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2015; Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción-Subsecretaria de Economía Fomento y Reconstrucción, 2006; Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2012).

4. Discussão: Alguns elementos a serem considerados após pandemia

A pandemia não só inseriu novos fatores no quadro energético, ela também visibilizou elementos, diretrizes e trajetórias que já tinham sido colocadas previamente. A seguir, são elencadas algumas das componentes incluíveis no planejamento e política energética do Chile e do Brasil após 2020.

4.1 As mudanças climáticas: Uma agenda global

Visto que o aquecimento global, de origem antrópico, ameaça fortemente à vida na Terra, em dezembro de 2015, na 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP21), realizada em Paris, foi aprovado o chamado “Acordo de Paris” (Brewster e Batista, 2020). Este tratado mundial busca limitar o aumento médio das temperaturas globais para 2°C, visando intensificar esforços para não ultrapassar os 1,5°C. Assim, para atingir aqueles limites, o mundo deve implementar um processo de descarbonização que implica, dentro de outros elementos, gerar 85% da eletricidade global a partir de energias renováveis para o ano 2050 (Hafner e Tagliapietra, 2020; Solaun e Cerdá, 2019).

Por outro lado, as mudanças climáticas têm efeito direto na variabilidade, disponibilidade e manipulação dos recursos energéticos empregados na geração elétrica, tanto renováveis quanto não renováveis (Solaun e Cerdá, 2019). Em consequência, a ocorrência de eventos climáticos extremos e imprevisíveis decorrentes das mudanças climáticas poderiam afetar, pelo menos, à operação e eficiência de plantas solares, eólicas, hidrelétricas e termoeletricas, além da infraestrutura associada aos sistemas de transmissão e distribuição (Cronin et al., 2018; Schaeffer et al., 2012).

4.2 O recurso hídrico: Elemento chave nos setores elétricos do Chile e do Brasil

Tanto os sistemas elétricos do Chile quanto do Brasil tem padecido os prejuízos de uma fraca diversificação das fontes energéticas, da alta dependência do recurso hídrico e da concomitante vulnerabilidade diante de eventos climáticos imprevisíveis (Instituto de Ingenieros de Chile, 1988; Soito e Freitas, 2011; Urquiza et al., 2018). Note-se que, a água é um elemento de importância transversal na indústria energética, já que, não só é insumo para a hidroeletricidade, ela também é peça-chave no arrefecimento de centrais termoeletricas, na irrigação de plantações destinadas à produção de bioenergia e na exploração e refino de combustível (Field et al., 2014).

Em 2007 o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) advertiu que as mudanças nos padrões de precipitações e a desaparecimento de glaciares afetarão a disponibilidade de água para a indústria elétrica (IPCC, 2007). As mudanças climáticas farão com que aumentem as alterações no ciclo

da água, à vista disso, espera-se que a região sul-americana se veja afetada pela presença de novos períodos de secas, alagamentos ou outros fenômenos climáticos imprevisíveis. Tanto o Chile quanto o Brasil já têm percebido os prejuízos desse cenário, enquanto as projeções para o ano 2030 não apresentam melhoras (Figura 12), pelo contrário, os estragos poderiam piorar em ambos os países (Field et al., 2014; Howard et al., 2010; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020).

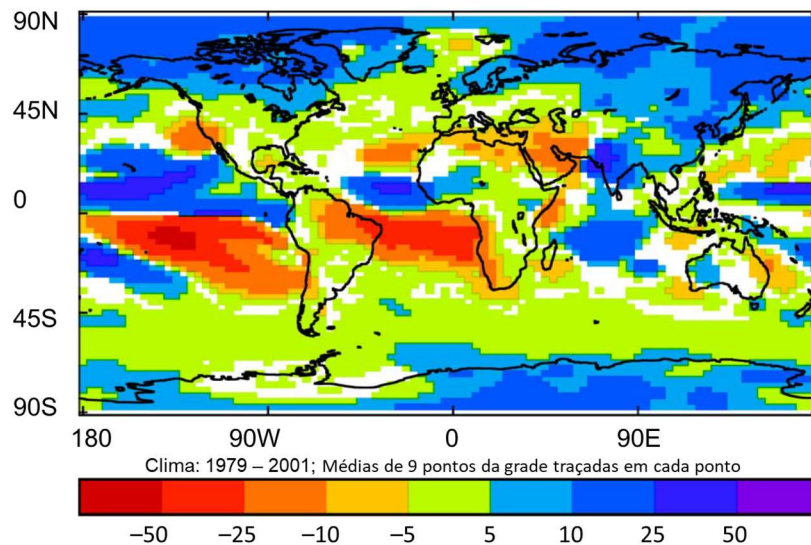


Figura 12. Mudanças médias anuais nas precipitações (como porcentagem da climatologia atual) previstas para a década de 2030. Fonte: Howard et al. (2010), adaptação ao português pelo autor.

Mesmo que a hidreletricidade possa contribuir na descarbonização das matrizes e no suporte técnico de flexibilidade para a inserção de novos potenciais solares e eólicos, o cenário climático projetado obriga avaliar individualmente a viabilidade de cada um dos projetos futuros (International Energy Agency, 2021; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020).

4.3 Participação e empoderamento social

As mudanças ocorridas nos sistemas energéticos não são apenas do tipo técnico, elas também envolvem um amplo espectro de elementos sociais, tais como a equidade, a descentralização, a justiça, a democracia, concepções culturais, morais e éticas (Lennon et al., 2019; Sovacool et al., 2017; Sovacool e Brisbois, 2019; Stefes, 2020). A partir da transição energética para a sustentabilidade configura-se um novo cenário, no qual existe uma renovação e re colocação tanto dos múltiplos atores envolvidos quanto das forças e elementos de poder que visam e direcionam as tomadas de decisões (Hatipoglu et al., 2020).

Concomitantemente, múltiplos espaços e atores locais estão se apropriando da possibilidade de ser agentes transformadores ativos, pois, na atualidade, cada cidadão, cooperativa, coletivo ou agrupação social pode ser administrador da sua própria energia, fazendo uso de soluções tecnológicas que permitem a geração elétrica e a gestão da demanda em níveis de pequena e meia escala, e de forma descentralizada e democrática (Kazimierski, 2020; Sovacool e Brisbois, 2019). Nesta matéria, destaque-se que, tanto o Chile quanto o Brasil têm aberto suas regulações, embora de forma incipiente, para a criação de coletivos cidadãos em torno à geração elétrica descentralizada (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2015; Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2018).

No Chile, para finais de janeiro de 2021, já foram registradas 7.292 instalações no quadro da Lei nº 20.571 de geração residencial, as quais, totalizaram 66.347 kW de potência instalada (Comisión Nacional de Energía e Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2020, 2021). Já no caso brasileiro, até o 08 de março de 2021, foram registradas 309.798 instalações de geração distribuída de tipo residencial, as quais somam 1.954.818,21 kW de potência instalada (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2021).

4.4 O Custo das tecnologias: Cenário promissor para as renováveis variáveis

Segundo a IRENA, os custos de produzir energia elétrica a partir de fontes renováveis caíram drasticamente durante a última década, sendo os principais fatores impulsionadores dessa redução, a melhoria constante das tecnologias, as economias de escala, o fortalecimento das cadeias de fornecimento e a crescente

experiência dos fabricantes. Um dos exemplos mais chamativos é a queda (média global ponderada) nos custos nivelados da eletricidade (LCOE) de origem solar fotovoltaica, os quais caíram 82% entre os anos 2010 e 2019. Além disso, os LCOE de eólicas *onshore* caíram 39%, enquanto os das eólicas *offshore* caíram um 29% (IRENA, 2020).

Segundo dados apresentados pela IEA em 2020 (Figura 13), no Brasil, instalações eólicas *onshore* são visivelmente mais convenientes do que qualquer outro tipo de tecnologia. Ademais, a geração por meio de plantas solares fotovoltaicas, na atualidade, já é economicamente mais viável do que a hidreletricidade (International Energy Agency, 2020a).

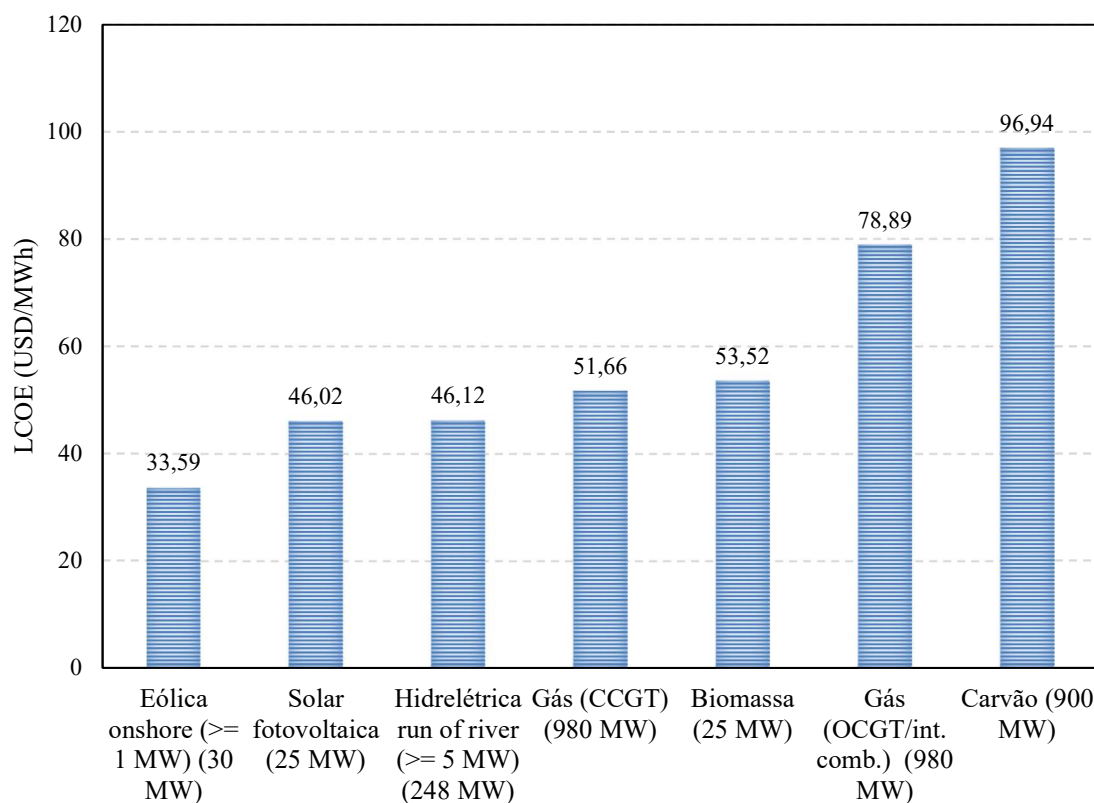


Figura 13. Custo nivelado de geração de eletricidade (LCOE) em 2020 para o Brasil. Saliente-se que os LCOE dependem das condições de cada país, em consequência, para o desenvolvimento dos cálculos, a IEA tem assumido alguns pressupostos e escolhido algumas tecnologias e capacidades tipo, a saber: Eólica onshore, solar fotovoltaica, hidrelétrica run of river, turbina a gás de ciclo combinado (CCGT), biomassa, turbina a gás de ciclo aberto de combustão interna (OCGT/int.comb.) e carvão. Fonte: Elaboração do autor com dados de International Energy Agency (2020a).

4.5 Eletricidade: Mais do que nunca um recurso essencial

Embora antes da pandemia a eletricidade tinha já sido reconhecida como uma ferramenta fundamental para o bem estar humano (Löfquist, 2019; Tully, 2006), o emprego massivo de tecnologia digital e doméstica em amplos setores da sociedade ao longo do ano 2020, como consequência da pandemia, tem reforçado essa ideia (Goldschmidt, 2020; Whitelaw et al., 2020).

Note-se que, dentre os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) elencados pelas Nações Unidas (UN), o sétimo procura garantir a disponibilidade de energia acessível, segura, sustentável e moderna para todos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017). Nesse sentido, tanto o Chile quanto o Brasil têm alcançado uma cobertura elétrica acima do 99% da população, níveis otimistas em relação a outros países da região (OLADE, 2020; Poque González, 2020). No entanto, um assunto ainda irresoluto é a confiabilidade e resiliência dos sistemas elétricos, particularmente no Brasil.

Em novembro de 2020, catorze das dezesseis cidades do Estado brasileiro de Amapá ficaram 22 dias sem abastecimento elétrico continuado, por causa de, uma falha que afetou um dos transformadores da subestação Macapá, infraestrutura indispensável para o fornecimento de energia elétrica na região. Precisava-se de três transformadores para a operação segura do circuito, porém, o terceiro não estava disponível (em manutenção) na hora que o segundo foi atingido por uma falha, e em consequência, o primeiro viu-se sobrecarregado no meio da emergência, sem conseguir fazer frente à demanda. O caso foi viral por causa

do grande constrangimento causado à população (cerca de 700.000 pessoas atingidas), isto no meio do cenário imposto pela pandemia (PODER360, 2021).

4.6 Conflitos socioambientais: Assunto irresoluto

Historicamente os setores elétricos chileno e brasileiro, estiveram associados a projetos de geração hidro e termoeletrônicos de grandes dimensões, amiudadamente causantes de conflitos socioambientais (Agostini et al., 2017; Moran et al., 2018; Neira e Delamaza, 2018). Assim, a transição energética em andamento é uma oportunidade para virar na direção de sistemas socialmente e ambientalmente mais responsáveis; pois, comparados com infraestrutura de tipo convencional, os projetos baseados em ERNC podem apresentar melhor aceitação popular e contribuir na redução da pegada ecológica (Bronfman et al., 2012; Garrido et al., 2015; Sharma et al., 2021; Zoellner et al., 2008).

No entanto, o uso de ERNC não é garantia absoluta da ausência de problemas e/ou conflitos socioambientais. Nesse sentido, é de salientar que já têm sido documentadas desavenças em relação à instalação – principalmente – de plantas eólicas no nordeste brasileiro e PCH no sul do Chile. Em termos gerais, a apreciação dos moradores adjacentes a esses projetos, muitas vezes, é de ameaça e risco aos seus modos de vida, culturas e serviços ecossistêmicos locais (Bezerra et al., 2017; Cordoves-Sánchez e Vallejos-Romero, 2019; Garrido et al., 2015; Loureiro et al., 2015; Rana, 2020).

Contudo, a proliferação de projetos de ERNC obriga avançar no aprimoramento e modernização permanente dos processos avaliativos socioambientais, no intuito de minimizar impactos e visando incluir novas dimensões de interesse para as comunidades próximas, assim como o conhecimento tradicional e local (Cordoves-Sánchez e Vallejos-Romero, 2019; Loureiro et al., 2015).

5. Palavras finais: Conclusões e algumas reflexões

O estudo dos setores elétricos, enquanto sistemas sociotécnicos, envolve ao menos três elementos chave: são integrados por arranjos sociais multi-atores, quadros regulatórios e infraestrutura, em constante desenvolvimento e mudança. Percebendo essa premissa, a abordagem escolhida tem sido de tipo interdisciplinar, qualitativa e quantitativa. Saliente-se que não existem soluções únicas, panaceias nem trivialidades; pois a transição energética em andamento é multidimensional, multifatorial e multivariáveis, e em consequência, existem múltiplas perspectivas, modelações das problemáticas, e respostas.

Documenta-se que ao longo do século XXI, tanto o setor elétrico chileno quanto o brasileiro têm enfrentado crises decorrentes de uma fraca diversificação das suas matrizes (fortemente dependentes da água e termoeletricidade) e quadros regulatórios incompletos ou enfraquecidos. Assim, ao longo do século tem surgido esforços na articulação de atores e instituições que têm visado superar ou apenas fazer frente a aquela vulnerabilidade.

Comprova-se a forte relação positiva entre geração elétrica e PIB em ambos os países, concluindo que quedas nos níveis de rendimentos econômicos geralmente são percebidas numa diminuição na geração. Isso aconteceu em 2020, ano no qual as economias se contraíram por causa da pandemia, e por conseguinte, a produção de energia elétrica em ambos os países ou se manteve próxima dos níveis atingidos no ano anterior (2019). Porém, um elemento que merece destaque é o crescimento das ERNC, pois, por exemplo, no Brasil, a produção solar e eólica aumentou 19% e 1%; enquanto no Chile, o acréscimo foi de 20% e 15%, para essas mesmas fontes. Isto, às custas da diminuição na geração térmica e hídrica.

Em janeiro de 2021, o Chile tem 5.821 MW de ERNC em construção; de eles, 166 MW são de biomassa, 1.958 MW eólicos, 33 MW de geotermia, 66 MW de PCH, e 3.599 MW de energia fotovoltaica. Eles se somariam aos 6.639 MW de ERNC já em operação (Comisión Nacional de Energía e Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2021). No Brasil, o Operador Nacional Elétrico (ONS) projeta a incorporação, entre 2021 e 2025, de 4.379 MW eólicos, 994 MW de biomassa e 1.476 MW solares (Operador Nacional do sistema Elétrico, 2021). Assim, se essa tendência continuar, configura-se um cenário alentador em matéria da transição para uma matriz elétrica mais limpa em ambos os países.

Agora, vale a pena se perguntar, o que vem depois? Naturalmente, as respostas são infinitas, porém, a partir da análise interdisciplinar desenvolvida neste trabalho, emerge mais uma vez, o que já tem sido colocado em inúmeras oportunidades: os recursos existentes no planeta são limitados, e em consequência, o crescimento indefinido e permanente não é possível (Güiza-Suárez e Cifuentes-Guerrero, 2019). Assim, os sistemas elétricos não conseguirão ir atrás de um crescimento sem fim, mesmo que sejam empregadas ERNC. Logo, fica o estímulo para que próximas pesquisas abordem a possibilidade de ter, no Chile e no

Brasil setores elétricos desacoplados do PIB, economias mais equitativas e um uso da energia mais eficiente.

Deve-se relembrar que as mudanças ocorridas no bojo da atual transição energética para a sustentabilidade estão configurando novas relações e estruturas sociotécnicas e geopolíticas ao redor do mundo (Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, 2019; Hafner e Tagliapietra, 2020). Os atuais níveis de globalização e interdependências socioecológicas dificultam o sucesso de esforços individualizados, unidimensionais e unidirecionais (Beling, 2019). Em consequência, é necessário que as políticas energéticas do Chile e do Brasil procurem sinergias que visem dar resposta às necessidades locais e regionais desde suas múltiplas nuances epistemológicas e ontológicas, mas, sem desatender o efervescente palco global.

A ação local e a escala humana é um elemento chave, mas, precisa-se também de uma boa articulação com agendas e níveis decisórios de escala macro; porém, sem a cooptação do micro pelo macro (Max-Neef et al., 1998). O exercício não parece simples, mas apresenta um alto potencial para conseguir a prezada harmonia entre natureza, seres humanos e tecnologia (Max-Neef, 2017). A pandemia obriga a revisitar concepções baseadas nas articulações sociais, o que também aplica para o setor da energia, a contramão de um modelo cimentado sobre o acúmulo individualista de poder (principalmente financeiro) que permeou amplos setores das sociedades latino-americanas e globais ao longo das últimas décadas (Soubllette, 2020; Varoufakis, 2016).

É claro que este trabalho tem a missão de iluminar ao respeito de alguns antecedentes que modelam as múltiplas arestas do cenário chileno e brasileiro atual, além de propor elementos fundamentais para a análise e planejamento das políticas que dirigirão o setor energético de ambos os países após pandemia. Valida-se que fatores chaves no porvir dos setores elétricos chileno e brasileiro são a agenda mundial para o desenvolvimento sustentável, o estresse hídrico decorrente das mudanças climáticas, a participação e empoderamento popular, a evolução nos custos das tecnologias para a geração elétrica, a imprescindibilidade da eletricidade para o desenvolvimento humano, e os conflitos socioambientais derivados da construção de infraestrutura energética.

Agradecimentos

O autor agradece a Bianca de Jesús Silva pelo seu gentil apoio e desempenho na revisão do manuscrito.

Referências bibliográficas

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2015) *Resolução 687*, [online]. <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>, (Accessed 8 December 2020).
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2021) *Microsoft Power BI*, [online]. <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoicjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTllMjItN2E5MzBkN2ZlMzVkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>>, (Accessed 8 March 2021).
- Agostini, C, Silva, C and Nasirov, S (2017) 'Failure of Energy Mega-Projects in Chile: A Critical Review from Sustainability Perspectives'. *Sustainability*, [online], v. 9, n. 6, p. 1073. <<https://doi.org/10.3390/su9061073>>.
- Allain, M and Madariaga, A (2019) 'Understanding policy change through bricolage: The case of Chile's renewable energy policy'. *Governance*, [online], v. 33, n. 3, pp. 675-692. <<https://doi.org/10.1111/gove.12453>>.
- Aquila, G, de Oliveira, E, de Queiroz, A, Rotela, P, Nunes, M (2017) 'An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 70, pp. 1090–1098. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.013>>.
- Baigorrotegui, B (2019) 'Destabilization of Energy Regimes and Liminal Transition through Collective Action in Chile'. *Energy Research & Social Science*, [online], v. 55, pp. 198–207. <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.018>>.

- Banco Mundial BIRF-AIF (2021) *Indicadores del desarrollo mundial | Banco de datos*, [online]. <<https://databank.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD/1ff4a498/Popular-Indicators>>, (Accessed 4 February 2021).
- Beling, A (2019) 'Sinergias Sur-Norte para una “transición civilizatoria” hacia la sustentabilidad: diálogos de saberes entre buen vivir, decrecimiento y desarrollo humano'. *Revista Colombiana de Sociología*, [online], v. 42, n. 2, pp. 279–300. <<https://doi.org/10.15446/rcs.v42n2.73250>>.
- Benedicto, S, da Silva, C, Rosa, M, Ferrari, V (2020) 'Sustentabilidade: um fenômeno multifacetário que requer um diálogo interdisciplinar'. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, [online], v. 1, pp. 1–21. <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/sustentabilidade/article/view/5168/3103>>.
- Bezerra, M, Barros, D, Gomes, W, dos Santos, T, Vieira, F, Guzzi, A (2017) 'Percepção dos impactos socioambientais decorrentes da implantação do complexo eólico Delta do Parnaíba'. *Gaia Scientia*, [online], v. 11, n. 1, pp. 116–130. <<https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n1.32496>>.
- Bhusal, N, Abdelmalak, M, Kamruzzaman, Md, Benidris, M (2020) 'Power System Resilience: Current Practices, Challenges, and Future Directions'. *IEEE Access*, [online], v. 8, pp. 18064–18086. <[10.1109/ACCESS.2020.2968586](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2968586)>.
- Brewster, S and Batista, M (2020) 'PARIS AGREEMENT: An analysis from the perspective of the law of treaties'. *Cadernos Eletrônicos Direito Internacional sem Fronteiras*, v. 2, n. 1, pp. 1–10.
- Bronfman, N, Jiménez, R, Arévalo, P, Cifuentes, L (2012) 'Understanding social acceptance of electricity generation sources'. *Energy Policy*, [online], v. 46, pp. 246–252. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.057>>.
- CEPAL (2021) *Panorama Social de América Latina 2020*, [online]. <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46687-panorama-social-america-latina-2020>>, (Accessed 10 March 2021).
- Chiganer, L, Ribeiro, A, Soares, J, Biondi, L (2002) 'A reforma do setor elétrico brasileiro Aspectos institucionais'. *Anais do 4º Encontro de Energia no Meio Rural*, [online], v. 4, p. 8. <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100007&lng=pt&nrm=iso>.
- Cifuentes, R, Martínez, O, Ascencio, J, Dharmawidjaja, J, Jiménez, G (2014) *Guía de conexión de proyectos ERNC*. Santiago de Chile: CIFES.
- Cohen, N and Gómez, G (2019) *Metodología de la investigación, ¿para qué? la producción de los datos y los diseños*, [online], 1. ed. Buenos Aires, Argentina: Teseo. <<https://doi.org/10.2307/j.ctvxcrxxx>>.
- Comisión Nacional de Energía (2019) *Balance nacional de energía – Energía Abierta | Comisión Nacional de Energía*, [online]. <<http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/>>. (Accessed 5 March 2021).
- Comisión Nacional de Energía (2021) *Energía embalsada – Energía Abierta | Comisión Nacional de Energía*, [online]. <<http://energiaabierta.cl/visualizaciones/embalses/>>. (Accessed 22 February 2021).
- Comisión Nacional de Energía and Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2020) *Anuario Estadístico de Energía 2019*, [online]. <<https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>>.
- Comisión Nacional de Energía e Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2021) *Reporte Mensual ERNC. Febrero 2021*, [online]. <<https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>>.
- Coordinador Eléctrico Nacional (2021) *Coordinador Eléctrico Nacional*, [online]. <<https://www.coordinador.cl>>. (Accessed 4 February 2021).
- Cordoves-Sánchez, M, and Vallejos-Romero, A (2019) 'Social construction of risk in non-conventional renewable energy: Risk perception as a function of ecosystem services in La Araucanía, Chile'. *Ecological Economics*, [online], v. 159, pp. 261–270. <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.031>>.
- Cronin, J, Anandarajah, G and Dessens, O (2018) 'Climate change impacts on the energy system: a review of trends and gaps'. *Climatic Change*, [online], v. 151, n. 2, pp. 79–93. <<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2265-4>>.

De Melo, C, de Martino, G, Valdir, S (2016) 'Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 61, pp. 222–234. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.054>>.

Empresa de Pesquisa Energética (2020) *Balanco Energético Nacional*, [online]. <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. (Accessed 4 March 2021).

European Wind Energy Association (2009) *Glossary*, [online]. <<https://www.wind-energy-the-facts.org/glossary.html>>. (Accessed 16 March 2021).

Field, C, Barros, V, Dokken, DJ, Mach, KJ, Mastrandrea, MD, Bilir, TE, Chatterjee, M, Ebi, KL, Otsuki, Y, Genova, R, Girma, B, Kisse, E, Levy, AN, MacCracken, S, Mastrandrea, PR, White, LL (Eds.) (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability; Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes; A Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Garreaud, R, Boisier, JP, Rondanelli, R, Montecinos, A, Sepúlveda, HH, Veloso-Aguila, D (2020) 'The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective'. *International Journal of Climatology*, [online], v. 40, n. 1, pp. 421–439. <<https://doi.org/10.1002/joc.6219>>.

Garrido, J, Rodríguez, I and Vallejos, A (2015) 'Las respuestas sociales a la instalación de parques eólicos: el caso del conflicto Mar Brava en la Isla Grande de Chiloé (Chile)'. *Papers. Revista de Sociologia*, [online] v. 100, n. 4, pp. 547-575. <<http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers.2183>>.

Gebremedhin, A, Karlsson, B and Björnfot, K (2009) 'Sustainable energy system – A case study from Chile'. *Renewable Energy*, [online], v. 34, n. 5, pp. 1241–1244. <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.10.005>>.

Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation (2019) *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation*, [online], IRENA. <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/Global_commission_geopolitics_new_world_2019.pdf>.

Goldschmidt, K (2020) 'The COVID-19 Pandemic: Technology use to Support the Wellbeing of Children'. *Journal of Pediatric Nursing*, [online], v. 53, pp. 88–90. <[10.1016/j.pedn.2020.04.013](https://doi.org/10.1016/j.pedn.2020.04.013)>.

Güiza-Suárez and Cifuentes-Guerrero (2019) *Introducción. Una sociedad industrial asentada en un planeta de recursos limitados. In: Energías renovables no convencionales y cambio climático: un análisis para Colombia*. 1. ed. Bogotá D.C: Editorial Universidad del Rosario. pp. xv–xxiv.

Hafner, M and Tagliapietra, S (Eds.) (2020) *The Geopolitics of the Global Energy Transition*, [online], Cham: Springer International Publishing. <[10.1007/978-3-030-39066-2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2)>.

Hatipoglu, E, Al Muhanna and S, Efirid, B (2020) 'Renewables and the future of geopolitics: Revisiting main concepts of international relations from the lens of renewables'. *Russian Journal of Economics*, [online], v. 6, n. 4, pp. 358–373. <<https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.55450>>.

Howard, G, Charles, K, Pond, K, Brookshaw, A, Hossain, R, Bartram, J (2010) 'Securing 2020 vision for 2030: climate change and ensuring resilience in water and sanitation services'. *Journal of Water and Climate Change*, [online], v. 1, n. 1, pp. 2–16. <<https://doi.org/10.2166/wcc.2010.105b>>.

IEA (2021) *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020*, [online]. <<https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>>. (Accessed 10 March 2021).

Instituto de Ingenieros de Chile (1988) *Política Eléctrica*. 1. ed. Editorial Universitaria.

International Energy Agency (2020a) *Levelised Cost of Electricity Calculator – Analysis*, [online]. <<https://www.iea.org/articles/levelised-cost-of-electricity-calculator>>. (Accessed 3 March 2021).

International Energy Agency (2020b) *IEA – International Energy Agency*, [online]. <<https://www.iea.org>>. (Accessed 15 December 2020).

International Energy Agency (2021) *Climate Impacts on Latin American Hydropower*, [online], France: IEA Publications. <<https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower>>.

International Energy Agency e Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency (2020) *Projected Costs of Generating Electricity 2020 Edition: Projected Costs of Generating Electricity*, [online], France: International Energy Agency. <https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_51110/projected-costs-of-generating-electricity-2020-edition>.

IPCC (2007) *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, [online], Ginebra, Suiza: IPCC. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf>.

IRENA (2020) *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA [s.d.] *Energy Transition*, [online]. <<https://www.irena.org/energytransition>>. (Accessed 14 December 2020).

Jardini, JA, Ramos, DS, Martini, JSC, Reis, LB, Tahan, CMA (2002) 'Brazilian Energy Crisis'. *IEEE Power Engineering Review*, [online], v. 22, n. 4, pp. 21–24. <2002. 10.1109/MPER.2002.994845>.

José Antonio Amozurrutia de María y Campos (2012) *Complejidad y ciencias sociales: Un modelo adaptativo para la investigación interdisciplinaria*, [online], 1. ed. Mexico: UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. <https://clacso.org.ar/libreria-latinoamericana-cm/libro_detalle_resultado.php?id_libro=1308&campo=cm&texto=175>.

Kazimierski, M (2020) 'La energía distribuida como modelo post-fósil en Argentina'. *Economía Sociedad y Territorio*, [online], v. 20, n. 63, pp. 397–428. <<https://doi.org/10.22136/est20201562>>.

Leme, A (2020) 'O setor elétrico brasileiro entre as transformações contemporâneas: o caso da crise elétrica em 2001'. *CRÍTICA E SOCIEDADE*, [online], v. 8, n. 1, pp. 4–34. <<https://doi.org/10.14393/RCS-v8n1-2018-48567>>.

Lennon, B, Dunphy, N and Sanvicente, E (2019) 'Community acceptability and the energy transition: a citizens' perspective'. *Energy, Sustainability and Society*, [online] v. 9, n. 35. <<https://doi.org/10.1186/s13705-019-0218-z>>.

Löfqvist, L (2019) 'Is there a universal human right to electricity?'. *The International Journal of Human Rights*, [online], v. 24, n. 6, pp. 711–723. <<https://doi.org/10.1080/13642987.2019.1671355>>.

Loureiro, C, Gorayeb, A and Brannstrom, C (2015) 'Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil'. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, [online] v. 6, n. 1, p. 24–38. <<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/361>>.

Maillet, A and Rozas, J (2019) 'Hibridación de las políticas neoliberales. El caso de la reforma a la política eléctrica en Chile (2014-2016)'. *Gestión y Política Pública*, [online], v. 28, n. 1, p. 207. <<https://doi.org/10.29265/gypp.v28i1.546>>.

Max-Neef, M (2017) *Economía herética. Treinta y cinco años a contracorriente*. 1. ed. Barcelona: Icaria.

Max-Neef, M, Elizalde, A and Hopenhayn, M (1998) *Desarrollo a escala humana: conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. 2. ed ed. Barcelona: Icaria, 1998.

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción-Subsecretaría de Economía Fomento y Reconstrucción (2006) *Decreto 244*, [online]. <<http://www.leychile.cl/N?i=246461&f=2015-09-30&p=>>>.

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción-Subsecretaría de Economía Fomento y Reconstrucción (2008) *Ley 20.257*, [online]. <<https://www.leychile.cl/N?i=270212&f=2013-10-22&p=>>>.

Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2012) *Ley 20.571*, [online]. <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1038211&idVersion=2012-03-22>>.

Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2015) *Energía 2050*, [online], Santiago, Chile: Ministerio de Energía del Gobierno de Chile. <www.energia2050.cl>.

Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2017) *Ley 20.936*, [online]. <<https://www.leychile.cl/N?i=1092695&f=2017-02-09&p=>>>.

- Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2018) *Ley 21.118*, [online]. <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1125560&idVersion=2018-11-17>>.
- Moran, E, Lopez, M, Moore, N, Müller, N, Hyndman, D (2018) 'Sustainable hydropower in the 21st century'. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [online] v. 115, n. 47, pp. 11891–11898. <<https://doi.org/10.1073/pnas.1809426115>>.
- Nasirov, S, Agostini, C, Silva, C, Caceres, G (2018) 'Renewable energy transition: a market-driven solution for the energy and environmental concerns in Chile'. *Clean Technologies and Environmental Policy*, [online], v. 20, n. 1, pp. 3–12. <<https://doi.org/10.1007/s10098-017-1434-x>>.
- Neira, C, and Delamaza, G (2018) 'Coaliciones interétnicas, framing y estrategias de movilización contra centrales hidroeléctricas en Chile: ¿Qué podemos aprender de los casos de Ralco y Neltume?'. *Middle Atlantic Review of Latin American Studies*, [online], v. 2, n. 1, pp. 68–96. <<http://doi.org/10.23870/marlas.180>>.
- OLADE (2020) *SIELAC- Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe*, [online]. <<http://sier.olade.org>>.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico (2021) *ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico*, [online]. <http://ons.org.br:80/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx>. (Accessed 4 February 2021).
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020) *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020. Agua y cambio climático*, [online], Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611.locale=es>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017) *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), [online]. <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>>.
- Organización Latinoamericana de Energía (2020) *Panorama Energético de América Latina y el Caribe 2020*. 1. ed. Quito, Ecuador.
- Papachristos, G, Sofianos and A, Adamides, E (2013) 'System interactions in socio-technical transitions: Extending the multi-level perspective'. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, [online], v. 7, pp. 53–69. <<https://doi.org/10.1016/j.eist.2013.03.002>>.
- Pereira, J and Costa, L (2004) 'Mudanças no setor elétrico'. *GV-executivo*, [online], v. 3, n. 2, pp. 23–27. <<https://doi.org/10.12660/gvexec.v3n2.2004.34809>>.
- PODER360 (2021) *Aneel multa em R\$ 3,6 milhões empresa de transmissão por apagão no Amapá*, [online]. <<https://www.poder360.com.br/economia/aneel-multa-em-r-36-milhoes-empresa-de-transmissao-por-apagao-no-amapa/>>. (Accessed 22 February 2021).
- Poque, A (2020) 'Transición de los sistemas de energía eléctrica de América Latina y el Caribe (2007-2017): Diagnóstico y alternativas sistémicas'. *ENERLAC. Revista de Energía de Latinoamérica y el Caribe*, [online], v. 4, n. 1, pp. 78–84. <<http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/116>>.
- Profillidis, VA and Botzoris, GN (2019) *Chapter 5 - Statistical Methods for Transport Demand Modeling*. In: *Profillidis e Botzoris (Eds.) Modeling of Transport Demand*, [online], Elsevier, pp. 163–224. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811513-8.00005-4>>.
- Ragheb, M (2017) *Chapter 25 - Economics of Wind Power Generation*. In: *LETCHER, T. M. (Ed.). Wind Energy Engineering*, [online], Academic Press. pp. 537–555. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809451-8.00025-4>>.
- Ram, M, Bogdanov, D, Aghahosseini, A, Gulagi, A, Oyewo, AS, Child, M, Caldera, U, Sadovskaia, K, Farfan, J, Barbosa, LSNS, Fasihi, M, Khalili S, Dalheimer, B, Gruber, G, Traber, T, De Caluwe, F, Fell, H-J, Breyer, C (2019) *Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power, Heat, Transport and Desalination Sectors*, [online], Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group, Lappeenranta, Berlin. <http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf>.

- Rana, Md (2020) 'The process of turning a “green” renewable energy into “non-green” for the local people: an observation-based study from Southern Chile'. *Latin American Journal of Energy Research*, [online], v. 7, n. 1, pp. 1–10. <<https://doi.org/10.21712/lajer.2020.v7.n1.p1-10>>.
- Randall, T and Warren, H (2020) *Peak Oil Is Already Here*, [online]. <<https://www.bloomberg.com/graphics/2020-peak-oil-era-is-suddenly-upon-us/>>. (Accessed 27 December 2020).
- REN21 (2019) *Renewables 2019 Global Status Report*, [online], Paris: REN21 Secretariat. <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf>.
- Rodríguez-Monroy, C, Mármol-Acitores, G and Nilsson-Cifuentes, G (2018) 'Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources – A focus on biomass'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 81, pp. 937–945. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.059>>.
- Rosenbloom, D (2019) 'A clash of socio-technical systems: Exploring actor interactions around electrification and electricity trade in unfolding low-carbon pathways for Ontario'. *Energy Research & Social Science*, [online], v. 49, pp. 219–232. <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.015>>.
- Rubio, M and Tafunell, X (2014) 'Latin American hydropower: A century of uneven evolution'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 38, pp. 323–334. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.068>>.
- Salazar, G, Chusin, L and Escobar, B (2015) 'Análisis de Confiabilidad de Sistemas de Distribución Eléctrica con penetración de Generación Distribuida'. *Revista Politécnica*, v. 36, n. 1.
- Santarcángelo, J, Justo, O and Cooney, P (Eds.) (2016) *Latin America after the Financial Crisis. Economic Ramifications from Heterodox Perspectives*. 1. ed. New York: Palgrave Macmillan US.
- Santos, F (2019) 'Transição energética: enquadramento e desafios'. *Revista Videre*, [online], v. 11, n. 22, pp. 143–153. <<https://doi.org/10.30612/videre.v11i22.11217>>.
- Schaeffer, R, Salem, A, Frossard, A, Soares, B, Pinheiro, L, Pereira, F, Troccoli, A, Harrison, M, Sedeck, M (2012) 'Energy sector vulnerability to climate change: A review'. *Energy*, [online], v. 38, n. 1, pp. 1–12. <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.056>>.
- Sharma, R, Sinha, A and Kautish, P (2021) 'Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia'. *Journal of Cleaner Production*, [online], v. 285, pp. 1–13. <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867>>.
- Soito, J and Freitas, M (2011) 'Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 15, n. 6, pp. 3165–3177. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.006>>.
- Solaun, K and Cerdá, E (2019) 'Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online], v. 116, pp. 1–16. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109415>>.
- Soublette, G (2020) *Manifiesto. Peligros y oportunidades de la megacrisis*. 3. ed. Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Sovacool, B, Burke, M, Baker, L, Kumar, C, Wlokas, H (2017) 'New frontiers and conceptual frameworks for energy justice'. *Energy Policy*, [online], v. 105, p. 677–691. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.005>>.
- Sovacool, B and Brisbois, MC (2019) 'Elite power in low-carbon transitions: A critical and interdisciplinary review'. *Energy Research & Social Science*, [online], v. 57. <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101242>>.
- Stefes, C (2020) 'Opposing Energy Transitions: Modeling the Contested Nature of Energy Transitions in the Electricity Sector'. *Review of Policy Research*, [online], v. 37, n. 3, pp. 292–312. <<https://doi.org/10.1111/ropr.12381>>.
- Subdepartamento Informatica-Comisión Nacional Energía (2021) *Electricidad - Comisión Nacional de Energía*, [online]. <<https://www.cne.cl/estadisticas/electricidad/>>. (Accessed 22 February 2021).
- Sugiyama, M (2012) 'Climate change mitigation and electrification'. *Energy Policy*, [online], v. 44, pp. 464–468. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.028>>.

- Tully, S (2006) 'The Human Right to Access Electricity'. *The Electricity Journal*, [online], v. 19, n. 3, pp. 30–39. <<https://doi.org/10.1016/j.tej.2006.02.003>>.
- Urquiza, A, Amigo, C, Billi, M, Espinosa, P (2018) 'Participatory Energy Transitions as Boundary Objects: The Case of Chile's Energía2050'. *Frontiers in Energy Research*, [online], v. 6. <<https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00134>>.
- Valdes, J, Poque, A, Ramirez, L, Valin, M, Masip, Y, Dorner, W (2019) 'Industry, flexibility, and demand response: Applying German energy transition lessons in Chile'. *Energy Research & Social Science*, [online], v. 54, pp. 12–25. <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.03.003>>.
- Varoufakis, Y (2016) *O minotauro global. A verdadeira origem da crise financeira e o futuro da economia global*. Tradução: Marcela Wernek. São Paulo: Autonomia Literária, 2016.
- Verbong, G and Geels, F (2007) 'The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004)'. *Energy Policy*, [online], v. 35, pp. 1025–1037. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.02.010>>.
- Werner, D (2019) 'Estado, capitais privados e planejamento no setor elétrico brasileiro após as reformas setoriais das décadas de 1990 e 2000'. *Planejamento e políticas públicas*, [online], n. 52, pp. 189–231. <<https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/956>>.
- Whitelaw, S, Mamas, A, Topol, E, Van Spall, H (2020) 'Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response'. *The Lancet Digital Health*, [online], v. 2, n. 8, pp. e435–e440. <[https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30142-4](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30142-4)>.
- Zoellner, J, Schweizer-Ries, P and Wemheuer, C (2008) 'Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany'. *Energy Policy*, [online], v. 36, n. 11, pp. 4136–4141. <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.026>>.

Anexo A. Glossário para leigos

- **Confiabilidade:** É a capacidade de fornecer serviço elétrico com o mínimo de interrupções (Salazar et al., 2015).
- **Correlação de Pearson:** O coeficiente de Correlação de Pearson é uma medida da força da relação linear entre duas variáveis X e Y e toma valores no intervalo fechado [-1, +1]. O valor +1 reflete uma correlação positiva perfeita entre X e Y, enquanto o valor 0 indica que nenhuma correlação pode ser encontrada (com base nos dados e observações disponíveis) entre X e Y. O valor -1 reflete uma correlação negativa perfeita entre X e Y (Profillidis e Botzoris, 2019).
- **Eólica onshore:** Infraestrutura de geração eólica instalada em um ambiente marinho (European Wind Energy Association, 2009).
- **Eólica offshore:** São parques eólicos instalados em terra (European Wind Energy Association, 2009).
- **Energias Renováveis:** As energias renováveis são aquelas energias que provêm de recursos naturais que não estão esgotados e às quais se pode recorrer de forma permanente. As energias renováveis incluem energia solar, eólica, geotérmica, hidráulica, biomassa e energia maremotriz, entre outras (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2015).
- **Energias Renováveis não Convencionais (ERNC):** De acordo com a Lei chilena nº 20.257 do ano 2008, as fontes de energias renováveis não convencionais são a biomassa, pequenas hidroelétricas de capacidade instalada menor do que 20 MW, energia geotérmica, solar, eólica ou marinha (Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción-Subsecretaria de Economía Fomento y Reconstrucción, 2008).
- **Energias Variáveis:** Uma fonte de energia que não está continuamente disponível devido a algum fator fora do controle direto (ou seja, vento soprando ou sol brilhando) (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2015).
- **Feed-in Tariff (FIT):** São mecanismos orientados à aceleração do investimento em sistemas e tecnologias de energia renovável. Os produtores de energia gerada via fontes renováveis podem vender sua produção via contratos de longo prazo, com o objetivo de garantir o pagamento do investimento feito, reduzindo assim as incertezas para o investidor (Poque, 2020).
- **Levelized Cost of Electricity (LCOE) - Custo nivelado de geração da eletricidade :** O custo nivelado da eletricidade pode ser definido como o valor atual neto (unitário, um quilowatt-hora) da energia elétrica produzida por um tipo de tecnologia ao longo de toda sua vida útil, incluindo custos da instalação, construção, operação e manutenção, bem como os custos de combustível empregado, que no caso das renováveis solar e eólica é zero (Ragheb, 2017). O LCOE é a principal ferramenta empregada para comparar tecnologias no âmbito econômico (International Energy Agency e Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, 2020).
- **Resiliência:** O termo "resiliência" em sistemas de energia tem vários atributos que vão da capacidade de um sistema de energia a "resistir" e "se-recuperar" de um evento perturbador, à capacidade de responder proativamente a eventos potencialmente perturbadores e ameaças emergentes (Bhusal et al., 2020).